

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

ЭКОНОМИКА. ИНФОРМАТИКА

SCIENTIFIC JOURNAL

ECONOMICS. INFORMATION TECHNOLOGIES

2024. Том 51, № 3



ЭКОНОМИКА. ИНФОРМАТИКА

2024. Том 51, № 3

До 2020 г. журнал издавался под названием «Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика».

Основан в 1995 г.

Журнал включен в Перечень ВАК рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук (1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ; 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации; 2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами; 2.3.4. Управление в организационных системах; 2.3.8. Информатика и информационные процессы; 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика; 5.2.4. Финансы; 5.2.6. Менеджмент). Журнал зарегистрирован в Российском индексе научного цитирования (РИНЦ).

Учредитель: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет».

Издатель: НИУ «БелГУ». Адрес издателя: 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА

Главный редактор

Е.Г. Жиликов, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий института инженерных и цифровых технологий (НИУ «БелГУ», Белгород, Россия)

Заместитель главного редактора

Е.А. Стряжкова, доктор экономических наук, доцент, заведующая кафедрой прикладной экономики и экономической безопасности института экономики и управления (НИУ «БелГУ», Белгород, Россия)

Ответственные секретари

Ю.В. Лыщикова, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры прикладной экономики и экономической безопасности института экономики и управления (НИУ «БелГУ», Белгород, Россия)

Е.В. Болгова, кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной информатики и информационных технологий института инженерных и цифровых технологий (НИУ «БелГУ», Белгород, Россия)

Члены редколлегии:

А.В. Богомолов, доктор технических наук, профессор (Центральный научно-исследовательский институт Военно-воздушных сил Минобороны России, Москва, Россия)

О.В. Ваганова, доктор экономических наук, профессор, заведующая кафедрой инновационной экономики и финансов института экономики и управления (НИУ «БелГУ», Белгород, Россия)

М.В. Владыка, доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры прикладной экономики и экономической безопасности, заместитель директора по научной работе института экономики и управления (НИУ «БелГУ», Белгород, Россия)

В.П. Волчков, доктор технических наук, профессор (Московский технический университет связи и информатики, Москва, Россия)

В.П. Воронин, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры торгового дела и товароведения (Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия)

В.С. Голиков, доктор технических наук, профессор (Universidad Autónoma del Carmen (UNACAR), Мексика)

О.А. Ивацук, доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой информационных и робототехнических систем (НИУ «БелГУ», Белгород, Россия)

А.В. Коськин, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры информационных систем и цифровых технологий (Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, Орел, Россия)

Н.А. Кулагина, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры государственного управления, экономической и информационной безопасности, директор инженерно-экономического института (Брянский государственный инженерно-технологический университет, Брянск, Россия)

А.С. Молчан, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры бизнес-аналитики (Кубанский государственный технологический университет, Краснодар, Россия)

Т.В. Никитина, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры банков, финансовых рынков и страхования, директор Международного Центра исследований финансовых рынков (Санкт-Петербургский государственный экономический университет, Санкт-Петербург, Россия)

А.А. Сирота, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологий обработки и защиты информации (Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия)

В.Б. Сулимов, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник (Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Научно-исследовательский вычислительный центр, Москва, Россия)

В.М. Тумин, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры менеджмента (Московский политехнический университет, Москва, Россия)

Т.Л. Тен, доктор технических наук, профессор, проректор по цифровым технологиям и инновациям (Карагандинский экономический университет Казпотребсоюза, Караганда, Казахстан)

А.А. Черноморец, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры прикладной информатики и информационных технологий института инженерных и цифровых технологий (НИУ «БелГУ», Белгород, Россия)

ISSN 2687-0932

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Свидетельство о регистрации средства массовой информации Эл № ФС 77-77834 от 31.01.2020.

Выходит 4 раза в год.

Выпускающий редактор Ю.В. Мишенина. Корректура, компьютерная верстка и оригинал-макет Ю.В. Мишенина. Редактор англоязычных текстов Е.С. Данилова. Гарнитура Times New Roman, Arial Narrow, Arial. Уч.-изд. л. 26,3. Дата выхода 30.09.2024. Оригиналы-макет подготовлен центром полиграфического производства НИУ «БелГУ». Адрес: 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85.

СОДЕРЖАНИЕ

РЕГИОНАЛЬНАЯ И МУНИЦИПАЛЬНАЯ ЭКОНОМИКА

- 503 **Кислая Т.Н.**
Показатель «качество жизни» в системе экономической безопасности региона
- 521 **Хребтов Д.В.**
Оценка возможности трансформации отраслевой структуры экономики региона с учетом принципов «умной» специализации
- 534 **Чаадаев В.К., Мельников В.В.**
Подходы к моделированию экономических процессов в пространственных системах
- 544 **Чистникова И.В.**
Пространственные проекции экономического развития регионов Центрального Черноземья

ИНВЕСТИЦИИ И ИННОВАЦИИ

- 554 **Иванова О.П., Тумин В.М., Трифионов В.А.**
Технологический брокеридж в регионах: современное состояние и перспективы
- 570 **Неврединов А.Р.**
Подход к формированию инструментария выбора индустриальных партнёров для участия в инновационных проектах

ОТРАСЛЕВЫЕ РЫНКИ И РЫНОЧНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА

- 580 **Бендерская О.Б.**
Устойчивость функционирования предприятий горно-металлургического комплекса Белгородской области в 2021–2023 гг.
- 597 **Малиновский М.О., Анисимов А.Ю.**
Выбор руководством предприятий пищевой промышленности внедряемых цифровых технологий для решения стратегических, тактических и операционных задач
- 610 **Пескова М.Е., Бурцев Д.С.**
Направления совершенствования управления инновациями на предприятиях нефтегазовой отрасли

ФИНАНСЫ ГОСУДАРСТВА И ПРЕДПРИЯТИЙ

- 621 **Быканова Н.И.**
Исследование предпочтений потребителей банковских продуктов и услуг на региональном рынке Белгородской области для достижений маркетинговых целей банков
- 631 **Зимакова Л.А., Карловская Е.А., Токарь Е.В., Коваленко С.Н.**
Информационное обеспечение финансового контроля: проблемы и пути их решения

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

- 643 **Шеломенцева И.Г., Ченцов С.В., Краснораменская И.С.**
Моделирование и прогнозирование показателей динамики заболевания жителей Красноярского края коронавирусом COVID-19 на примере отдельного ЛПУ
- 657 **Наджаджра М. Х., Черных В.С., Жукова Н.А., Жихарев А.Г., Лазарев Д.А., Мартон Н.А.**
Алгоритмы построения перспективной сетки для анализа ДТП
- 670 **Неупокоева Е.О., Быстров В.В., Шишаев М.Г.**
Гибридная технология синтеза транспортно-логистических систем на основе машинного обучения и имитационного моделирования
- 682 **Омельченко Д.Ю.**
Обзор задачи оптимизации планирования строительных работ на основе модели сетевого графа

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ

- 699 **Оболенский Д.М., Шевченко В.И.**
Использование метода RAG и больших языковых моделей в интеллектуальных образовательных экосистемах

ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- 710 **Махди Т.Н., Польщиков К.А.**
Оценивание интенсивности отправки пакетов при передаче телеметрических сообщений в IoT-системе медицинского назначения
- 722 **Насыров И.Н., Насыров И.И., Насыров Р.И.**
Универсальные показатели надежности накопителей информации в data-центрах
- 735 **Бекетов С.М., Федяевская Д.Э., Схведиани А.Е., Редько С.Г., Бурлуцкая Ж.В.**
Цифровой инструмент автоматизации процессов сбора, хранения и обработки данных об инновационном развитии регионов

ECONOMICS. INFORMATION TECHNOLOGIES**2024. Volume 51, No. 3**

Until 2020, the journal was published with the name "Belgorod State University Scientific Bulletin. Economics. Information technologies".

Founded in 1995

The journal is included into the List of Higher Attestation Commission of peer-reviewed scientific publications where the main scientific results of dissertations for obtaining scientific degrees of a candidate and doctor of science should be (1.2.2. Mathematical Modeling Numerical Methods and Program Complexes; 2.3.1. The System Analysis, Management and Information Processing; 2.3.3. Automation and Control of Operating Processes and Manufacturing; 2.3.4. Control in Operational Systems; 2.3.8. Informatics and Information Processes; 5.2.3. Regional and sectoral economy; 5.2.4. Finance; 5.2.6. Management). The journal is introduced in Russian Science Citation Index (RSCI).

Founder: Federal state autonomous educational establishment of higher education «Belgorod National Research University».

Publisher: Belgorod National Research University "BelSU". Address of publisher: 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia.

EDITORIAL BOARD OF JOURNAL**Chief Editor**

E.G. Zhilyakov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Information and Telecommunication Systems and Technologies, Institute of Engineering and Digital Technologies (BSU, Belgorod, Russia)

Deputy editor-in-chief

E.A. Stryabkova, Doctor of Economic Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Applied Economics and Economic Security, Institute of Economics and Management (BSU, Belgorod, Russia)

Editorial assistants:

Y.V. Lyshchikova, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Applied Economics and Economic Security, Institute of Economics and Management (BSU, Belgorod, Russia)

E.V. Bolgova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Applied Informatics and Information Technology, Institute of Engineering and Digital Technologies (BSU, Belgorod, Russia)

Members of Editorial Board:

A.V. Bogomolov, Doctor of Technical Sciences, Professor (Central Research Institute of the Air Force of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Moscow, Russia)

O.V. Vaganova, doctor of Economic Sciences, Professor, Head of the Department of Innovative Economy and Finance of the Institute of Economics (BSU, Belgorod, Russia)

M.V. Vladyka, Doctor of Economic Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Applied Economics and Economic Security, Deputy Director for Research of the Institute of Economics and Management (BSU, Belgorod, Russia)

V.P. Volchkov, Doctor of Technical Sciences, Professor (Moscow Technical University of Communications and Informatics, Moscow, Russia)

V.P. Voronin, Doctor of Economic Sciences, Professor, Professor of the Department of Trade and Commodity Science (Voronezh State University of Engineering Technology, Voronezh, Russia)

V.S. Golikov, Doctor of Technical Sciences, Professor (Universidad Autónoma del Carmen (UNACAR), Mexico)

O.A. Ivashchuk, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Information and Robotic Systems (BSU, Belgorod, Russia)

A.V. Koskin, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Information Systems and Digital Technologies (Oryol State University named after I.S. Turgenyev, Orel, Russia)

N.A. Kulagina, Doctor of Economic Sciences, Professor, Professor of Department of public administration, economic and information security, Director of the Engineering and Economic Institute (Bryansk State Technological University of Engineering, Bryansk, Russia)

A.S. Molchan, Doctor of Economic Sciences, Professor, Professor of the Department of Business Analytics (Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia)

T.V. Nikitina, Doctor of Economic Sciences, Professor, Professor of Department of banks and financial markets and insurance, Director of the International Center for Financial Market Research (Saint-Petersburg State University of Economics, Saint-Petersburg, Russia)

A.A. Sirota, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Information Processing and Protection of Information (Voronezh State University, Voronezh, Russia)

V.B. Sulimov, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Senior Researcher, (Lomonosov Moscow State University, Research Computer Center, Moscow, Russia)

V.M. Tumin, Doctor of Economic Sciences, Professor, Professor of the Department of management (Moscow Polytechnic University, Moscow, Russia)

T.L. Ten, Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice-Rector for Digital Technologies and Innovations (Karaganda Economic University of Kazpotreboysuz, Karaganda, Kazakhstan)

A.A. Chernomorets, Doctor of Technical Sciences, Associate professor of the Department of Applied Informatics and Information Technology, Institute of Engineering and Digital Technologies (BSU, Belgorod, Russia)

ISSN 2687-0932

The journal has been registered at the Federal service for supervision of communications information technology and mass media (Roskomnadzor). Mass media registration certificate ЭЛ № ФС 77-77834 dd 31.01.2020.

Publication frequency: 4 times per year

Commissioning Editor Y.V. Mishenina. Page Proofreading, computer imposition, page layout by Y.V. Mishenina. English text editor E.S. Danilova. Typeface Times New Roman, Arial Narrow, Arial. Publisher's signature 26,3. Date of publishing 30.09.2024. Dummy layout has been prepared by Belgorod National Research University Centre of Polygraphic Production. Address: 85 Pobeda St., Belgorod, 308015, Russia

CONTENTS

REGIONAL AND MUNICIPAL ECONOMY

- 503 **Kislaya T.N.**
The Role of the "Quality of Life" Indicator in the Economic Security System of Region
- 521 **Khrebtov D.V.**
Assessing the Possibility of Transformation of the Sectoral Structure of the Region's Economy, Taking into Account the Principles of "Smart" Specialization
- 534 **Chaadaev V.K., Melnikov V.V.**
Approaches to Modeling Economic Processes in Spatial Systems
- 544 **Chistnikova I.V.**
Spatial Projections of Regional Economic Development of the Central Chernozem Region

INVESTMENT AND INNOVATIONS

- 554 **Ivanova O.P., Tumin V.M., Trifonov V.A.**
Technological Brokerage in the Regions: Current State and Prospects
- 570 **Nevredinov A.R.**
Approach to Developing a Toolkit for Selecting Industrial Partners for Participating in Innovation Projects

SECTORAL MARKETS AND MARKET INFRASTRUCTURE

- 580 **Benderskaya O.B.**
Sustainability of Mining and Metallurgical Enterprises of Belgorod Region in 2021–2023
- 597 **Malinovsky M.O., Anisimov A.Yu.**
The Choice of the Management of Food Industry Enterprises Implementing Digital Technologies to Solve Strategic, Tactical and Operational Tasks
- 610 **Peskova M.E., Burtsev D.S.**
Directions for Improving Innovation Management in the Oil and Gas Industry

FINANCES OF THE STATE AND ENTERPRISES

- 621 **Bykanova N.I.**
Research of Consumer Preferences of Banking Products and Services in the Regional Market of Belgorod Region to Achieve Banks' Marketing Goals
- 631 **Zimakova L.A., Karlovskaya E.A., Tokar E.V., Kovalenko S.N.**
Information Support of Financial Control: Problems and Solutions

COMPUTER SIMULATION HISTORY

- 643 **Shelomentseva I.G., Chentsov S.V., Krasnoramenskaja I.S.**
Modeling and Forecasting of COVID-19 Dynamics in Krasnoyarsk Krai Residents Using a Single Healthcare Institution as an Example
- 657 **Najajra M.H., Chernykh V.S., Zhukova N.A., Zhikharev A.G., Lazarev D.A., Marton N.A.**
Methods of Constructing a Perspective Grid for Accident Analysis
- 670 **Neupokoyeva E.O., Bystrov V.V., Shishaev M.G.**
Hybrid Technology for Synthesis of Transport-Logistics Systems Based on Machine Learning and Simulation
- 682 **Omelchenko D.Y.**
Review of Construction Project Scheduling Optimization Based on Network Graph Model

SYSTEM ANALYSIS AND PROCESSING OF KNOWLEDGE

- 699 **Obolensky D.M., Shevchenko V.I.**
Application of Large Language Models and the RAG in Intelligent Educational Ecosystems

INFOCOMMUNICATION TECHNOLOGIES

- 710 **Mahdi T.N., Polshchikov K.A.**
Assessing the Intensity of Sending Packets When Transmitting Telemetry Messages in an IoT System for Medical Purposes
- 722 **Nasyrov I.N., Nasyrov I.I., Nasyrov R.I.**
Universal Reliability Indicators of Information Storage Devices in Data Centers
- 735 **Beketov S.M., Fedyaevskaya D.E., Skhvediani A.E., Redko S.G., Burlutskaya Z.V.**
A Digital Tool for Automating the Processes of Collecting, Storing and Processing Data on the Innovative Development of Regions

РЕГИОНАЛЬНАЯ И МУНИЦИПАЛЬНАЯ ЭКОНОМИКА REGIONAL AND MUNICIPAL ECONOMY

УДК 332.02

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-503-520

Показатель «качество жизни» в системе экономической безопасности региона

Кислая Т.Н.

Луганский государственный университет имени Владимира Даля

Россия, ЛНР, 291034, г. Луганск, квартал Молодежный, 20-а

E-mail: sauertat2021@mail.ru

Аннотация. Актуальность исследования обусловлена процессом интеграции Луганской Народной Республики в социально-экономическое пространство Российской Федерации, основной целью которого является преодоление социально-экономического отставания, в том числе и по уровню качества жизни. Как известно, развитие региона находится на пересечении экономической, социальной и экологической сфер, а проблемы развития в этих сферах являются источниками угроз экономической безопасности. На уровне региона одной из главных целей управления определяют повышение уровня качества жизни населения. Достичь данной цели можно только в условиях устойчивой и самодостаточной экономики, а это, в свою очередь, основа экономической безопасности. Целью работы является обоснование предположения о том, что качество жизни населения можно использовать как показатель оценки регионального уровня экономической безопасности. Исследование опирается на методы экономического, статистического, сравнительного и индикативного анализа. В ходе исследования использовались публикации российских и зарубежных учёных, занимающихся вопросами качества жизни в системе экономической безопасности региона. Был предложен комплексный показатель «качество жизни» с учетом показателей официальной статистики РФ. Проведен анализ качества жизни населения ЛНР за 2017, 2021 годы. Установлена значимость мониторинга уровня качества жизни для обеспечения экономической безопасности и необходимость расширения системы региональных статистических частных показателей качества жизни населения за счет показателей качества образования, здравоохранения и досуга населения. Результаты исследования могут быть использованы для совершенствования регионального управления и для дальнейших исследований по данной тематике.

Ключевые слова: система экономической безопасности, регион, качество жизни, система показателей, оценка

Для цитирования: Кислая Т.Н. 2024. Показатель «качество жизни» в системе экономической безопасности региона. Экономика. Информатика, 51(3): 503–520. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-503-520

The Role of the "Quality of Life" Indicator in the Economic Security System of Region

Tatyana N. Kislaya

Lugansk Vladimir Dahl State University

20-a, Molodezhny quarter, Lugansk 291034, Russian Federation

E-mail: sauertat2021@mail.ru

Abstract The relevance of the study is due to the process of integration of Lugansk People's Republic into the socio-economic space of the Russian Federation, the main purpose of which is to overcome the socio-

economic gap, including in terms of quality of life. As you know, the development of the region is at the intersection of economic, social and environmental spheres, and development problems in these areas are sources of threats to economic security. At the regional level, one of the main management goals is to improve the quality of life of the population. This goal can be achieved only in a stable and self-sufficient economy, and this, in turn, is the basis of economic security. The aim of the work is to substantiate the assumption that the population life quality can be used as an indicator for assessing the regional level of economic security. The research is based on the methods of economic, statistical, comparative and indicative analysis. The research used publications by Russian and foreign scientists dealing with issues of quality of life in the region's economic security system. A comprehensive indicator "quality of life" was proposed, taking into account the indicators of official statistics of the Russian Federation. The analysis of the population life quality in LPR for 2017 and 2021 was carried out. The importance of monitoring the quality of life to ensure economic security and the need to expand the system of regional statistical private indicators of the population life quality at the expense of indicators of the quality of education, health and leisure of the population has been established. The results of the study can be used to improve regional governance and for further research on this topic.

Keywords: quality of life, economic security system, region, system of indicators, grade

For citation: Kislaya T.N. 2024. The role of the "Quality of Life" Indicator in the Economic Security System of Region. Economics. Information technologies, 51(3): 503–520. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-503-520

Введение

На территории Луганской Народной Республики (ЛНР) с 2014 года постоянно проходят военные действия, что значительно усложняет ведение хозяйственной деятельности. Благодаря постоянной поддержке Российской Федерации, был сохранен определенный социально-экономический потенциал республики. ЛНР в октябре 2022 года наряду с другими регионами обрела статус субъекта Российской Федерации¹. С этого момента для региона наступил новый этап развития.

В декабре 2023 года правительством Российской Федерации была утверждена программа восстановления и социально-экономического развития новых территорий², в том числе и ЛНР. Основная цель Программы – преодоление социально-экономического отставания новых субъектов и достижение к 2030 году уровня среднероссийских показателей социально-экономического развития и качества жизни населения.

Сегодня часто целью экономического развития на макро- и мезоуровнях определяют повышение качества жизни населения³. Выбор такого критерия развития экономических систем обусловлен тем, что тогда создаются предпосылки для развития гражданского общества, экономики и, соответственно, рост качества жизни населения является приоритетной целью управления.

Ряд авторов справедливо определяет объектом управления на региональном уровне экономические интересы, а целью экономической политики региона – максимизацию общественного благосостояния [Басангова, 2012; Казанцев, 2021; Boris Issaev and others, 1982].

¹ Федеральный конституционный закон от 04.10.2022 № 6-ФКЗ «О принятии в Российскую Федерацию Луганской Народной Республики и образовании в составе Российской Федерации нового субъекта – Луганской Народной Республики». – URL: http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/000120221005_0006 (дата обращения: 12.03.2024).

² Постановление правительства Российской Федерации от 22 декабря 2023 г. № 2255 «Об утверждении государственной программы «Восстановление и социально-экономическое развитие Донецкой Народной Республики, Луганской Народной Республики, Запорожской области и Херсонской области». URL: <http://government.ru/rugovclassifier/908/> (дата обращения: 08.04.2024).

³ Указ Президента РФ от 13 мая 2017 г. № 208 «О Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года». Доступ из справ.-правовой системы КонсультантПлюс. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_216629/.

⁴ Приказ Минрегиона России от 09.09.2013 № 371 «Об утверждении методики оценки качества городской среды проживания» Доступ из справ.-правовой системы КонсультантПлюс. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_152268/.

В свою очередь, эффективное и устойчивое социально-экономическое развитие региона является основой его экономической безопасности [Сенчагов и др., 2012].

Положения концептуального подхода к исследованию экономической безопасности Т. Ромащенко, на наш взгляд, являются актуальными и перспективными. Она отмечает, что, «... принцип антропоцентризма, в соответствии с которым человек, его цели, потребности и установки являются эпицентром развития» [Ромащенко, 2003].

Уровень и качество жизни также определяется как развитие человеческого капитала и как культурно-мировоззренческие позиции населения [Уровень и качество жизни, 2024].

Исследователи Института экономики УрО РАН отмечают, что «Сохранение и повышение экономической безопасности регионов России невозможно без обеспечения приемлемого жизненного уровня населения» [Татаркин и др., 2012]. Достойное качество жизни населения выступает как критерий уровня экономической безопасности региона (ЭБР).

Категорию «качество жизни» часто обосновывают через уровень жизни, что представляется довольно узкой трактовкой, так как не учитывается ряд важных факторов, например, криминализация общества. При этом в региональной статистике РФ содержится достаточно комплексная система показателей уровня жизни и недостаточно уделено внимание качеству жизни населения.

Крыжановская А.Г. справедливо отмечает, что регионы и их части имеют различный уровень социальной структуры, в том числе обеспечение коммунальными услугами, что снижает и уровень жизни, и в большей мере ее качество [Крыжановская, 2009]. Качество жизни по регионам может отличаться и при статистически одинаковом уровне жизни.

В данном исследовании качество жизни представляется по сравнению с уровнем жизни более широкой комплексной оценкой условий жизнедеятельности человека и выступает критерием развития экономических систем. При этом ряд сфер экономической безопасности тесно связаны с качеством жизни населения, что дает основание рассматривать данную категорию в системе экономической безопасности.

Целью данной статьи является обоснование предположения о том, что качество жизни населения можно использовать как показатель оценки регионального уровня экономической безопасности.

Материалы и методы исследования

В Стратегии экономической безопасности РФ³ из рекомендованных показателей оценки уровня экономической безопасности можно выделить имеющие отношение к оценке качества жизни: валовой внутренний продукт на душу населения (по паритету покупательной способности); коэффициент напряженности на рынке труда; доля граждан с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума; децильный коэффициент (соотношение доходов 10 % наиболее обеспеченного населения и 10 % наименее обеспеченного населения); доля работников с заработной платой ниже прожиточного минимума.

Лисова Е.В. выделила наиболее важные показатели оценки социального развития регионов РФ, такие как «...реальные среднедушевые доходы; реальная начисленная заработная плата работников организаций; реальные среднедушевые расходы; отношение величины прожиточного минимума к среднедушевым доходам населения; численность населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума» [Лисова, 2021]. На наш взгляд, эти показатели лишь отчасти характеризуют отдельные стороны качества жизни населения

Развитие социальной сферы и уровень качества жизни республики проанализированы за 2014–2021 гг. Такой отчетный период выбран, так как в 2022 году в ЛНР произошли существенные социально-экономические изменения и в том числе изменилась система показателей в статистической отчетности. За 2014 год многие показатели отсутствуют и по отдельным показателям пришлось сравнивать с 2015 годом. В разделе «Демография» официальной статистики ЛНР используется показатель «расчётная

численность населения», который базируются на данных Всеукраинской переписи населения 2001 года с учетом естественного и миграционного движения населения...» [Госкомстат ЛНР, 2024].

Существует ряд подходов к расчету показателя «качество жизни населения». Чаще всего на практике рассчитывается интегральный показатель (индекс) [Ангелова, Подольская, 2021; Басангова, 2012; Казанцев, Митяков, 2022; Сахарова, 2014; Сенчагов, Иванов, 2016].

Наиболее известным показателем, близким по содержанию к уровню качества жизни, является интегральный показатель развития человеческого потенциала (ИРЧП), разработанный Махбубом уль-Хакоми, который в дальнейшем использовался многими международными организациями [ООН, Международный центр перспективных исследований (МЦПИ) и др.] для определения уровня экономического развития территорий. Показатель ИРЧП включает: ожидаемую продолжительность жизни при рождении; интеллектуальный потенциал; размер душевого дохода [Отчет о человеческом развитии, 2020].

В исследованиях МЦПИ такие показатели, как благосостояние, образование, здравоохранение, комфорт, безопасность и экология выделены как частные комплексного показателя «качество жизни» [Исследования МЦПИ, 2024]. В данной системе показателей не отражено демографическое состояние и рынок труда.

Ряд отечественных и зарубежных исследователей качество жизни населения рассматривают как критерий в системе обеспечения экономической безопасности [Богданов, 2015; Феофилова, 2014; Черешнев и др., 2012; Черешнев, Куклин, 2016; Aloi, 2018; Depoon, 2011; Mohamed, 2021], отмечая, что с помощью качества жизни можно оценить потенциальные возможности развития экономики, а достигнутый уровень может выступать критерием экономической безопасности. Также отмечается, что противостояние внутренним и внешним угрозам в первую очередь за счет оптимизации затрат всех видов ресурсов и обеспечения социально-экономической и общественно-политической стабильности региона обеспечивает ЭБР и создаются предпосылки повышения уровня качества жизни населения. Данные положения являются актуальными и обоснованными.

Методологическая база определения качества жизни достаточно разработана и может быть интегрирована в систему экономической безопасности региона и адаптирована для новых регионов.

Результаты исследования

Макконнелл К.Р. и Брю С.Л. предлагали рассматривать категорию качества жизни через инвестиции в человеческий капитал [Макконнелл, Брю, 2021], что рационально, но не в полной мере раскрывает содержание исследуемой категории.

Качество жизни понимается как «удовлетворение материальных и духовных потребностей человека, которые ему может предоставить или не предоставить среда жизни» [Энциклопедический социологический словарь, 2024].

Также в систему показателей качества жизни дополнительно включается: здоровье, продолжительность жизни, условия окружающей человека среды, морально-психологический климат, душевный комфорт [Райзберг и др., 2024]. Такой же точки зрения придерживается коллектив авторов [Козлова и др., 2015]. Рассмотренная система только отчасти соответствует общепринятой классификации. Например, сложно разделить «удовлетворение духовных потребностей» и «морально-психологический климат», «душевный комфорт».

Также показателями индекса качества жизни также выбираются: здоровье, семейное положение, общественная жизнь, материальное обеспечение, политическая стабильность, климат и география, гарантия работы, политическая свобода, гендерное равенство [The Economist Intelligence unit's quality-of-life index, 2024]. Такой набор показателей можно

рассматривать как пример западного подхода. Недостатком является отсутствие показателей образования и безопасности личности.

Беляева Л.А. в своей работе делает вывод: «Качество жизни представляет собой более широкий комплекс условий жизнедеятельности человека и включает в себя уровень жизни, а также такие составляющие, которые относятся к экологической среде обитания, социальному благополучию, политическому климату, психологическому комфорту» [Беляева, 2014].

Отдельные авторы показатель качества жизни рассчитывают как среднеарифметическое трех индексов: индекс продолжительности жизни, индекс уровня образования, индекс реального ВРП на душу населения [Стрижкова, Златоверховникова, 2012]. Полагаем, что оценка качества жизни в таком случае будет достаточно общей.

Рассмотрим различные методики определения качества жизни населения (табл. 1).

Таблица 1

Table 1

Сравнительная характеристика методик определения качества жизни населения
Comparative characteristics of methods for determining the quality of life of the population

Название методики	Показатели	Положительные черты	Отрицательные черты
Комплексная оценка качества жизни населения в регионах России. Совет по изучению производительных сил [СОПС] [Белик, Стародубец, Выварец, 2014]	Функциональные блоки [уровень доходов населения; уровень развития потребительского рынка; обеспеченность населения жильем и качество жилищных условий; обеспеченность населения основными материальными благами; уровень развития здравоохранения и образования; состояние окружающей среды; состояния рынка труда и миграционная привлекательность], число частных показателей	Охвачены все основные сферы жизнедеятельности, применима на уровне региона, логичная группировка индикаторов	Слабо представлены показатели состояния демографической сферы и безопасности личности
Индекс лучшей жизни. Организация экономического сотрудничества и развития ОЭСР [Комплексные индикаторы ОЭСР, 2024]	Материальные условия [жилищные условия, доходы, работа.]; качество жизни [социальные связи, образование, качество окружающей среды, гражданские права, состояние здоровья, удовлетворенность жизнью, личная безопасность, баланс работы и отдыха]	Включены практически все сферы жизнедеятельности населения; емкие формулировки	Не представлены макроэкономические и демографические показатели; материальные условия выделены отдельно
Методика [Айвазян, Афанасьев, Кудров, 2019]	Производство товаров и услуг; материальное благосостояние; производство товаров и услуг на душу населения, качество социальной сферы, «качество населения»; социальная безопасность; демография; здоровье; материальное благосостояние [субъективно]	Показатели напрямую коррелируют с качеством жизни; использование группировочного показателя «качество населения»	Слабо представлен рынок труда

Окончание табл. 1
 End of the table 1

Название методики	Показатели	Положительные черты	Отрицательные черты
Методика [Крыжановская, 2009]	Демографическое благополучие; состояние инвестиций в социокультурную сферу, включая жилье; состояние духовности в обществе через количество творческих инициатив, инновационных проектов, количество социальных аномалий; уровень занятости населения и производительности труда по различным сферам экономики	Включены практически все сферы жизнедеятельности населения	Слабо представлены показатели материального благосостояния и безопасности личности
Методика [Соломонова, Турантаев, Шпакова, 2018]	Экономические, жилищные, экологические, социальная защищенность	Включены практически все сферы жизнедеятельности населения; сопоставление со средним российским уровнем	Не выделены сферы отдыха и культуры; экономические показатели не структурированы
Методика [Никитская, Салимова, 2021]	Макроэкономические, инвестиции в социальную сферу, жилье, доходы, демография, рынок труда, экология	Применение зон риска; сравнение с общероссийскими показателями	Не выделены сферы отдыха, культуры, здоровья и образования

Примечание: составлено автором

Проведенный анализ (табл.1) показал отсутствие единого подхода к оценке качества жизни. Наиболее адекватной считаем методику Совета по изучению производительных сил (СОПС). Система показателей наиболее комплексная, отражающая систему сложившихся условий и предпосылок социального развития в регионе, обеспечивающих возможности полноценной реализации человеческого потенциала, развития образования и культуры, поддержания благоприятной природной среды.

О. Кузнецова в своем исследовании, как и ряд других авторов акцентируют внимание на отдельных показателях качества жизни. Так, выделяется «уровень безработицы», отнесенный к «... внутренним социальным угрозам экономической безопасности региона». [Кузнецова, 2014]. Представленная автором система показателей достаточно обширна, но не структурирована и не содержит демографических, экологических и других важных показателей. И трудно согласиться с выделением показателей рынка труда в качестве наиболее значимых.

Принимая как базовое определение авторов исследования [Татаркин и др., 2012] экономическую безопасность региона будем понимать как состояние экономической системы, достигнутое с помощью механизма обеспечения ЭБР, а качество жизни будем рассматривать как индикатор уровня экономической безопасности региона.

Показатели качества жизни на региональном уровне в системе экономической безопасности региона представлены в таблице 2.

Выбор конкретных показателей предопределен системой показателей официальной региональной статистической информации РФ. Пороговые значения показателей разработаны на основе следующих исследований [Балог и др., 2012; Карпов, Кораблева, 2017; Калина,

Савельева, 2014; Сенчагов, Митяков, 2011; Митяков, Ладынин, 2022; Барышникова и др., 2023; Криворотов и др., 2019]. По ряду показателей пороговыми значениями выбраны средние показатели по регионам РФ, что целесообразно именно для новых территорий.

Таблица 2
Table 2

Оценка качества жизни на уровне региона
Assessment of the quality of life at the regional level

№ п/п	Показатели	Пороговые значения
I	<i>Демография и качество населения</i>	
1.1	Коэффициент естественного прироста (убыли) населения, чел.	1
1.2	Общий коэффициент рождаемости (число родившихся на 1000 человек населения)	
1.3	Ожидаемая продолжительность жизни при рождении, лет	77
1.4	Отношение численности людей пенсионного и трудового возраста	0,4
1.4	Коэффициент миграционного прироста на 10000 чел. населения	-
II	<i>Доходы и потребление</i>	
2.1	Среднедушевые денежные доходы [в месяц], руб.	среднее по РФ
2.2	Реальные денежные доходы населения в % к предыдущему году	≤100,0
2.3	Доля населения с доходами ниже прожиточного минимума во всем населении, %	6
2.4	Коэффициент Джини (дифференциацию населения по доходам по 20-процентным группам населения)	0,35-0,40
2.5	Объем платных услуг на душу населения, руб.	среднее по РФ
2.6	Потребительские расходы в среднем на душу населения (в месяц), руб.	среднее по РФ
III	<i>Условия жизни и безопасность</i>	
3.1	Уровень безработицы, %	4
3.2	Площадь жилья на 1 чел., м ² ,	30
3.3	Доля расходов на продукты питания в потребительских расходах домашних хозяйств, %	50
3.4	Доля потребительских расходов домашних хозяйств на алкогольные напитки, %	среднее по РФ
3.5	Число зарегистрированных преступлений, инцидентов на 100 тыс. населения	
IV	<i>Здоровье</i>	
4.1	Численность населения на одну больничную койку на к. г., чел.	среднее по РФ
4.2	Численность населения на одного врача на к. г., чел	среднее по РФ
4.3	Общий коэффициент смертности населения, чел. на 1000 чел. населения	
4.4	Общий коэффициент младенческой смертности, чел. на 1000 чел. населения	
4.5	Расходы консолидированного бюджета на здравоохранение, млн руб.	среднее по РФ
V	<i>Образование и наука</i>	
5.1	Доля капитальных инвестиций в образование, %	среднее по РФ
5.2	Валовой коэффициент охвата дошкольным образованием, в процентах от численности в процентах от численности детей в возрасте 1 – 6 лет, %	среднее по РФ
5.3	Расходы консолидированного бюджета субъекта РФ на образование, млн руб.	-
VI	<i>Культура</i>	
6.1	Численность зрителей театров на 1 тыс. чел. населения, чел.	среднее по РФ
VII	<i>Экология</i>	
7.1	Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, стационарные источники, т, на 1 км ²	10
7.2	Доля уловленных и обезвреженных загрязняющих атмосферу веществ в общем количестве отходящих загрязняющих веществ от стационарных источников, %	100
7.3	Индекс физического объема природоохранных расходов (в сопоставимых ценах; в процентах к предыдущему году)	≤ 1,0

Примечание: составлено автором

Следует отметить, что наименее представлен раздел «Культура», так как статистических показателей было недостаточно, но данное направление является важным в оценке качества жизни.

Оценим уровень качества жизни ЛНР за 2017, 2021 годы (табл. 3).

Средние показатели по регионам РФ дополнительно являются для ЛНР ориентиром в интеграционных процессах. Следует отметить, что в отличии от региональной статистики РФ в статистике по ЛНР за исследуемый период отсутствует много важных показателей, например, среднедушевые денежные доходы; доля населения с доходами ниже прожиточного минимума во всем населении; коэффициент Джини; число зарегистрированных преступлений и другие.

Комплексный показатель качества жизни в таблице 3 представлен теми же группами показателей, что и в таблице 2. Однако, как видим, количество показателей значительно отличается.

Рассмотрим показатели группы I. Коэффициент естественной убыли населения по ЛНР значительно выше среднего показателя по РФ, что отражает существенное снижение человеческого потенциала республики. Общий коэффициент рождаемости дополнительно характеризует ухудшение ситуации и в исследуемом регионе напрямую зависит от условий жизни населения. Более того демографическая ситуация ухудшилась за исследуемый период. Ожидаемая продолжительность жизни при рождении по ЛНР за 2021 год равна 67,54 лет. Отклонение от порогового значения (-9,46 лет) можно оценить как значительное и свидетельствующее в том числе о более низком уровне качества жизни населения исследуемого региона в сравнении со средними показателями по РФ. Отношение численности людей пенсионного и трудового возраста по ЛНР выше порогового значения на 0,19 и дополнительно характеризует ухудшение качества населения за счет ухудшения его качества жизни.

Группа II показателей дохода населения получилась достаточно условной, так как в официальной статистике ЛНР нет многих важных показателей, например, «ВРП на душу населения», «Среднедушевые денежные доходы», «Доля населения с доходами ниже прожиточного минимума во всем населении» и др. В целом можно сделать вывод о достаточно низком уровне дохода населения региона. Следует отметить, что среднемесячная номинальная заработная плата штатных работников за 2021 год ниже порогового значения более чем в 2 раза. Следует отметить положительную динамику показателей дохода населения ЛНР по сравнению с 2017 годом. В целом можно отметить значительно низкий уровень благосостояния населения, что можно рассматривать как угрозу ЭБ исследуемого региона.

Группа III показателей оценки условий жизни населения по ЛНР содержит всего один показатель. Более точного показателя жилищных условий населения (количество м. кв. жилья на 1 чел.) в статистике региона нет. Представленный показатель больше характеризует развитие соответствующей строительной подотрасли в республике. В сравнении с пороговым значением ситуация оценивается как снижающая качество жизни населения и как угроза ЭБР.

Следует отметить, что в статистике ЛНР отсутствуют такие важные показатели, как характеризующие питание и безопасность населения; уровень безработицы.

Группа IV. Здоровье. Численность населения на одну больничную койку по ЛНР меньше порогового значения на 2,5 чел., число больничных коек на 10 тыс. населения больше порогового значения на 1,2 ед., но потребности населения в специальной медицинской помощи все время увеличиваются. В целом ситуация в здравоохранении ЛНР в 2021 году сложная за счет постоянных военных действий, что, в свою очередь, влияет на снижение уровня жизни населения.

Группа V. Образование и наука. Доля капитальных инвестиций в образование ЛНР характеризуется удовлетворительно, отклонения от пороговых значений незначительные.

Таблица 3
Table 3

Оценка качества жизни населения ЛНР за 2017, 2021 годы
Assessment of the quality of life of the LPR population for 2017, 2021

№ п/п	Показатели	Пороговые значения	Средние по регионам РФ, 2021 г.	2017 г.	2021 г.	Разница 2021г./порог. значения (+,-)
I	<i>Демография и качество населения</i>					
1.1	Коэффициент естественного прироста (убыли) населения, чел.	1	-7,1	-9,9	-18,2	-19,2
1.2	Общий коэффициент рождаемости, (число родившихся на 1000 человек)	10	9,6	4,9	3,5	-6,5
1.3	Ожидаемая продолжительность жизни при рождении, лет	77	70,06	-	67,54	-9,46
1.4	Отношение численности людей пенсионного и трудового возраста		0,49	-	0,59	+0,19
II	<i>Доходы и потребление</i>					
2.1	Среднемесячная номинальная заработная плата штатных работников, руб.	57244	57244	8480	20380	-36864
2.2	Реальные денежные доходы населения в % к предыдущему году	103,8	103,8	106,1	115,1	11,3
III	<i>Условия жизни</i>					
3.1	Ввод в действие общей площади жилых домов, тыс. м ² / 100 тыс. чел. населения	27,34	27,34	-	6,7	-20,64
IV	<i>Здоровье</i>					
4.1	Численность населения на одну больничную койку, чел			109,3	122,8	-2,5
4.2	Число больничных коек, на 10 тыс. чел., ед.	79,8	79,8	91	81	1,2
V	<i>Образование и наука</i>					
5.1	Доля капитальных инвестиций в образование, %	0,027	0,027	0,02	0,3	0,273
VI	<i>Культура</i>					
6.1	Численность зрителей театров на 1 тыс. чел. населения, чел.	174	174	83	40,7	-133,3
VII	<i>Экология</i>					
7.1	Выбросы загрязняющих веществ в атмосферную среду, стационарные источники, т, на 1 км ²	10	10,1	8,6	9,7	-0,3
7.2	Расходы на охрану окружающей природной среды в расчете на 1000 чел., млн руб.	8,5	8,5	0,55	2,06	-6,44

Примечание: составлено автором на основе [Госкомстат ЛНР, 2024; Федеральная служба госстатистики, 2024]

Группа VI. Культура. Отклонение по численности зрителей в театрах от среднероссийского значения скорее вызвано ухудшением морального состояния людей, и качеством репертуара театров. В целом данная ситуация характеризует недостаточный культурный уровень жизни населения региона.

Группа VII. Экология. Данное направление в ЛНР можно оценить как удовлетворительное, что подтверждается незначительным отклонением от порогового значения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Довольно низкие расходы на экологию объясняются сложной экономической ситуацией в республике. В целом недостаточно комфортные экологические условия снижают качество жизни населения и выступают угрозой экономическому развитию республики.

В целом можно отметить, что качество жизни населения региона значительно ниже в сравнении со средними показателями по регионам Российской Федерации. Предложенная адаптированная методика (табл. 3) хотя и существенно упрощена, но может применяться для новых территорий с целью повышения эффективности процесса интеграции в социально-экономическое пространство РФ.

Дополнительная оценка основных социально-экономических показателей по республике позволит конкретизировать факторы влияющие на уровень качества жизни населения региона и уровень его экономической безопасности.

Современная демографическая ситуация ЛНР характеризуется снижением численности населения. Основным фактором остаются сложные условия жизни в связи с военными действиями. На 01.01.2022 г. в республике проживало 1405,2 тыс. чел. Сокращение численности постоянного населения за 2020–2021 гг. незначительное (1,7 %). За весь исследуемый период сокращение составило 7,6 % [Госкомстат ЛНР, 2024].

Число родившихся за последние годы колеблется около отметки 5000 чел. В сравнении с 2014 годом число родившихся уменьшилось в 2021 году на 49,3 %, а по сравнению с 2017 годом отмечается сокращение числа родившихся на 41,3 %⁶. Данный показатель достаточно сильно коррелирует с качеством жизни населения.

В 2021 году в сравнении с 2014 годом произошло увеличение миграционного прироста более чем в 2,7 раза⁶. В целом можно говорить о наметившихся положительных тенденциях в восстановлении и наращивании человеческого капитала республики, который необходимо постоянно развивать.

Развитие социальной сферы региона формирует предпосылки для повышения качества жизни и экономического оздоровления, стабильного развития человеческого капитала региона.

Система социальной защиты населения ЛНР представлена 59 учреждениями, которые обеспечивают потребности населения, но в связи с продолжением военного конфликта потребности в социальных услугах постоянно увеличиваются.

Система здравоохранения ЛНР включает: 91 медицинское учреждение, 13 учреждений госсанэпиднадзора, ГУП фармацевтического профиля и медицинский университет. Показатели системы здравоохранения ЛНР представлены в таблице 4.

Как видно из таблицы 4 в 2021 году медицинскую помощь населению оказывали в 61 лечебном учреждении с общим коечным фондом 11,4 тыс. коек, что на 25 % меньше уровня 2014 года. За 2020–2021 гг. изменений нет. Плановая мощность амбулаторно-поликлинических учреждений – 30,2 тыс. посещений в смену уже последние 4 года. Численность врачей всех специальностей за последние годы сокращается.

Первичная заболеваемость населения как критерий качества и эффективности профилактической работы увеличивается. Число умерших весь период имеет тенденцию к увеличению, наибольшее увеличение в 2021 году (+ 27,9 %). Показатели смертности по причине случайных отравлений и воздействия алкоголя также увеличиваются, за 2020–2021 гг. (+ 16,7 %). С учетом уменьшения численности населения в целом можно сделать вывод о недостаточном развитии здравоохранения, что отрицательно влияет на качество жизни. Необходимы значительные инвестиции в здравоохранение республики и особенно большая потребность в высококвалифицированных кадрах.

Образование гармонизирует экономическую и социальную сферы. Рассмотрим показатели системы образования ЛНР (табл. 5).

Таблица 4
Table 4

Состояние системы здравоохранения ЛНР за 2014–2021 гг.
The state of the LPR healthcare system for 2014–2021

Показатели	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Изменение, %	
									2021 г./2014 г.	2021 г./2020 г.
Число лечебных учреждений, ед.	99	60	60	60	61	61	61	61	-38,4	0
Число больничных коек, тыс.	15,2	13,1	12,8	12,8	13,0	11,5	11,4	11,4	-25,0	0
Плановая мощность амбулаторно-поликлинических учреждений, тыс. посещ. в смену	32,0	30,7	30,1	30,0	30,2	30,2	30,2	30,2	-5,6	0
Численность врачей всех специальностей, тыс. чел	4,1	3,9	4,1	4,1	4,1	4,1	3,9	3,8	-7,3	-2,6
Заболеваемость (впервые зарегистрированных случаев), на 100 тыс. поступ.	42348	31828	28567	45558	46264	43748	41549	46840	10,6	13,3
Коэффициент смертности детей в возрасте до 1 года	10,1	10,8	11,6	10,2	9,5	11,0	8,2	8,5	-15,8	3,6
Численность умерших, чел.	23996	17566	22044	21973	22361	22174	24035	30738	28,1	27,9
Смертность от внешних причин, всего, чел., в т. ч.:	2183	1585	1405	1279	1279	1306	1231	1219	-44,2	-0,9
случайных отравлений и воздействия алкоголя	128	92	134	115	137	144	138	161	25,8	16,7
преднамеренных самоповреждений, включая самоубийства	328	246	264	224	211	231	213	218	-33,5	2,3

Примечание: составлено автором на основе [Госкомстат ЛНР, 2024]

По данным таблицы 5 видно, что дошкольное образование в республике развивалось, хотя и незначительными темпами. В общем образовании сложившаяся ситуация характеризуется удовлетворительно, так как снижение обучающихся за 2020–2021 гг. составило (-0,9 %), что не выше уровня сокращения населения республики. Также отмечается увеличение количества учителей за 2020–2021 гг. на 1 %, что характеризуется положительно. Хуже ситуация со средним профессиональным образованием, так как сокращение обучающихся по сравнению с 2014 годом составило 25,5 % и существенно сокращается и количество учебных заведений. С 2014 по 2021 год численность студентов в высших учебных заведениях сократилась на 44,5 %. Увеличение численности аспирантов за 2020–2021 гг. свидетельствует о наметившихся положительных тенденциях.

Недостаточно высокий темп развития системы образования можно отнести к угрозам экономической безопасности республики, так как это может отрицательно повлиять на результат экономических преобразований.

Доходы населения в статистике ЛНР представлены только оплатой труда (табл. 6).

Таблица 5
Table 5

Состояние системы образования ЛНР за 2014–2021 гг.
The state of the LPR education system for 2014–2021

Показатели	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Изменение, %	
									2021 г./ 2014 г.	2021 г./ 2020 г.
Дошкольные образовательные учреждения, ед.	302	306	321	323	323	317	322	322	6,6	0
Численность детей в образовательных учреждениях в расчете на 100 мест, чел.	87	90	99	100	97	93	87	78	-10,3	-10,3
Общеобразовательные учреждения, ед.	-	332	329	331	331	331	330	330	-	0
Численность обучающихся в общеобразовательных учреждениях, чел.	-	81195	85893	87732	88543	89590	90098	89274	-	-0,9
Численность учителей, чел.	-	8417	8774	9050	8758	8452	8664	8674	-	1,0
Образовательные учреждения СПО, ед.	50	50	50	50	50	50	48	46	-8,0	-4,2
Кол-во учащихся в учреждениях среднего профессионального образования, чел.	-	10318	10102	9281	8769	8068	7731	7719	-	-0,02
Образовательные учреждения высшего образования, ед.	8	6	7	7	7	7	7	7	-12,5	0
Числ-ть студентов образовательных учреждений ВО, чел.	66317	37717	42964	39592	41067	42900	38631	36824	-44,5	-4,7
Числ-ть аспирантов, чел.	952	316	375	392	397	355	365	381	в 2,5 р. <	4,4
Числ-ть докторантов, чел.	68	19	25	26	28	36	27	21	в 3,2 р. <	-22,2

Примечание: составлено автором на основе [Госкомстат ЛНР, 2024].

За 2014 год по данному показателю данные отсутствуют. Информация об уровне инфляции в официальной статистике ЛНР отсутствует, а индекс потребительских цен представлен только с 2017 года.

Из таблицы 6 видно, что уровень среднемесячной номинальной заработной платы штатных работников в республике стабильно увеличивается. За весь исследуемый период наибольшее увеличение заработной платы произошло в сфере здравоохранения и образования. Индекс реальной заработной платы представлен только за 2019 год – 114,0 %, за 2020 год – 121,1%, за 2021 год – 115,1%. В целом экономическую ситуацию можно оценить как сложную.

Важной составляющей качества жизни населения является состояние экологии. Критическое ухудшение экологической ситуации негативно влияет на здоровье населения и, следовательно, качество жизни. В официальной статистике ЛНР такие показатели, как загрязнение биосферы и инвестиции на охрану окружающей природной среды представлены с 2015 года.

Таблица 6
Table 6

Оплата труда по ЛНР за 2015–2021 гг.
Labor remuneration in the LPR for 2015-2021

Показатели	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Изменение, %	
								2021 г.- 2020 г.	2021 г.- 2015 г.
Среднемесячная номинальная заработная плата штатных работников, руб., в т. ч.	5390	7832	8480	9927	11949	15610	20380	30,5	278,1
промышленность	5376	9380	10213	12284	14081	16849	20353	20,8	278,6
оптовая и розничная торговля; ремонт автотранспортных средств и мотоциклов	3786	4854	5767	6801	7820	10641	14440	35,7	281,4
профессиональная, научная и техническая деятельность	5274	8042	9698	10147	12714	17324	19197	90,8	263,9
государственное управление и оборона, обязательное социальное страхование	9120	11890	12366	13178	15487	23128	28170	10,8	208,9
образование	4922	6267	6845	7565	10104	14601	21421	46,7	335,2
здравоохранение и предоставление социальной помощи	5385	7530	7398	7643	10368	14985	22336	49,1	314,8
Индекс потребительских цен	-	-	99,5	107,7	103,0	110,5	116,2	5,7	16,7

Примечание: составлено автором на основе [Госкомстат ЛНР, 2024].

Изменение объема выбросов загрязняющих веществ характеризует изменение экономической активности в регионе. За 2021 год объем выбросов составил 134,4 тыс. т, что больше предыдущего года на 20,2 %, что говорит о наметившейся положительной тенденции в экономике, особенно в промышленности, но является отрицательным фактором качества жизни населения. Отметим, что также почти в 2 раза за весь период исследования увеличился объем выброса диоксида углерода. Объемы отходов и бытового мусора в 2021 году в сравнении с 2014 годом выросли на 4,8 %.

Объем утилизации увеличился более чем в 12 раз, что позволяет сделать вывод о развитии природоохранной деятельности в регионе в ответ на рост экономической нагрузки на природную среду. На протяжении всего исследуемого периода отмечается рост затрат на охрану окружающей природной среды региона. Капитальные инвестиции увеличились за 2015–2020 гг. более чем в 50 раз. За 2021 год данный показатель отсутствует. В целом можно отметить развитие в республике природоохранной деятельности. Особое внимание следует уделять эффективности соответствующих инвестиций, а также внедрению экологических нормативов.

Таким образом, показатели качества жизни по ЛНР за 2021 год значительно отстают от пороговых значений. Наихудшая ситуация по среднемесячной номинальной заработной плате штатных работников, которая в 2,8 раза ниже среднего значения по РФ. Низкий доход населения является угрозой экономической безопасности.

Заключение

Развитие экономики региона рационально рассматривать в контексте концепции человеческого развития, что с одной стороны предопределяет пропорциональный рост качества жизни населения и экономики, а с другой – повышение качества жизни населения

становится значимым фактором развития экономики. Главным элементом системы «регион» является население как центральный фактор экономического развития, а качество жизни определяется как один из самых значимых оценочных показателей. В регионе как единстве среды, социума, его прошлого и будущего социальная составляющая является самоценностью развития экономики. В региональной экономике человек выступает образующим фактором. Результатом реализации научно-обоснованных экономической, демографической и социальной политики является экономическая безопасность и устойчивое развитие региона.

Достигнутый уровень экономической безопасности региона достаточно точно определяется качеством жизни населения. Соответственно качество жизни населения можно использовать как оценочный показатель развития региона и обеспечения его экономической безопасности. Повышение качества жизни населения выступает стратегическим направлением и фактором развития территории и может выступать критерием экономической безопасности и соответственно стратегическим ориентиром социально-экономического развития отдельного региона и государства в целом.

Для более эффективной интеграции ЛНР в РФ необходимо осуществлять мониторинг уровня качества жизни населения как оценочного показателя в системе экономической безопасности региона. Сложившаяся сложная социально-экономическая ситуация в ЛНР с одной стороны – это результат процессов, происходящих в республике с 2014 года, а с другой – исходное условие для повышения уровня экономической безопасности региона и соответственно качества жизни населения республики.

Для сбалансированного учета всех угроз экономической безопасности за счет снижения качества жизни населения необходимо совершенствование существующей системы частных показателей комплексного показателя «качество жизни населения» на региональном уровне. В первую очередь это касается качества образования, здравоохранения и досуга населения.

Низкий уровень благосостояния населения является ограничивающим фактором развития региона. Необходимо учитывать значимость установления наивысшего уровня заработной платы в промышленности как основной отрасли и точки роста экономики республики.

Направлениями дальнейших исследований автора предполагается определение взаимовлияния уровня качества жизни населения и уровней основных показателей развития экономики региона в системе обеспечения ЭБ.

Список источников

- Госкомстат ЛНР. 2024. URL: <http://www.gkslnr.su> (дата обращения: 24.03.2024 г.).
- Исследования Международного центра перспективных исследований. 2024. URL: <http://www.ricardo.com.ua/money/budget/200603> (дата обращения 14.03.24).
- Комплексные индикаторы ОЭСР. 2024. Министерство экономического развития Российской Федерации. URL: https://www.economy.gov.ru/material/directions/vneshneekonomicheskaya_deyatelnost/mnogostoronnee_ekonomicheskoe_sotrudnichestvo/oesr/kompleksnye_indikator_oesr/ (дата обращения 13.06.24).
- Макконнелл, Кэмпбелл; Стэнли Брю; Шон Флинн; Sean Flynn. 2021. Economics: Principles, Problems, and Policies. [Internet]. Макгроу-Хилл, cited 2024, March 29, 1028. URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=303253> (дата обращения 01.07.2024).
- Отчет о человеческом развитии. 2020 / Human Development Report. URL: <https://hdrundporg/content/human-development-report-2020> (дата обращения 08.03.24).
- Стрижкова Л.А., Златоверховникова Т.В. 2012. Интегральный индикатор качества жизни населения – ИИКЖ (сравнительная характеристика регионов России). URL: http://www.umc.guunpk.ru/umcarhiv/2012/2/strizkova_zlatoverho_va.doc (дата обращения 8.03.24).
- Уровень и качество жизни. 2024. Информационно-аналитическая система Росконгресс. URL: <https://roscongress.org/knowledge/uroven-i-kachestvo-zhizni/materials/> (дата обращения 9.03.24).

- Федеральная служба государственной статистики. 2024. URL: https://rosstat.gov.ru/regional_statistics.
- Энциклопедический социологический словарь. 2024. URL: http://window.edu.ru/window/library/pdf2txt?p_id=16395&ppage=3 (дата обращения 11.03.24).
- The Economist Intelligence unit's quality-of-life index. 2024. URL: http://www.economist.com/media/pdf/QUALITY_OF_LIFE (дата обращения 12.03.24).

Список литературы

- Айвазян С.А., Афанасьев М.Ю., Кудров А.В. 2019. Интегральный индикатор качества условий жизни. Цифровая экономика, 1(5): 43–56. DOI: <http://doi.org/10.34706/DE-2019-01-05>.
- Ангелова О.Ю., Подольская Т.О. 2021. Интегральный подход к исследованию межрегиональной дифференциации в РФ на основе уровней социально-экономического развития и развитости системы среднего образования. Регион: Экономика и Социология, 3(111): 154–183. DOI: <http://doi.org/10.15372/REG20210307>.
- Балог М.М., Демидова С.Е., Троян В.В. 2018. Диагностика соответствия уровня и качества жизни населения регионов России критериям обеспечения экономической безопасности. Актуальные вопросы экономики, 6: 54–72. DOI: <http://doi.org/10.24411/2071-6435-2018-10058>.
- Барышникова Н.А., Киреева Н.А., Мартынович В.И. и др. 2023. Международный сельскохозяйственный журнал, 66.4(394): 331–339. DOI: https://doi.org/10.55186/25876740_2023_66_4_331.
- Басангова К.М. 2012. Социальные проблемы экономического развития северных территорий. Проблемы современной экономики, 1(41): 418–420.
- Белик И.С., Стародубец Н.В., Выварец К.А. 2014. Оценка качества жизни населения на основе критериев экономической безопасности. Вестник УрФУ. Серия экономика и управление, 6: 128–138.
- Беляева Л.А. 2009. Уровень и качество жизни. Проблемы измерения и интерпретации. Социологические исследования, 1: 33–42.
- Богданов И.Я. 2015. Бедность как образ жизни в современной России: монография. М.: Норма, 224.
- Глазьев С.Ю., Локосов В.В. 2012. Оценка предельно критических значений показателей состояния российского общества и их использование в управлении социально-экономическим развитием. Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз, 4(22): 22–41.
- Казанцев С.В. 2021. Жизнеспособность субъектов Российской Федерации. Регион: экономика и социология, 2: 3–24. DOI: <https://doi.org/10.15372/REG20210201>.
- Казанцев С.В., Митяков Е.С. 2022. Оценка значимости факторов динамики жизнеспособности субъектов Российской Федерации. Экономическая безопасность, 5, 1: 155–174. DOI: <https://doi.org/10.18334/ecsec.5.1.114267>.
- Калина А.В., Савельева И.П. 2014. Формирование пороговых значений индикативных показателей экономической безопасности России и ее регионов. Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент», 8, 4: 15–24.
- Карпова В.В., Кораблевой А.А. и др. 2017. Теория и практика оценки экономической безопасности (на примере регионов Сибирского федерального округа). Новосибирск: Изд-во ИЭОПП СО РАН, 146.
- Козлова О.А., Гладкова Т.В., Макарова М.Н. и др. 2015. Методический подход к измерению качества жизни населения региона. Экономика региона, 2: 182–192. DOI: <https://doi.org/10.17059/2015-2-15>.
- Криворотов В.В., Калина А.В., Белик И.С. 2019. Пороговые значения индикативных показателей для диагностики экономической безопасности Российской Федерации на современном этапе. Вестник УрФУ. Серия экономика и управление, 18, 6: 892–910. DOI: <https://doi.org/10.15826/vestnik.2019.18.6.043>.
- Крыжановская А.Г. 2009. Теоретические подходы к определению качества жизни населения. Финансы, денежное обращение и кредит. Экономические науки, 5(54): 273–276.
- Кузнецова О.В. 2014. Типология факторов социально-экономического развития регионов России. Вестник Московского университета. Серия 5. География, 2: 3–8.
- Лисова Е.В. 2021. Уровень жизни населения в качестве оценки социального развития регионов РФ. Международный научно-исследовательский журнал. 3(105). 2.03: 144–148. DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.105.3.050>.

- Митяков Е.С., Ладынин А.И. 2022. Методический инструментарий интегральной оценки социально-экономических систем на примере анализа динамики индикаторов научно-технической безопасности регионов России. *Экономическая безопасность*, 5, 2: 473–490. DOI: [10.18334/ecsec.5.2.114409](https://doi.org/10.18334/ecsec.5.2.114409).
- Никитская Е. Ф., Салимова Ш. А. 2021. Региональные особенности качества и уровня жизни населения с позиций национальной экономической безопасности. *Вестник евразийской науки*, 13.5. URL: <https://esj.today/PDF/31ECVN521.pdf> (дата обращения 06.07.2024).
- Райзберг Б.А., Лозовский Л.Ш., Стародубцева Е.Б. 2024. Современный экономический словарь. М. : НИЦ ИНФРА-М, 512. URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=441044> (дата обращения 01.07.2024).
- Ромашенко Т.Д. 2003. Экономическая безопасность национального хозяйства: теория, методология, воспроизводство: дис. ...д-ра экон. наук. Воронеж, 327.
- Соломонова М.П., Турантаев С.Г., Шпакова Р.Н. 2018. Методика интегральной оценки качества жизни в регионе. *Право и управление. XXI век.*, 4: 52–60. DOI: <https://doi.org/10.24833/2073-8420-2018-4-49-52-60>
- Сахарова О.Н. 2014. Индекс развития человеческого потенциала: место России в современном мире. *Вестник Таганрогского института управления и экономики*, 1, 16–19.
- Сенчагов В.К. и др. 2012. Экономическая безопасность регионов России: монография. / под ред. В.К. Сенчагова. М-во образования и науки Российской Федерации [и др.]. Нижний Новгород, 253.
- Сенчагов В.К., Иванов Е.А. 2016. Структура механизма современного мониторинга экономической безопасности России. М.: Институт экономики РАН, 71.
- Сенчагов В.К., Митяков С.Н. 2011. Использование индексного метода для оценки уровня экономической безопасности. *Вестник Академии экономической безопасности МВД России*,
- Татаркин А.И., Куклин А.А., Васильева Е.В. и др. 2012. Качество жизни как системная доминанта повышения экономической безопасности региона дополнить. *Вестник Тюменского государственного университета. Экономика*, 11: 38–49.
- Феофилова Т.Ю., Большаков С.Н. 2014. Теория и методология экономической безопасности в региональном контексте: монография. Сыктывкар: ГОУ ВО КРАГСиУ, 293.
- Черешнев В.А., Куклина А.А. и др. 2016. Национальная экономическая и экологическая безопасность: угрозы, последствия и сценарии экономико-экологического взаимодействия / под ред. В.А. Черешнева. Российская акад. наук, Уральское отд-ние, Ин-т экономики. Екатеринбург: Ин-т экономики УрО РАН, 160.
- Черешнева В.А., Татаркина А.И., Федорова М.В. 2012. Экономическая безопасность России: уроки кризиса и перспективы роста / под. ред. Т.И. Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 1312.
- Alou A. 2018. A reading of the concept of economic security and its role in guiding national policies and strategies. [Internet]. *Algerian Encyclopedia of Political and Strategic Studies*, September, March 27, 12. URL: <https://www.politics-dz.com/en/economic-security/> (дата обращения 01.07.2024).
- Boris Issaev, Peter Nijkamp, Piet Rietveld, Falke Snickars Multiregional. 1982. *Economic Modeling: Practice and Prospect*. [Internet]. NORTH-HOLLAND PUBLISHING COMPANY AMSTERDAM· NEW YORK· OXFORD, cited 2024, March 29, 9: 336. URL: <https://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/1831/1/XB-82-002.pdf> (дата обращения 01.07.2024).
- Denoon David P.H. 2011. *Economics and National Security: The Dangers of Overcommitment*. [Internet]. *Globalization and National Security*, cited 2024, March 29, I: 241–257. URL: <https://studyres.com/doc/1984295/economics-and-national-security-the-dangers-of> (дата обращения 01.07.2024).
- Mohamed S. 2021. *Economic Security*, cited 2024, March 29. URL: <https://www.politics-dz.com/en/economic-security/> (дата обращения 01.07.2024).

References

- Ayvazyan S.A., Afanasyev M.Yu., Kudrov A.V. 2019. Integral indicator of the quality of living conditions. *Digital economy*, 1(5): 43–56 (in Russian). DOI: <http://doi.org/10.34706/DE-2019-01-05>.
- Angelova O.Yu., Podolskaya T.O. 2021. An integral approach to the study of interregional differentiation in the Russian Federation based on the levels of socio-economic development and the development of

- the secondary education system. *Region: Economics and Sociology*, 3(111): 154–183 (in Russian). DOI: <http://doi.org/10.15372/REG20210307>.
- Balog M.M., Demidova S.E., Troyan V.V. 2018. Diagnostics of compliance of the level and quality of life of the population of Russian regions with the criteria for ensuring economic security. *Current issues of economics*, 6: 54–72 (in Russian). DOI: <http://doi.org/10.24411/2071-6435-2018-10058>.
- Baryshnikova N.A., Kireeva N.A., Martynovich V.I. and others. 2023. *International Agricultural Journal*, 66.4(394): 331–339 (in Russian). DOI: https://doi.org/10.55186/2587_6740_2023_66_4_331.
- Basangova K.M. 2012. Social problems of economic development of northern territories // *Problems of modern economics*, 1(41):418–420 (in Russian).
- Belik I.S., Starodubets N.V., Vyvarets K.A. 2014. Assessment of the quality of life of the population based on economic security criteria. *Bulletin of UrFU. Economics and management series*, 6: 128–138 (in Russian).
- Belyaeva L.A. 2009. Level and quality of life. *Problems of measurement and interpretation. Sociological research*, 1: 33–42 (in Russian).
- Bogdanov I.Ya. 2015. *Poverty as a way of life in modern Russia: monograph*. M.: Norma, 224 (in Russian).
- Glazyev S.Yu., Lokosov V.V. 2012. Assessment of the maximum critical values of indicators of the state of Russian society and their use in managing socio-economic development. *Economic and social changes: facts, trends, forecast*, 4(22): 22–41 (in Russian).
- Kazantsev S.V. 2021. Viability of the subjects of the Russian Federation. *Region: economics and sociology*, 2: 3–24 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.15372/REG20210201>.
- Kazantsev S.V., Mityakov E.S. 2022. Assessing the significance of factors in the dynamics of the viability of the constituent entities of the Russian Federation. *Economic security*, 5, 1: 155–174 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18334/ecsec.5.1.114267>.
- Kalina A.V., Savelyeva I.P. 2014. Formation of threshold values of indicative indicators of economic security of Russia and its regions. *Bulletin of SUSU. Series «Economics and Management»*, 8, 4: 15–24 (in Russian).
- Karpova V.V., Korablevoy A.A. and others. 2017. *Theory and practice of assessing economic security [on the example of regions of the Siberian Federal District]*. Novosibirsk: Publishing house IEOPP SB RAS, 146 (in Russian).
- Kozlova O.A., Gladkova T.V., Makarova M.N. and others. 2015. Methodological approach to measuring the quality of life of the population of the region. *Economy of the region*, 2: 182–192 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.17059/2015-2-15>.
- Krivorotov V.V., Kalina A.V., Belik I.S. 2019. Threshold values of indicative indicators for diagnosing the economic security of the Russian Federation at the present stage. *Bulletin of UrFU. Economics and management series*, 18, 6: 892–910 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.15826/vestnik.2019.18.6.043>.
- Kryzhanovskaya A.G. 2009. Theoretical approaches to determining the quality of life of the population. *Finance, money circulation and credit. Economic Sciences*, 5(54): 273–276 (in Russian).
- Kuznetsova O.V. 2014. Typology of factors of socio-economic development of Russian regions. *Bulletin of Moscow University. Series 5. Geography*, 2: 3–8 (in Russian).
- Lisova E.V. 2021. The standard of living of the population as an assessment of the social development of regions of the Russian Federation. *International scientific research journal*, 3(105), 2. 03: 144–148 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.105.3.050>.
- Mityakov E.S., Ladynin A.I. 2022. Methodological tools for the integral assessment of socio-economic systems using the example of analyzing the dynamics of indicators of scientific and technical security of Russian regions. *Economic security*, 5, 2: 473–490 (in Russian). DOI: 10.18334/ecsec.5.2.114409.
- Nikitskaya E. F., Salimova Sh. A. 2021. Regional features of the quality and standard of living of the population from the standpoint of national economic security. [Internet]. *Bulletin of Eurasian Science*, 13.5, cited 2024, July 6. URL: <https://esj.today/PDF/31ECVN521.pdf> (in Russian).
- Raizberg B.A., Lozovsky L.Sh., Starodubtseva E.B. 2024. *Modern economic dictionary*. M.: NIC INFRA-M, 512 URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=441044> (in Russian).
- Romashchenko T.D. 2003. *Economic security of the national economy: theory, methodology, reproduction: [dissertation]*. *Sci. Voronezh*, 327 (in Russian).
- Solomonova M.P., Turantaev S.G., Shpakova R.N. 2018. Methodology for integral assessment of the quality of life in the region. *Law and management. XXI Century*, 4: 52–60. (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.24833/2073-8420-2018-4-49-52-60>.

- Sakharova O.N. 2014. Human Development Index: Russia's place in the modern world. Bulletin of the Taganrog Institute of Management and Economics, 1, 16–19 (in Russian).
- Senchagov V.K. and others. 2012. Economic security of Russian regions: monograph. / ed. V.C. Senchagova. Ministry of Education and Science of the Russian Federation [and others]. Nizhny Novgorod, 327 (in Russian).
- Senchagov V.K., Ivanov E.A. 2016. The structure of the mechanism for modern monitoring of Russia's economic security. M.: Institute of Economics RAS, 71 (in Russian).
- Senchagov V.K., Mityakov S.N. 2011. Using the index method to assess the level of economic security. Bulletin of the Academy of Economic Security of the Ministry of Internal Affairs of Russia, 5: 41–50. (in Russian).
- Tatarkin A.I., Kuklin A.A., Vasilyeva E.V. etc. 2012. Quality of life as a systemic dominant for increasing the economic security of the region is supplemented. Bulletin of Tyumen State University. Economy, 11: 38–49 (in Russian).
- Feofilova T.Yu., Bolshakov S.N. 2014. Theory and methodology of economic security in a regional context: monograph. Syktyvkar: GOU VO KRAGSiU, 293 (in Russian).
- Chereshnev V.A., Kuklina A.A. and others. 2016. National economic and environmental security: threats, consequences and scenarios of economic-ecological interaction / ed. V.A. Chereshneva. Russian academician Sciences, Ural Department, Institute of Economics. Ekaterinburg: Institute of Economics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 160 (in Russian).
- Chereshneva V.A., Tatarkina A.I., Fedorova M.V. 2012. Economic security of Russia: lessons from the crisis and growth prospects / ed. ed. T.I. Ekaterinburg: Institute of Economics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 1312 (in Russian).
- Alou A. 2018. A reading of the concept of economic security and its role in guiding national policies and strategies. [Internet]. Algerian Encyclopedia of Political and Strategic Studies, September, cited 2024, March 27, 12. URL: <https://www.politics-dz.com/en/economic-security/>.
- Boris Issaev, Peter Nijkamp, Piet Rietveld, Falke Snickars Multiregional 1982. Economic Modeling: Practice and Prospect. [Internet]. NORTH-HOLLAND PUBLISHING COMPANY AMSTERDAM· NEW YORK· OXFORD, cited 2024, March 29, 9: 336. URL: <https://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/1831/1/XB-82-002.pdf>.
- Denoon David P.H. 2011. Economics and National Security: The Dangers of Overcommitment. [Internet]. Globalization and National Security, cited 2024, March 29, I: 241–257. URL: <https://studyres.com/doc/1984295/economics-and-national-security-the-dangers-of>.
- Mohamed S. 2021. Economic Security, cited 2024, March 29. URL: <https://www.politics-dz.com/en/economic-security/>.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

Поступила в редакцию 07.07.2024

Поступила после рецензирования 10.08.2024

Принята к публикации 20.08.2024

Received July 07, 2024

Revised August 10, 2024

Accepted August 20, 2024

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Кислая Татьяна Николаевна, кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента и экономической безопасности, Луганский государственный университет имени Владимира Даля, г. Луганск, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Tatyana N. Kislaya, Cand. Sci. [Econ.], Associate Professor of the Department of Management and Economic Security, Lugansk Vladimir Dahl State University, Lugansk, Russia

УДК 338.24

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-521-533

Оценка возможности трансформации отраслевой структуры экономики региона с учетом принципов «умной» специализации

Хребтов Д.В.

ООО «МетИнвест»

Россия, 309070, Белгородская область, Яковлевский район, поселок Строитель

2-я Заводская улица, дом 14

E-mail: Metinvest17@mail.ru

Аннотация. Современные условия хозяйствования, связанные с геополитической нестабильностью, развитием цифровой экономики, сопряженной с особенностями применения инновационных информационных технологий, турбулентностью, возрастанием количества кризисных ситуаций, вынуждают регионы трансформировать структуру отраслевой экономики. Данная ситуация является катализатором изменения отраслевых специализаций экономики регионов, приоритет отдается тем отраслям, развитие которых предполагает в том числе и применение инновационных цифровых инструментов, положительно сказывается на экономическом росте, помогает регионам противостоять экономическим кризисам. Эти особенности диктуют необходимость применения инструментов, позволяющих осуществить грамотный выбор приоритетных, уникальных отраслей, то есть необходимость иметь методологический аппарат оценки возможности трансформации отраслевой структуры экономики региона, в том числе и с учетом принципов «умной» специализации.

Ключевые слова: трансформация отраслевой структуры, отрасль, регион, концепция «умной» специализации, уникальность региона

Для цитирования: Хребтов Д.В. 2024. Оценка возможности трансформации отраслевой структуры экономики региона с учетом принципов «умной» специализации. Экономика. Информатика, 51(3): 521–533. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-521-533

Assessing the Possibility of Transformation of the Sectoral Structure of the Region's Economy, Taking into Account the Principles of "Smart" Specialization

Denis V. Khrebtov

MetInvest LLC

14 2nd Zavodskaya St, Stroitel settlement 309070, Yakovlevsky district, Belgorod region, Russia

E-mail: Metinvest17@mail.ru

Abstract. Modern economic conditions associated with geopolitical instability, the development of the digital economy associated with the specifics of using innovative information technologies, turbulence, and an increase in the number of crisis situations force regions to transform the structure of the sectoral economy. This situation is a catalyst for changing the sectoral specializations of the regional economy; priority is given to those industries whose development involves, among other things, the use of innovative digital tools, has a positive effect on economic growth, and helps regions resist economic crises. These features dictate the need to use tools that allow for a competent choice of priority, unique industries, that is, the need to have a methodological apparatus for assessing the possibility of transforming the sectoral structure of the regional economy, including the use of "smart" specialization principles.

Keywords: transformation of the industry structure, industry, region, the concept of "smart" specialization, the uniqueness of the region

For citation: Khrebtov D.V. 2024. Assessing the Possibility of Transformation of the Sectoral Structure of the Region's Economy, Taking into Account the Principles of "Smart" Specialization. Economics. Information technologies, 51(3): 521–533. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-521-533

Введение

Актуальность исследуемой темы обусловлена тем, что в современных условиях перед регионами стоит задача развития приоритетных отраслей и видов экономической деятельности. Региональные власти вынуждены находить новые векторы для реализации процесса отраслевой диверсификации региональной экономики, в том числе посредством стратегического планирования и определения приоритетов развития. Повысить уровень регионального развития, связанный с трансформацией отраслевой структуры экономики региона, помогает концепция «умной» специализации, основанная на опыте Европейского союза, который является первопроходцем с точки зрения применения данной концепции. Применение принципов «умной» специализации в трансформационном процессе приводит к выработке комплексного подхода, реализация которого позволит сформировать обоснованный образ будущего и определить пути успешной отраслевой трансформации экономики региона.

Целью данного исследования является оценка возможности трансформации отраслевой структуры экономики региона с учетом принципов «умной» специализации.

Задачами исследования являются:

- анализ методологических подходов оценки возможности трансформации отраслевой структуры экономики региона;
- обоснование методики возможности трансформации отраслевой структуры экономики региона с учетом принципов «умной» специализации;
- построение карты уникальности регионов с точки зрения возможности реализации трансформации отраслевой структуры экономики с учетом базовых факторов и смарт-возможностей.

Рабочей гипотезой исследования выступает предположение о возможности оценить трансформационные возможности отраслевой структуры экономики региона с точки зрения влияния как базовых факторов, так и с учетом принципов «умной» специализации.

Методы исследования

Изучение специфики возможности трансформации отраслевой структуры экономики региона выступает одним из важных аспектов экономического развития, имеющим научно-практическое значение [Лексин, Шевцов, 2012; Любимов, Гвоздева, Казакова, Нестерова, 2017].

Определение конкурентных преимуществ как региона, так и отраслей их специализации позволяет выявить структурные изменения, предложить комплекс наиболее эффективного инструментария по реализации, а также провести анализ результатов его применения [Климанов, 2007; Клименко, Королев, Двинских, Сластихина, 2015; Симачёв, Кузык, Кузнецов, Погребняк, 2014]. Однако в связи с тем, что в настоящее время отсутствует единый подход в определении и анализе отраслей региональной специализации, сложно обосновать трансформационный вектор и рассуждать про типы территорий, модели осуществления их развития. Именно за счет выбора адекватного метода формируется ключевая роль, в которой учитывается специфика набора статистических данных на определенной территории.

Исследуя методики оценки возможности трансформации отраслевой структуры экономики, следует отметить, что при реализации методических основ оценки

специализации отраслей авторы предлагают применять 2 основные группы индексов, к которым относятся:

- группа индексов специализации;
- группа индексов неоднородности (рисунок 1).

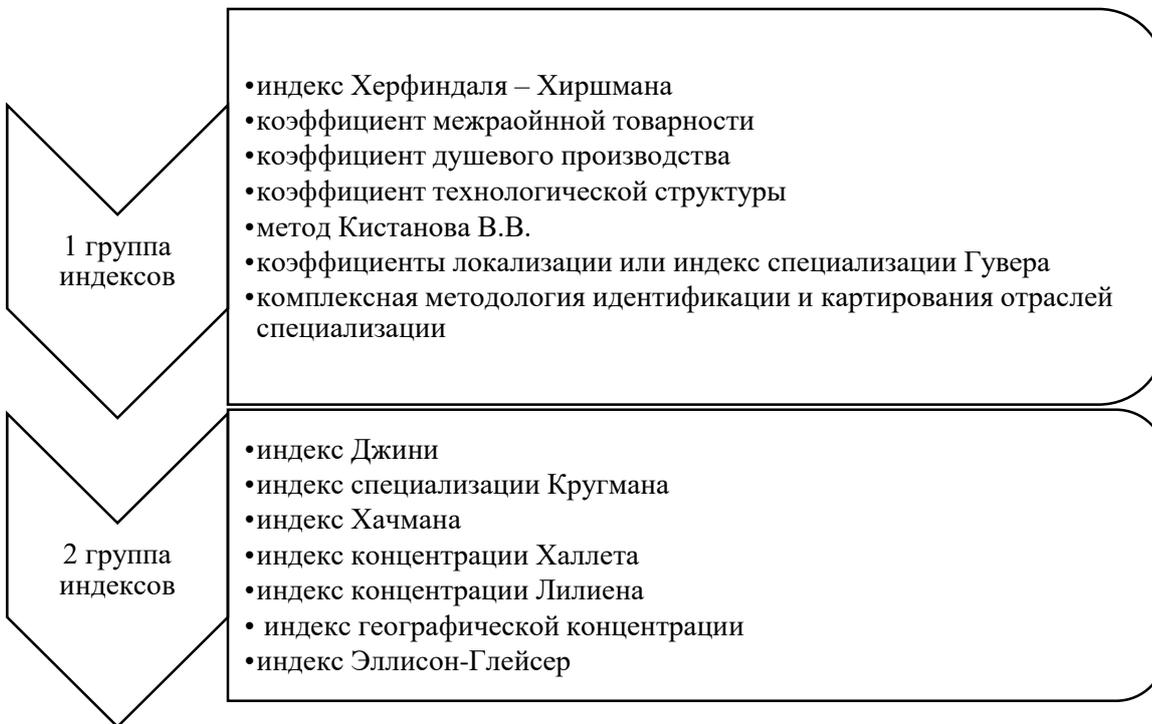


Рис. 1. Группы индексов методики оценки возможности трансформации отраслевой структуры экономики

Fig. 1. Groups of indices of the methodology for assessing the possibility of transformation of the sectoral structure of the economy

Также следует отметить, что в основу расчетов оценки возможности трансформации отраслевой структуры экономики входят основные методы идентификации отраслей региональной специализации. Именно эти методы представлены в источниках отечественной литературы [Гаврилов, 2002; Белов, 2012; Гранберг, 2000; Кистанов, 1968]:

- коэффициент межрайонной товарности – значение данного коэффициента характеризуется отношением вывоза из района данной продукции к ее районному производству

- коэффициент душевого производства;
- индекс Херфиндаля – Хиршмана производства;
- выявление отраслей рыночной специализации.

Международная и отечественная практика использует перечень различных показателей и методы их расчета. Самым популярным методом расчета считается определение значения коэффициента локализации [Bergman, Feser, 1999; Porter, 2003; Куценко, Киселев, Карнаух, 2011]. Также данный коэффициент носит название коэффициент Гувера – Баласса.

Индексы локализации позволяют определить критическую массу деятельности, которая сосредоточена в регионе. Именно за счет данных коэффициентов возможно выявить, где проходит сосредоточение знаний и компетенций и где формируется добавленная стоимость в экономике.

Здесь следует отметить тот факт, что данный коэффициент – наиболее распространенный. За счет данного коэффициента возможно провести расчет концентрации той или иной отрасли в регионе на основании группы показателей:

показатель выпуска продукции; показатель численности занятых; значение объема инвестиционных вложений в сумму основного капитала.

На основании анализа представленных выше мнений авторов следует отметить: в случае, если данный коэффициент характеризуется значением выше 1, то это объясняется индикатором специализации. Для некоторых исследователей целесообразнее показать интервал порогового значения от 0,8 до 1,25.

Как отмечает в своем исследовании Бухвальд Е.М. и Иванов О.Б. [Бухвальд, Иванов, 2018] экономическая специализация регионов набирает свою тенденцию к изучению вопроса территориального разделения труда. Ряд экспертов в неслучайном порядке предполагают формирование оптимального уровня конкурентной специализации региона. Именно она выступает важнейшим индикатором эффективности социально-экономического развития [Власюк, Демина, 2012; Бухвальд Е.М., Иванов О.Б., 2018; Колмаков, Полякова, Карпова, Головина, 2019].

Комплекс перспективных отраслей специализации выступает локомотивом развития в экономическом пространстве. На сегодняшний день, определенные на текущее время специализации будут выступать как комплекс приоритетных направлений, которые будет поддерживать государство.

В Стратегии пространственного развития указано, что перспективная экономическая специализация территории РФ определяется совокупностью укрупненных видов отраслей, которые обусловлены благоприятным взаимодействием конкурентных преимуществ или пространственных факторов. Как отмечает авторы [Смирнова, Аверина, 2018], к представленному определению больше вопросов, поскольку расположение наших российских регионов находится в разном положении именно в аспекте создания хозяйственной специализации. Поэтому для определения перспективной специализации всей совокупности регионов, не учитывая их специфику, характерно представить методику в форме перечисления показателей в упрощенном варианте. Если рассматривать перспективные специализации как индикатор регионального развития, то следует подчеркнуть следующее: в случае включения в Стратегию пространственного развития перспективных специализаций, это может выступить как новый этап направления процессов интеграции и формирования согласованности инструментов как отраслевого, так и пространственного развития российской экономики. Важно согласовать список перспективных специализаций экономики регионов с отраслевыми стратегиями развития.

На основании рассмотренных методик следует отметить, что из всех представленных ни одна не содержит применение принципов «умной» специализации. Данные методики целесообразнее доработать с точки зрения определения влияния базовых факторов на возможность трансформации отраслевой структуры экономики региона с учетом принципов «умной» специализации и определить вектор трансформации при взаимодействии с научными организациями.

Мы согласны с мнением данных авторов [Стрябкова, Лыщикова, 2020], поскольку, действительно, за счет применения методического подхода возможно определить тот набор уникальных компетенций региона, которые дифференцированы в зависимости от экспортного типа структуры, от отраслевого и научно-технологического. За счет комплекса компетенций текущего и перспективного характера формируется потенциал, возможности «умной структуры» региона. Именно потенциал позволяет на перспективу создать комплекс стратегических приоритетов «умной структуры» как на краткосрочную перспективу, так и на долгосрочный период.

Однако анализ приведенных выше методик показал, что в настоящее время исследователи не определяют влияние базовых факторов, влияющих на возможность трансформации отраслевой структуры региона.

А также исследователи не выявляют влияние специфических факторов, связанных со смарт-возможностями («умными») трансформации отраслевой структуры, взаимосвязь

которых отражается с возможностью применения принципов умной специализации. Логика анализа возможности трансформации отраслевой структуры с учетом принципов «умной» специализации приведена на рисунке 2.

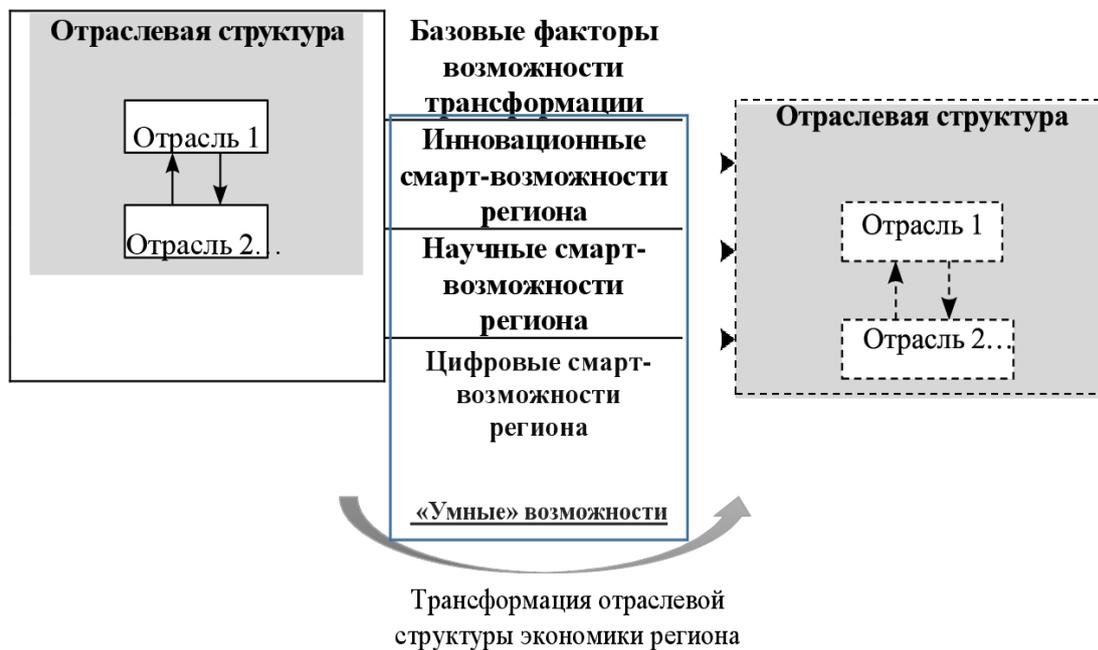


Рис. 2. Логика анализа возможности трансформации отраслевой структуры экономики региона за счет принципов «умной» специализации

Fig. 2. The logic of analyzing the possibility of transforming the sectoral structure of the region's economy through the principles of "smart" specialization

Считаем, что актуально необходимо определиться с комплексом региональных возможностей, исходя из специфики регионов и смарт-возможностей отраслевой трансформации экономики региона, который будет строиться на составляющей: инновационной цифровой и научной. Именно их взаимодействие позволит провести оценку возможности трансформации отраслевой структуры экономики региона с учетом принципов «умной» специализации.

Результаты исследования

В общем виде схема определения возможности трансформации отраслевой структуры экономики региона на основании принципов «умной» специализации приведена на рисунке 3.

Выбор траектории трансформации отраслевой структуры региона в соответствии с принципами «умной» специализации должен быть основан на анализе условий и факторов, влияющих на возможности региона трансформировать отраслевую структуру и его смарт-возможности, или возможности трансформации отраслевой структуры экономики на основании данных принципов.

По нашему мнению, выявление возможности трансформации отраслевой структуры экономики региона должно анализироваться в 2 этапа:

1. Анализ основных факторов, базовых факторов, влияющих на возможность трансформации отраслевой структуры региона.

2. Анализ специфических, смарт-факторов, формирующий «умный» региональный потенциал и возможности трансформации отраслевой структуры региона.

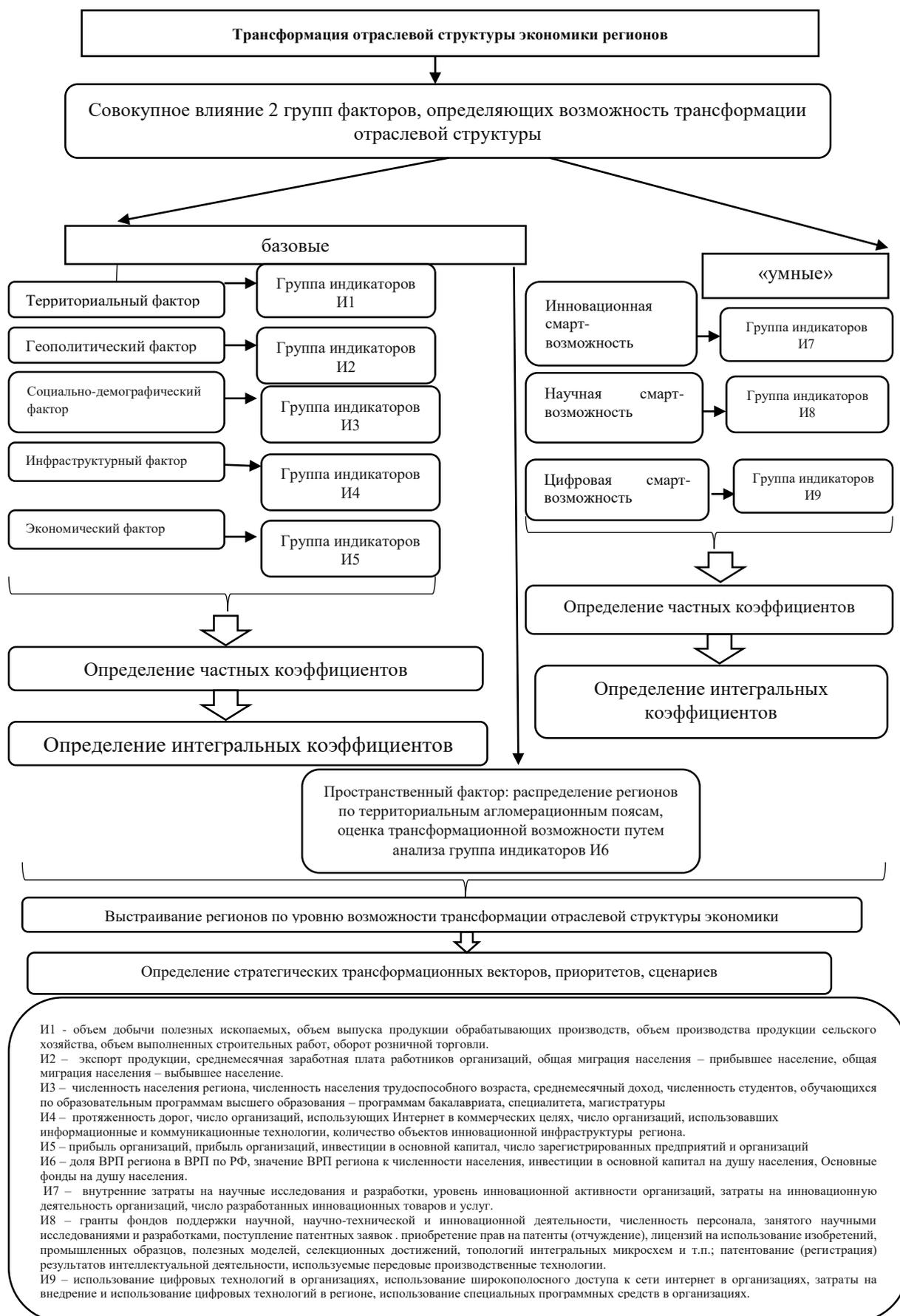


Рис. 3. Схема определения возможности трансформации отраслевой структуры экономики региона на основании принципов «умной» специализации

Fig. 3. The scheme for determining the possibility of transformation of the sectoral structure of the region's economy based on the principles of "smart" specialization

К совокупности факторов, в наибольшей степени оказывающих влияние на возможность трансформации отраслевой структуры регионов мы отнесли следующие:

1. Территориальный фактор.
2. Геополитический фактор.
3. Пространственный фактор.
4. Социально-демографический фактор.
5. Инфраструктурный фактор.
6. Экономический фактор.

В таблице 1 приведена характеристика влияния факторов на возможность трансформацию отраслевой структуры экономики регионов.

Таблица 1
Table 1

Базовые характеристики влияния трансформационных факторов на возможность трансформации отраслевой структуры экономики регионов
Basic characteristics of the influence of transformational factors on the possibility of transformation of the sectoral structure of the regional economy

Фактор	Характеристика формирования трансформационных условий отраслевой структуры
Территориальный	Формирует трансформационные условия, которые позволяют отраслям достигать высоких результатов функционирования, повышать долю вида деятельности в структуре экономики региона.
Геополитический	Формирует трансформационные условия, позволяющие выравнять или создавать перекося отраслевого комплекса региона.
Пространственный (в зависимости от территориального пояса, в котором находится регион)	Формирует экономический потенциал отдельного региона в соответствии с особенностями его пространственной принадлежности, в зависимости от территориального пояса.
Социально-демографический	Формирует трансформационные условия развития отраслей с высокой долей обеспечения занятости населения, создания новых рабочих мест, позволяют повышать образовательный уровень населения региона, наращивать производства, развивать отрасли, повышающие уровень качества жизни, повышающие уровень социальной защиты населения.
Инфраструктурный	Определяет трансформационные условия развития инфраструктуры; отсутствие развитой инфраструктуры может стать ограничением развития отраслей, поскольку тормозит модернизацию и интенсификацию производства.
Экономический	Создает трансформационные условия для формирования совокупного спроса на продукцию отраслей региона, что ведет к росту прибыли организаций, условия для инновационных возможностей отрасли, влияет на уровень развития отраслевой структуры экономики региона.

Для осуществления анализа влияния каждого из факторов на возможность трансформации отраслевой структуры, выберем такие индикаторы (приведены на рисунке 3, И1-И9), которые соответствуют критериям адекватности, таким как: точность, существенность, а также предельность, позволяющие дать достоверную оценку влияния именно определенного фактора на отраслевую специализацию региона. Отметим, что нами предполагается, что будут использоваться только данные официальной статистики. Такой подход, с одной стороны, позволяет использовать стандартизованные данные, а с другой – обеспечивает объективность за счет устранения субъективной компоненты в формировании конечного результата.

Для приведения показателей к общему виду числовые значения показателей (частных коэффициентов) будем соотносить с показателем по Центральному федеральному округу, получая частный коэффициент. Частный коэффициент, показывающий влияние выбранного фактора на возможность трансформации отраслевой структуры региона отражает специфику каждого фактора. Также необходимо определить совокупное влияние частных коэффициентов на трансформационную возможность, путем выявления значения интегрального коэффициента. Интегральный коэффициент влияния выбранного фактора на возможность трансформации отраслевой структуры региона выявим путем определения среднего арифметического частных коэффициентов, показывающих уровень влияния на трансформационную возможность.

После определения величины интегрального коэффициента регионы можно выстроить по уровню трансформационной возможности. Для выявления количества интервалов, характеризующих возможность трансформации отраслевой структуры экономики регионов и величины интервала, применяется правило Стерджесса.

Отметим, что влияние на трансформационную возможность пространственного фактора определяем путём группировки регионов по агломерационным территориальным поясам и оценки пространственных индикаторов, влияющих на трансформационную возможность.

Для того, чтобы выявить возможность трансформации отраслевой структуры экономики региона на основании принципов «умной» специализации, на наш взгляд, необходимо акцентировать внимание на том, что внедрение трансформационного механизма с применением принципов «умной» специализации будет заключаться в реализации процессов выявления, моделирования, прогнозирования уникальных видов экономической деятельности, скрытых возможностей определенных отраслей экономики, определения так называемого «умного» потенциала регионов, для которых трансформация структуры экономики обеспечит развитие конкурентных преимуществ региона. То есть реализация принципов умной специализации в трансформационном механизме будет способствовать активизации инновационных структурных изменений за счет формирования новых отраслевых секторов, в том числе и при взаимодействии с научными организациями.

Для того, чтобы оценить возможность трансформации отраслевой структуры региона с возможностью использования принципов «умной» специализации, на наш взгляд, необходимо провести анализ смарт-возможностей региона, которые составлены тремя характеристиками:

1. Инновационные смарт-возможности (ИВ) трансформации отраслевой структуры экономики региона (инновационный потенциал).
2. Цифровые смарт-возможности (ЦВ) трансформации отраслевой структуры экономики региона (цифровой потенциал).
3. Научные смарт-возможности (НВ) трансформации отраслевой структуры экономики региона (научный потенциал).

Инновационные смарт-возможности трансформации отраслевой структуры экономики региона определяют инновационный потенциал региона, показывают возможность реализации в регионе концепции умной специализации.

Выбор приоритетов регионального инновационного развития в России с учетом принципов «умной» специализации базируется на выборе трансформационного механизма для конкурентоспособных отраслей, которые используют в своей деятельности новые технологии, в том числе и цифровые. В условиях цифровизации взаимодействия, в том числе межотраслевые, значительно расширяются, так как границ практически не существует. Чем больше у региона цифровых смарт-возможностей, тем более эффективно реализуется трансформационный процесс.

Научные смарт-возможности трансформации отраслевой структуры экономики региона в совокупности с принципами умной специализации определяют скорость и уровень появления новых технологий, приводят к модернизации существующих отраслей и появлению новых, использующих информационные технологии, биотехнологии, робототехнику, автоматизацию, искусственный интеллект и др.

Тогда, чтобы вывить трансформационные смарт-возможности, необходимо определить 3 коэффициента:

- коэффициент трансформации через инновационную смарт-возможность – сумма показателей, характеризующих инновационные смарт-возможности трансформации отраслевой структуры экономики региона;

- коэффициент трансформации через цифровую смарт-возможность – сумма показателей, характеризующих цифровые смарт-возможности трансформации отраслевой структуры экономики региона;

- коэффициент трансформации через научную смарт-возможность – сумма показателей, характеризующих научные смарт-возможности трансформации отраслевой структуры экономики региона.

Проводя исследования возможности трансформации отраслевой структуры экономики региона с учетом принципов «умной» специализации, путем анализа интегральных показателей базовых факторов и смарт-возможностей региона мы получили определенные значения данных показателей.

Отметим, что базовые факторы, в совокупности со смарт-возможностями, создают условия для роста отраслевых возможностей в зависимости от своей особенности, характеристики, влияния (таблица 2).

Таблица 2
Table 2

Влияние особенностей фактора на возможность трансформации
отраслевой структуры экономики региона
The influence of the factor's features on the possibility of transformation
of the sectoral structure of the region's economy

Вид фактора	Характеристика возможного трансформационного сдвига
Территориальный фактор (ТФ)	Возможность развития отраслей, модификация старых, появление новых отраслей
Геополитический фактор (ГФ)	Возможность диверсификации доминирующих отраслей, развитие новых перспективных видов экономической деятельности
Социально-демографический фактор (СДФ)	Структурный сдвиг в сторону отраслей, имеющих региональное значение, наибольшую долю в отраслевой структуре
Инфраструктурный фактор (ИФ)	Возможность развития отраслей, интенсификации, диверсификации, рост доли перспективных отраслей
Экономический фактор (ЭФ)	Возможность диверсификации доминирующих отраслей, развитие новых перспективных видов экономической деятельности. Рост перспективных отраслей интеллектуальных услуг и высокотехнологичной промышленности
Пространственный фактор (ПФ)	Экономическая эффективность – рост доминирующих отраслей, рост доли отраслей, имеющих долю в отраслевой структуре более 5 % (для регионов с высокой возможностью трансформации). Промежуточный – необходим структурный сдвиг в сторону доминирующих отраслей, имеющих региональную значимость, отраслей, формирующих повышение качество жизни населения региона (уровень заработной платы, социальное обеспечение и т. д.).

Тогда, на основании выше приведенных данных, можно составить карту уникальности регионов с точки зрения возможности трансформации отраслевой структуры экономики региона (таблица 3).

Таблица 3

Table 3

Карта уникальности регионов с точки зрения возможности трансформации отраслевой структуры экономики с учетом базовых факторов и смарт-возможности, 2022 год
 Map of the uniqueness of the regions in terms of the possibility of transformation of the sectoral structure of the economy, taking into account basic factors and smart opportunities, 2022

Цвет сегмента:

Очень высокая и повышенная возможность трансформации отраслевой структуры экономики региона	Средняя возможность трансформации отраслевой структуры экономики региона	Низкая возможность трансформации отраслевой структуры экономики региона
В	С	Н

Регион	Базовые региональные факторы возможности трансформации отраслевой структуры экономики региона						Специфические факторы смарт-возможности трансформации отраслевой структуры экономики региона		
	ТФ	ГФ	СДФ	ИФ	ЭФ	ПФ	ИВ	ЦВ	НВ
Белгородский регион	С	В	В	С	С	В	В	В	Н
Брянский регион	Н	В	В	Н	Н	Н	С	С	Н
Владимирский регион	С	В	В	С	Н	В	С	С	Н
Воронежский регион	С	В	В	В	С	В	С	С	Н
Ивановский регион	Н	В	В	Н	Н	Н	С	Н	Н
Калужский регион	С	В	В	С	Н	В	С	С	Н
Костромской регион	Н	В	В	Н	Н	Н	Н	Н	Н
Курский регион	С	В	В	Н	Н	В	Н	С	Н
Липецкий регион	С	В	В	С	Н	В	С	С	Н
Московский регион	В	В	В	В	В	В	В	В	В
Орловский регион	Н	В	В	Н	Н	Н	С	С	Н
Рязанский регион	В	В	В	Н	Н	В	Н	Н	Н
Смоленский регион	Н	В	В	С	Н	Н	Н	Н	Н
Тамбовский регион	С	В	В	С	Н	В	Н	Н	Н
Тверской регион	С	В	В	С	Н	В	С	С	Н
Тульский регион	С	В	В	С	Н	В	В	С	Н
Ярославский регион	Н	В	В	С	Н	В	С	С	Н

Выводы

Таким образом, оценив комплексное влияние на возможность трансформации отраслевой структуры экономики региона базовых факторов и смарт-возможностей, приняв за основу данные ЦФО, можно сделать следующие выводы.

Московская область имеет самый высокий уровень трансформационных возможностей – в данном регионе есть возможности для реализации трансформации отраслевой структуры. Можно отметить, что данный регион характеризуется снижением в структуре доминирующих видов деятельности. Поэтому, в стратегии развития данного региона должны быть заложены стратегические трансформационные мероприятия по росту

доминирующих в структуре видов деятельности. Так же данный регион должен направлять трансформационный вектор в сторону максимально возможного применения интеллектуальных услуг и высокотехнологичных систем, особенно для тех видов деятельности, доля которых в отраслевой структуре более 5 %, так как все возможности для этого в регионе имеются.

Виды экономической деятельности, где в полной мере возможно применение интеллектуальных услуг и высокотехнологичных систем по материалам [Яковлева, Виноградов, Александрова, Филимонов, 2023]. следующие:

1. Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство.
2. Обрабатывающие производства.
3. Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха.
4. Торговля оптовая и розничная; ремонт автотранспортных средств и мотоциклов.
5. Транспортировка и хранение.
6. Деятельность гостиниц и предприятий общественного питания.
7. Деятельность в области информации и связи.
8. Деятельность финансовая и страховая.
9. Деятельность административная и сопутствующие дополнительные услуги.
10. Государственное управление и обеспечение военной безопасности; социальное обеспечение.
11. Образование.
12. Деятельность в области здравоохранения и социальных услуг.
13. Деятельность в области культуры, спорта, организации досуга и развлечений.

Для регионов, где на основании анализа влияния базовых факторов трансформации, а также смарт-возможностей, имеются в большей степени высокие и средние возможности трансформации отраслевой структуры экономики, необходим уклон трансформационного вектора на рост доли доминирующих в структуре отраслей, а также на рост отраслей, где возможно межрегиональное сотрудничество, рост перспективных видов деятельности, развитие перспективных видов специализаций. При этом необходимо делать акцент на стратегических трансформационных приоритетах, реализуемых с учетом принципов «умной» специализации и кейсах «умных» стратегических трансформационных мероприятий.

Для регионов, имеющих низкий уровень возможности трансформации отраслевой структуры экономики за счет большинства факторов – Ивановская, Костромская, Орловская, Рязанская, Смоленская, Брянская области, необходим вектор стратегических трансформационных мероприятий, направленный на рост доли доминирующих в отраслевой структуре отраслей. Для данных регионов необходим структурный сдвиг в сторону отраслей, имеющих региональную значимость, отраслей, формирующих повышение качества жизни населения региона (уровень заработной платы, социальное обеспечение и т. д.).

Список источников

- Гранберг А.Г. 2000. Основы региональной экономики: учебник. М.: ГУ ВШЭ, 495 с.
- Кистанов В.В. 1968. Комплексное развитие и специализация экономических районов СССР. М.: Наука, 283 с.
- Клименко А.В., Королев В.А., Двинских Д.Ю., Сластихина И.Ю. 2015. О гармонизации документов государственного стратегического планирования. М.: НИУ ВШЭ., 48 с.
- Куценко Е.С., Киселев А.Н., Карнаух А.П. 2011. Определение приоритетных направлений для формирования и развития кластеров малых и средних предприятий в региональной экономике (на примере города Москвы). Сетевой бизнес и кластерные технологии, под науч. ред. В.П. Третьяка, М.Ю. Шерешева. М.: НИУ ВШЭ, 279–302.
- Лексин В.Н., Швецов А.Н. 2012. Государство и регионы. Теория и практика государственного регулирования территориального развития. М.: Либроком, 372 с.

- Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты. Доклад НИУ ВШЭ. Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». 2021. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://conf.hse.ru/mirror/pubs/share/463148459.pdf> (дата обращения 05.07.2023).
- Bergman E., Feser E. 1999. [Электронный ресурс] *Industrial and Regional Clusters: Concepts and Comparative Applications*. The Web Book of Regional Science / Ed. S. Loveridge. Morgantown, WV: West Virginia University. Режим доступа: <http://www.rti.wvu.edu/WebBook/Bergman-Feser/contents.htm> (дата обращения 28.03.2023).

Список литературы

- Власюк Л.И., Демина О.В. 2012. Эффективные регионы: критерии и классификация. *Пространственная экономика*, 1: 29–42.
- Иванов О.Б., Бухвальд Е.М. 2018. Региональные институты развития в системе стратегического планирования. *ЭТАП: Экономическая Теория, Анализ, Практика*, 1: 61–77.
- Климанов В.В. 2007. Реформирование региональных финансов и стратегии развития субъектов РФ. *Бюджет*, 9: 42–45.
- Колмаков В.В., Полякова А.Г., Карпова С.В., Головина А.Н. 2019. Развитие кластеров на основе конкурентной специализации регионов. *Экономика региона*, 15-1: 270–284.
- Любимов И.Л., Гвоздева М.А., Казакова М.В., Нестерова К.В. 2017. Сложность экономики и возможность диверсификации экспорта в российских регионах. *Журнал Новой экономической ассоциации*, 2(34):94–122.
- Симачёв Ю., Кузык М., Кузнецов Б., Погребняк Е. 2014. Россия на пути к новой технологической промышленной политике: среди манящих перспектив и фатальных ловушек. *Форсайт*, 8(4): 6–23.
- Смирнова О.П., Аверина Л.М. 2019. Исследование особенностей перспективной экономической специализации индустриального региона. *Региональная экономика: теория и практика*, 17: 1006–1018.
- Стрябкова Е.А., Лыщикова Ю.В. 2019. Развитие методических подходов к определению приоритетов «умной структуры» территорий. *Экономика: вчера, сегодня, завтра*, 9(12A): 73–82. DOI: 10.34670/AR.2020.92.12.037
- Яковлева Е.А., Виноградов А.Н., Александрова Л.В., Филимонов А.П. 2023. Роль технологий искусственного интеллекта в цифровой трансформации экономики. *Вопросы инновационной экономики*, 13(2): 07-726. – doi: 10.18334/vinec.13.2.117710.
- Porter M.E. 2003. The economic performance of regions. *Regional Studies*, 37: 549–578.

References

- Vlasyuk L.I., Demina O.V. 2012. Effective regions: criteria and classification. *Spatial economy*, 1: 29–42.
- Ivanov O.B., Bukhvald E.M. 2018. Regional development institutions in the strategic planning system. *STAGE: Economic Theory, Analysis, Practice*, 1: 61–77.
- Klimanov V.V. 2007. Reforming regional finances and development strategies of constituent entities of the Russian Federation. *Budget*, 9: 42–45.
- Kolmakov V.V., Polyakova A.G., Karpova S.V., Golovina A.N. 2019. Development of clusters based on competitive specialization of regions. *Economy of the region*, 15-1: 270–284.
- Lyubimov I.L., Gvozdeva M.A., Kazakova M.V., Nesterova K.V. 2017. Economic Complexity and the Possibility of Export Diversification in Russian Regions. *Journal of the New Economic Association*, 2(34):94–122.
- Simachev Yu., Kuzyk M., Kuznetsov B., Pogrebnyak E. 2014. Russia on the Path to a New Technological Industrial Policy: Among the Alluring Prospects and Fatal Traps. *Foresight*, 8(4): 6–23.
- Smirnova O.P., Averina L.M. 2019. A Study of the Features of Promising Economic Specialization of an Industrial Region. *Regional Economy: Theory and Practice*, 17: 1006–1018.
- Stryabkova E.A., Lyschikova Yu.V. 2019. Development of methodological approaches to determining the priorities of the "smart structure" of territories. *Economy: yesterday, today, tomorrow*, 9(12A): 73–82. DOI: 10.34670/AR.2020.92.12.037
- Yakovleva E.A., Vinogradov A.N., Aleksandrova L.V., Filimonov A.P. 2023. The role of artificial intelligence technologies in the digital transformation of the economy. *Issues of Innovative Economics*, 13(2): 07-726. – doi: 10.18334/vinec.13.2.117710.
- Porter M.E. 2003. The economic performance of regions. *Regional Studies*, 37: 549–578.



Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.
Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

Поступила в редакцию 13.08.2024
Поступила после рецензирования 26.08.2024
Принята к публикации 29.08.2024

Received August 13, 2024
Revised August 26, 2024
Accepted August 29, 2024

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Хребтов Денис Владимирович, генеральный директор ООО «МетИнвест», Белгородская область, Яковлевский район, поселок Строитель, Россия

Denis V. Khrebtov, General Director of MetInvest LLC, Belgorod region, Yakovlevsky district, Stroitel, Russia



УДК 332.156

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-534-543

Подходы к моделированию экономических процессов в пространственных системах

Чаадаев В.К., Мельников В.В.

Научно-исследовательский институт социальных систем при МГУ имени М.В. Ломоносова
Россия, 127018, г. Москва, Октябрьский пер., д. 8, стр. 2, оф. 5
Email: vkchaadaev@niiss.ru, melnikov@niiss.ru

Аннотация. В условиях социально-политической нестабильности и высокого уровня дифференциации качества жизни населения одной из приоритетных задач региональной экономики является создание эффективной системы и инструментов планирования, ориентированных на поиск и обоснование стратегических векторов развития. Цель настоящей статьи заключается в том, чтобы в условиях перманентно меняющейся глобальной динамики и общей ситуационной неопределенности сформировать принципы построения экономико-математической модели процессов социально-экономической системы региона, позволяющей обеспечить принципиально новое качество управления региональными ресурсами. Необходимым условием реализации предложенного метода является использование новых цифровых технологий, основанных на облачных вычислениях, алгоритмах искусственного интеллекта, а также на комплексе прикладных методов анализа больших данных.

Ключевые слова: моделирование, опережающее развитие, промышленный кластер, регион, стратегирование, цифровой двойник, эконометрика

Для цитирования: Чаадаев В.К., Мельников В.В. 2024. Подходы к моделированию экономических процессов в пространственных системах. Экономика. Информатика, 51(3): 534–543. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-534-543

Approaches to Modeling Economic Processes in Spatial Systems

Vitaly K. Chaadaev, Vadim V. Melnikov

Social Systems Research Institute at Lomonosov Moscow State University
8 Oktyabrsky lane, building 2, office 5, Moscow 127018, Russia
Email: vkchaadaev@niiss.ru, melnikov@niiss.ru

Abstract. In the conditions of socio-political instability and a high level of differentiation in the standard of living, one of the priority tasks of the regional economy is to create an effective system and planning tools aimed at finding and substantiating strategic development vectors. The purpose of this article is to formulate principles for constructing an economic and mathematical model of the processes of the regional socio-economic system in the conditions of permanently changing global dynamics and general situational uncertainty, which allows for a fundamentally new quality of regional resource management. A necessary condition for the implementation of the proposed method is the use of new digital technologies based on cloud computing, artificial intelligence algorithms, as well as a set of applied methods for big data analysis.

Keywords: modeling, advanced development, industrial cluster, region, strategizing, digital twin, econometrics

For citation: Chaadaev V.K., Melnikov V.V. 2024. Approaches to Modeling Economic Processes in Spatial Systems. Economics. Information technologies, 51(3): 534–543. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-534-543

Введение

Современный мир наполнен парадоксами – беспрецедентный по своим возможностям накопленный глобальный производственный потенциал существует одновременно с высоким и растущим уровнем безработицы, социальным неравенством, финансовой нестабильностью, системными кризисами и экологической деградацией. Между тем, многоплановые проблемы, стоящие сегодня перед человечеством, созданы им самим и могут быть решены путем изменения стратегического мышления и упорядочения действий, направленных на формирование нового экономического уклада, основанного на концентрации ресурсов и масштабном использовании цифровых технологий [Акаев, Садовничий, 2023]. Поэтому в условиях социально-политической нестабильности и высокого уровня дифференциации качества жизни населения одной из приоритетных задач региональной экономики является создание эффективной системы и инструментов планирования, ориентированных на поиск и обоснование стратегических векторов развития территории [Серебрянникова, 2020; Домнина, 2023].

Субъекты Российской Федерации, как экономически относительно автономные административно-территориальные единицы, постоянно решают задачи, решение которых находится в русле государственной политики и призвано обеспечить поступательное опережающее развитие, основанное на принципах достижения технологического суверенитета:

- структурная модернизация и технологическое обновление жизнеобеспечивающих секторов экономики с ориентацией преимущественно на российских производителей [Журавлев, Чаадаев, 2023];

- формирование крупных производственно-промышленных комплексов для получения эффекта масштаба, сокращения непроизводительных издержек и повышения добавленной стоимости при выпуске инновационных товаров и услуг;

- создание высокотехнологичных рабочих мест, представляющих собой полюса роста и притяжения квалифицированных кадров, обладающих цифровыми компетенциями, соответствующими запросам экономики будущего – ноономики [Бодрунов, Золотарев, 2024].

Трудность решения подобных задач определяется сложностью структуры региональной экономики, которая характеризуется большим количеством системных экономических процессов, зачастую протекающих в условиях неопределенности и изменчивости внешних и внутренних факторов, с различной степенью силы влияющих на целевые показатели. Выбор, в условиях дефицита ресурсов, объективно приоритетных процессов, оказывающих максимальное влияние на достижение целей опережающего развития, представляет собой нетривиальную задачу, решение которой требует использования междисциплинарных методов: анализа больших данных, создания цифровых двойников¹, экономико-математического, а также конвергенции человеческого интеллекта и машинного разума на различных уровнях управления [Акаев, Садовничий, 2021].

При этом следует отметить, что построение стратегий опережающего развития регионов не только не исключает, но и в обязательном порядке предполагает качественное повышение результативности управления процессами. Исходя из сказанного, цель статьи заключается в том, чтобы в условиях перманентно меняющейся глобальной динамики и общей ситуационной неопределенности сформировать принципы построения экономико-математической модели процессов социально-экономической системы региона, позволяющей обеспечить принципиально новое качество управления региональными ресурсами.

¹ Цифровой двойник (англ. digital twin) – математическая модель, позволяющая с заданной степенью точности описывать поведение объекта и/или процесса.

Объекты и методы исследования

«В условиях высокого уровня неопределенности особое значение приобретает формирование долгосрочного видения развития страны. Инструментом решения этой задачи является, как известно, стратегическое планирование» [Некипелов, 2021, с. 79].

«Научной основой разработки стратегии является изучение глобальных мировых мегатрендов на базе теории исторического синтеза, обобщающей человеческий опыт за последние 2–2,5 века со времен промышленной революции и начала становления гражданского общества» [Абалкин, 2015, с. 79] (рис. 1).

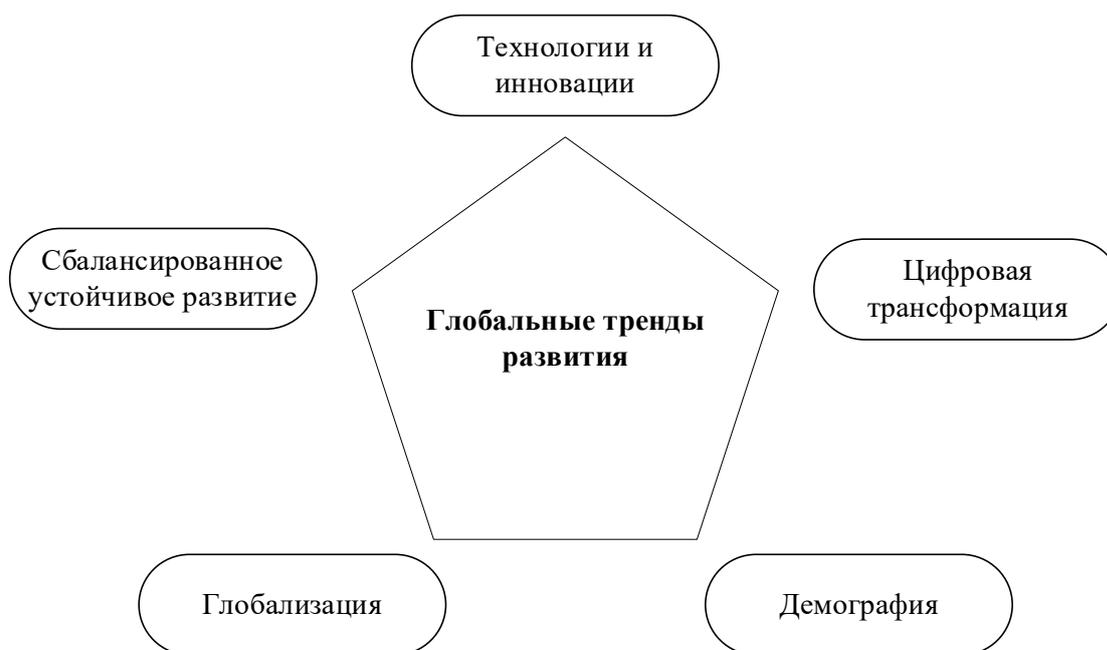


Рис. 1. Глобальные тренды, определяющие и задающие направления развития
Fig. 1. Global trends that define and set development directions

Примечание: составлено авторами

Технологии и инновации. Современные технологии, в первую очередь, инфокоммуникационные (ИКТ), ускоряют развитие основных характеристик, определяющих цифровую эпоху: детализация технологических и бизнес-процессов, скорость внедрения и масштаб использования инноваций [Журавлев, 2018]. Исключительность цифровых технологий и инноваций состоит в их комплексном воздействии как на производственную сферу, так и на социальную [Schumpeter, 1942]. Это происходит за счет собственного постоянного развития (улучшение функциональных, технологических и потребительских качеств) и за счет глубокого проникновения во все аспекты общественного производства (начиная от построения цифровых моделей физических объектов для исследования их характеристик, заканчивая технологиями «умного» дома, позволяющими существенно повысить комфорт и уровень жизни).

Сбалансированное устойчивое развитие. Достигнутое на сегодняшний день материальное благополучие национальных экономик большинства стран обеспечено истощением природных ресурсов, нарушением климатического баланса и отсутствием должного контроля за загрязнением окружающей среды. В основе сбалансированного устойчивого развития лежит переход от неограниченного производства и потребления, обеспечивающих экстенсивный рост, к стратегии качественного роста, достигаемого за счет замкнутого цикла производства, то есть многократного использования возобновляемых ресурсов [Hicks, 1939; Дудин, Соколова, Медведев, 2023].

Глобализация. Современный этап мирового развития находится на пути к многовекторному миру – «на смену отжившему однополярному устройству мировой экономики должна прийти система, основанная на взаимодействии нескольких крупных центров»¹. Данный тезис является определяющим трендом мирового политического и социально-экономического развития. Дополнительным подтверждением является то, что к настоящему моменту времени многие страны мира создают или уже создали собственные инструменты обеспечения и поддержки национального экономического и технологического суверенитета (платежные системы, логистические маршруты и транспортные коридоры международной торговли, системы безопасности и др.), что в целом открывает широкие возможности в части формирования определенного множества альтернативных открытых сценариев развития стран, регионов и территорий. При этом необходимо понимать, что главным ресурсом является «человек, его жизнь и здоровье, достоинство, права и свободы – обуславливают то, что человеческое измерение развития становится главным в системах глобальной экономики на всех ее уровнях, в региональных и национальных подсистемах. Защита прав и свобод человека представляет собой подлинное содержание обеспечения глобальной, региональной, национальной и иных локальных видов и разновидностей безопасности» [Гринберг, 2018, с. 43].

Цифровая трансформация. Использование цифровых технологий дает максимальный эффект только в случае их масштабного внедрения на всем протяжении жизненного цикла производства и создания так называемых цифровых экосистем. Таким образом меняется структура экономики, производственные и общественные отношения, требования к квалификации персонала [Lechowski, Krzywdzinski, 2022]. Осознавая объективный и неотвратимый характер подобных кардинальных изменений, необходимо, несмотря на системные кризисные проявления, «ухватить» новые технологические достижения, сформировать на их основе «catch up strategy»² и реализовать на практике имеющийся потенциал. Для России этот стратегический вектор развития формирует новые вызовы [Квинт, Бабкин., Шкарупета, 2022].

Демография. Серьезные последствия для дальнейшего развития общества и экономики могут быть спровоцированы изменением структуры населения. В частности, это снижение активной части трудоспособного населения в экономически развитых странах и увеличение на нее нагрузки в виде содержания увеличивающейся доли людей пенсионного возраста. Восстановление и пополнение трудовых ресурсов за счет стран третьего мира представляет собой значительную проблему по причине отсутствия у подавляющего большинства мигрантов нужной квалификации и стимулов к их получению. В такой ситуации поддержка экономического роста может быть реализована за счет системных мероприятий по увеличению продолжительности и качества жизни граждан, гарантированных государственных инвестиций в образование, здравоохранение и культуру, увеличивающих потенциал человеческого капитала³ национальной экономики [Schultz, 1971; Friedman, 2008].

Проведя анализ рассмотренных трендов, можно отметить, что движущей силой развития является концентрация ресурсов, при которой ускоряется жизненный цикл производства, драйвером которого выступает накопление, анализ и обмен информацией в реальном режиме времени. Развитие экономики происходит в ускоренном темпе, сбалансированно и в ресурсосберегающем формате [Киселева, Бавина, Каратунов, 2016.].

¹ Премьер-министр РФ В.В. Путин открыл экономический форум в Давосе. URL: https://www.1tv.ru/news/2009-02-01/175376-premier_ministr_rf_vladimir_putin_otkryl_ekonomicheskii_forum_v_davose (дата обращения: 23.05.2024)

² "Catch up strategy" – «хватающая стратегия, то есть вы ухватываете новые достижения и на их основе строите стратегию опережающего развития. Альтернативный перевод «catch up» – догонять, к стратегии не имеет никакого отношения». Академик В.Л. Квинт – URL: <https://kemsu.ru/news/5895-akademik-ran-vladimir-lvovich-kvint-o-rol-i-strategii-dlya-gosudarstva-i-cheloveka/> (дата обращения: 25.05.2024)

³ Человеческий капитал – совокупность знаний, умений, навыков, используемых для удовлетворения многообразных потребностей человека и общества.

При этом важно, что для соответствующих методов математического моделирования динамики экономического развития существуют естественные исходные условия эффективной применимости с точки зрения временных масштабов и содержательных целей прогнозирования, а именно – ориентация на построение долгосрочных стратегических прогнозов [Krugman, Venables, 1996; Акаев, 2022].

Результаты и их обсуждение

В рамках стратегирования опережающего развития динамически стабильных социально-экономических систем, таких как промышленные кластеры или субъекты Российской Федерации, наиболее актуальным представляется решение прикладных задач, связанных преимущественно с краткосрочным прогнозированием изменений в установленных на уровне системы многоцелевых и разномасштабных индикаторах функционирования базовых экономических процессов, а также с оценкой потенциальных возможностей для оперативного управления этими изменениями. Достижение высокого качества управления должно быть обеспечено за счёт использования инструментария количественного моделирования динамики взаимосвязанных системных процессов.

В то же время следует учитывать, что реальные потенциальные сценарии ресурсного управления для субъектов Российской Федерации достаточно ограничены, поскольку соответствующие возможности регионов практически сводятся к следующим трем основным источникам.

1. Бюджетное финансирование, которое обеспечивает прямое управление региональными государственными расходами, ограниченными только перечнем установленных законодательно укрупненным статьям регионального бюджета и, естественно, общим объемом его расходной части.

2. «Внешние» и «внутренние» инвестиции в региональную экономику, которые, по сути, должны обеспечиваться исключительно коммерческими структурами (включая прямые заимствования региональной власти из кредитно-финансового сектора). В этом контексте предполагается, что этот источник ресурсов также должен быть относительно управляемым региональной властью, но управляемым косвенно, за счет определенных возможностей регулирования местной налоговой и/или тарифной политики.

3. Федеральные программы и проекты. Это также, по сути, инвестиционный источник региональных ресурсов. Однако с точки зрения долгосрочного и устойчивого объекта управления на региональном уровне этот источник следует рассматривать как чисто формальный. На самом деле подобная информация должна просто учитываться при анализе бюджетных ресурсов для конкретных регионов и периодов времени в контексте фиксации потенциальных выборочных эффектов (не систематических «выбросов» в привлекаемой статистике) при анализе исходных данных для количественной оценки характеристик динамики анализируемых процессов региональной системы.

Применительно к динамически стабильным социально-экономическим системам количественные прогнозы могут основываться на разных подходах, однако в большинстве вариантов предпочтительно использовать данные измерений целевых социально-экономических и/или производственных показателей за прошедшие периоды времени (далее – ретро-данные). В свою очередь, с точки зрения методов прогнозирования с использованием ретро-данных можно выделить три основных методических типа, в частности:

– экспертно-эмпирический анализ ретро-данных, включая обзорный анализ имеющихся «внешних» результатов моделирования, с целью выделения феноменологического (качественно обоснованного) влияния управляющих показателей на установленные целевые ориентиры;

– количественный анализ статистических данных прошлых периодов с целью выявления объективных трендов их изменения и формирование на этой основе прогнозной

динамики установленных целевых индикаторов (ориентиров) при помощи формализма решений статистических задач типа «анализ динамических рядов»¹;

– количественный анализ ретро-данных как исходных «условно пространственных выборок» (от англ. – «cross-section data») с целью выделения совокупностей социально-экономических или производственных» показателей, управляемых на уровне объекта моделирования (то есть управляющих факторов), и целевых индикаторов, зависящих от различных сценариев управления факторами. Методически поиск статистически значимых условно стационарных зависимостей индикаторов от управляемых факторов, как правило, сводится к применению набора количественных методов математической статистики, связанных с соответствующим дисперсионно-регрессионным анализом исходных «пространственных выборок» данных.

Таким образом, с учетом назначения эконометрической модели в части общей логики определения класса применимых для ее построения алгоритмов и состава исходных данных можно сформулировать следующие критерии соответствующего выбора:

1. Выбор методов прогнозирования на основе экспериментально устанавливаемых количественных зависимостей индикаторов от управляемых факторов.

2. Исходные данные для факторов (то есть ресурсного обеспечения управления) преимущественно выбираются на основе наличия институциональных возможностей их прямого или косвенного управления на уровне объекта стратегирования при привлечении необходимого объема доступных количественных данных.

3. Выбор актуального состава исходных данных по индикаторам, установленным в рамках оперативных планов стратегического развития объекта, осуществляется исходя из соответствия принятым критериям статистической значимости их зависимостей от применяемых в модели факторов, что, естественно, устанавливается только экспериментально.

4. В соответствии с требованиями п.1, используемые исходные данные для формализации управляемых ресурсных факторов и индикаторов должны быть объективно измеряемыми, а не являться результатами экспертных оценок и/или предварительного эмпирического моделирования.

Существенным моментом и соответствующим необходимым условием для прикладных исследований является то, что все исходные данные для модели должны быть приведены к сопоставимому виду. Это требование относится как к необходимости сопоставимости по масштабам различных регионов Российской Федерации (прежде всего, в плане показателей общей численности населения и занятости), так и по ценовым показателям, относящимся к различным годам используемой исходной статистики [Журавлев, Троценко, Чаадаев 2022].

Сущность заключается в возможности использования более «сфокусированной» количественной характеристики смыслового содержания зависимости целевых показателей от управляющих факторов по аналогии с аргументацией методов «критериев подобия», применяемых во многих прикладных дисциплинах [Кирпичев, 1953]. Подобные методы, помимо возможностей более четкой содержательной интерпретации исследуемых зависимостей, как правило, обеспечивают широкие возможности линеаризации зависимостей индикаторов от соответствующих факторов, что является существенным условием в плане использования в модели наиболее надежных (в частности, в приложении к задачам эконометрики) линейных алгоритмов регрессионного анализа.

Следует отметить еще одну техническую особенность способа формализации применяемых в модели зависимостей индикаторов от управляющих факторов. Как указывалось, существенным условием эффективного использования модели при реализации ее назначений является удобство проведения достаточно большого объема методических исследований с целью установления наличия или отсутствия количественной

¹ Enders W. Applied Econometric Time Series (Wiley Series in Probability and Statistics) 4th Edition, 2014. – 496 p.

(в данном случае – регрессионной) зависимости каждого из рассматриваемых индикаторов от принятых в модели управляющих факторов вида:

$$Y = A + B \cdot X + e, \quad (1)$$

где: e – случайная аддитивная компонента регрессионной модели (1), а $\tilde{e} = \frac{e}{\bar{Y}}$ – ее соответствующее нормированное представление в выражении (2). На основе этой компоненты в модели формализуется весь соответствующий комплекс мешающих (неконтролируемых) факторов; а также определение степени эластичности этой зависимости (в случае ее наличия) по каждому из факторов. Для этого в модели используется простой методологический принцип, а именно – «нормированная» форма уравнения регрессии (1):

$$\tilde{Y} = \tilde{A} + E \cdot \tilde{X} + \tilde{e}, \quad (2)$$

где \tilde{Y} и \tilde{X} – «относительные» индексы, полученные нормировкой на соответствующие средние значения индикатора Y ($\tilde{Y} = \frac{Y}{\bar{Y}}$) и фактора X , ($\tilde{X} = \frac{X}{\bar{X}}$) по выборке ретроспективных исходных данных, используемых при построении регрессии (1), \tilde{A} – пере-нормированный свободный член ($\tilde{A} = \frac{A}{\bar{Y}}$), а E – коэффициент эластичности зависимости (1), $E = \frac{\partial Y}{\partial X} \cdot \frac{\bar{X}}{\bar{Y}} = B \cdot \frac{\bar{X}}{\bar{Y}}$ – один из наиболее наглядных и удобных ее параметров в плане сравнительного анализа уровней чувствительности (в вариационном смысле) конкретного индикатора к вариациям различных факторов.

Иными словами, при кажущейся простоте замены выражения вида (1) на эквивалентный вид (2) такой несложный технический прием позволяет заметно поднять эффективность практического использования программной реализации модели, особенно в части проведения соответствующих исследований при поиске и сравнении искомых зависимостей индикаторов от факторов в рамках заданных массивов их исходной статистики.

Естественно, что данный методический прием применяется лишь при условии наличия соответствующих количественных уровней статистической значимости, силы и тесноты связи и т. п. характеристик исследуемой аппроксимации (1). Оценка этих уровней как в целом, так и по отдельным параметрам осуществляется при помощи стандартного перечня показателей, применяемых для анализа результатов парной линейной регрессии [Cook, 1982].

Выбор горизонта актуальности привлекаемых исходных данных модели является определяющим аспектом, влияющим на достоверность количественных прогнозных оценок, особенно в контексте их использования в задачах разработки соответствующих стратегий развития социально-экономических систем. С другой стороны, это отнюдь не сужает потенциальную область применения представленного количественного подхода к прогнозированию, а лишь указывает на необходимость тщательных количественных исследований различных аспектов, влияющих на его достоверность. Одной из практических составляющих этих исследований и является выбор приемлемого горизонта актуальности исходных данных по отношению к различным индикаторам динамики процессов в анализируемой экономической системе.

Следует заметить, что построение конкретного алгоритма этого выбора и его практическая реализация является одной из относительно трудоемких, но реально решаемых задач подобных исследований [Журавлев, Чаадаев, 2023].

Заключение

По совокупности критериев оценки эффективности различных вариантов метода выбора соответствующей границы горизонта актуальности кратко описанный выше вариант, причем с учетом результатов его практического применения, представляется

приемлемым в контексте предмета исследований настоящей работы. Хотя это не исключает возможность поиска в перспективе потенциально более эффективного метода.

Несмотря на то, что социально-экономические системы объективно предполагают в определенном смысле принципиально различные подходы к количественному описанию их динамики, существуют хорошие методические предпосылки для синхронизации планирования и, в конечном итоге, достижения ключевых целей стратегического развития. Иными словами, указанная синхронизация должна обеспечить достижение нового качества реализации классического цикла управления социально-экономическими системами, а именно: обоснованный прогноз – стратегия развития – оперативный план достижения стратегических целей развития.

Основанием для этих выводов служит достигнутый к настоящему времени высокий уровень проработанности:

- математических аппаратов соответствующего предметного моделирования, пригодных для их эффективного использования;
- принципов и методологий учета влияния на стратегическое планирование развития социально-экономической системы глобальных, крупномасштабных процессов, основанных на актуализированном применении основных положений теории Шумпетера – Кондратьева.

Необходимым условием реализации указанных предпосылок является повсеместное практическое внедрение новых цифровых технологий, основанных на облачных вычислениях, алгоритмах искусственного интеллекта, а также на комплексе прикладных методов анализа больших данных, то есть на развитии ключевых технологических факторов, обеспечивающих ускоренную цифровую трансформацию основных институциональных и экономических составляющих национальной экономики.

Список литературы

- Абалкин Л.И. 2015. Стратегия социально-экономического развития России. Научные труды Вольного экономического общества России, 195(6): 79–93.
- Акаев А.А. 2022. Эпохальные открытия Николая Кондратьева и их место в современной экономической науке. *AlterEconomics*. 19(1): 11–39. DOI: 10.31063/AlterEconomics/2022.19-1.2
- Акаев А.А., Садовничий В.А. 2021. Человеческий фактор как определяющий производительность труда в эпоху цифровой экономики. *Проблемы прогнозирования*, 1: 45–58. DOI: 10.47711/0868-6351-184-45-58
- Акаев А.А., Садовничий В.А. 2023. Математические модели для прогнозирования большого цифрового цикла развития мировой экономики (2020–2050 гг.). М., Изд-во Московского университета, 675 с.
- Бодрунов С.Д., Золотарев А.А. 2024. Переход к ноономике, проблемы технологического суверенитета и региональное развитие. *Экономика Северо-Запада: проблемы и перспективы развития*, 1(76): 75–79. DOI: 10.52897/2411-4588-2024-1-75-79.
- Гринберг Р.С. 2018. Некоторые размышления об императивах экономической модернизации в России. *Экономическое возрождение России*, 2(56): С. 41–46.
- Домнина И.Н. 2023. Пространственная организация экономики в условиях структурной адаптации. *Экономика: вчера, сегодня, завтра*, 13(3-1): 413–423. DOI: 10.34670/AR.2023.48.50.099
- Дудин П.О., Соколова Е.В., Медведев С.О. 2023. Содержание и этапы развития концепции устойчивого развития. *Наука и бизнес: пути развития*, 6(144): 128–134.
- Журавлев Д.М. 2018. Информационные технологии как движущая сила экономического развития. *Синергия*, 5: 47–53.
- Журавлев Д.М., Троценко А.Н., Чаадаев В.К. 2022. Методология и инструментарий стратегирования социально-экономического развития региона. *Экономика промышленности*, 15(2): 131–142. DOI: 10.17073/2072-1633-2022-2-131-142
- Журавлев Д.М., Чаадаев В.К. 2023. Стратегирование национальной и экономической безопасности. *Управленческое консультирование*, 4: 16–29. DOI: 10.22394/1726-1139-2023-4-16-29
- Журавлев Д.М., Чаадаев В.К. 2023. Стратегические инструменты роста промышленного сектора

- экономики в условиях шестого большого цикла Кондратьева. Экономика промышленности, 6(3): 253–262. DOI: 10.17073/2072-1633-2023-3-253-262
- Квинт В.Л., Бабкин А.В., Шкарупета Е.В. 2022. Стратегирование формирования платформенной операционной модели для повышения уровня цифровой зрелости промышленных систем. Экономика промышленности, 215(3): 249–261. DOI: 10.17073/2072-1633-2022-3-249-261
- Кирпичев М.В. 1953. Теория подобия. М., Изд-во Акад. наук СССР, 96 с.
- Киселева Н.Н., Бавина К.В., Каратунов А.В. 2016. Методические подходы к исследованию природы агломерационных процессов. Фундаментальные исследования, 12-2: 422–426.
- Некипелов А.Д. 2021. Об экономической стратегии и экономической политике России в современных условиях. Научные труды Вольного экономического общества России, 230(4): 76–89. DOI: 10.38197/2072-2060-2021-230-4-76-89
- Серебренникова А.В. 2020. Пространственная экономика: перспективы развития. Региональная экономика и управление: электронный научный журнал, 4(64): 9.
- Cook R.D. 1982. Weisberg S. Residuals and Influence in Regression. New York: Chapman and Hall, 230 p.
- Friedman M. 2008. Theory of the Consumption Function. Princeton: Princeton University Press, 254 p.
- Hicks J.R. The Foundations of Welfare Economics. The Economic Journal, 49: 696-712.
- Krugman P., Venables A.J. 1996. Integration, Specialization, and Adjustment, European Economic Review, 40: 959–967.
- Lechowski G., Krzywdzinski M. 2022. Emerging positions of German firms in the industrial internet of things: A global technological ecosystem perspective. Global Networks, 30(3): 499–535.
- Schultz T.W. 1971. Investment in Human Capital: The Role of Education and of Research. New York: Free Press, 272 p.
- Schumpeter J.A. 1942. Capitalism, Socialism and Democracy. New York: Harper and Brothers, 381 p.

References

- Abalkin L.I. 2015. Strategy of Russia`s socio-economic development. Scientific Works of the Free Economic Society of Russia, 195(6), 79–93. (in Russian).
- Akaev A.A. 2022. Nikolai Kondratiev`s Epoch-Making Discoveries and their Impact on Contemporary Economic Science. AlterEconomics. 19(1): 11–39. (in Russian). DOI: 10.31063/AlterEconomics/2022.19-1.2
- Akaev A.A., Sadovnichy V.A. 2021. The Human Component as a Determining Factor of Labor Productivity in the Digital Economy. Studies on Russian Economic Development, 1: 45–58. (in Russian). DOI: 10.47711/0868-6351-184-45-58
- Akaev A.A., Sadovnichy V.A. 2023. Matematicheskie modeli dlya prognozirovaniya bol'shogo cifrovogo cikla razvitiya mirovoj ekonomiki (2020-2050 gg.) [Mathematical models for forecasting the large digital cycle of development of the world economy (2020–2050)], Moscow University Publishing House, 675 p.
- Bodrunov S.D., Zolotarev A.A. 2024. Transition to noonomy, problems of technological sovereignty, and regional development. Economy of the North-West: problems and prospects of development, 1(76):75–79. (in Russian) DOI: 10.52897/2411-4588-2024-1-75-79.
- Grinberg R.S. 2018. Ruminations on the imperatives of economic modernization in Russia. Economic Revival of Russia, 2(56): C. 41–46.
- Domnina I.N. 2023. Spatial organization of the economy under conditions structural adaptation. Economics: Yesterday, Today and Tomorrow, 13(3-1): 413–423. (in Russian). DOI: 10.34670/AR.2023.48.50.099
- Dudin P.O., Sokolova E.V., Medvedev S.O. 2023. Contents and stages of development of the concept of sustainable development. Science and Business: Ways of Development, 6(144): 128–134. (in Russian).
- Zhuravlev D.M. 2018. Information technologies as a moving force of economic development. Synergy, 5: 47–53. (in Russian).
- Zhuravlev D.M., Trotsenko A.N., Chaadaev V.K. 2022. Methodology and instruments of strategizing of socio-economic development of the region. Russian Journal of Industrial Economics, 15(2): 131–142. DOI: 10.17073/2072-1633-2022-2-131-142
- Zhuravlev D.M., Chaadaev V.K. Strategy of National and Economic Security. Administrative consulting, 4: 16–29. (in Russian). DOI: 10.22394/1726-1139-2023-4-16-29
- Zhuravlev D.M., Chaadaev V.K. 2023. Strategic instruments for the growth of the industrial sector of the

- economy in the conditions of the sixth big Kondratiev cycle. *Russian Journal of Industrial Economics*, 6(3): 253–262. DOI: 10.17073/2072-1633-2023-3-253-262
- Kvint V.L., Babkin A.V., Shkarupeta.E.V. 2022. Strategizing of forming a platform operating model to increase the level of digital maturity of industrial systems. *Russian Journal of Industrial Economics*, 15(3): 249–261. (in Russian). DOI: 10.17073/2072-1633-2022-3-249-261
- Kirpichev M.V. 1953. *Teoriya podobiya [Similarity theory]*, Moscow, Publishing House Acad. Sciences of the USSR, 96 p.
- Kiseleva N.N., Bavina K.V., Karatunov A.V. 2016. Methodological approaches to the research of nature of agglomerative processes, 12-2: 422–426. (in Russian).
- Nekipelov A.D. 2021. On economic strategy and economic policy in Russia under current conditions. *Scientific Works of the Free Economic Society of Russia*, 230(4): 76–89. (in Russian). DOI: 10.38197/2072-2060-2021-230-4-76-89
- Serebrennikova A.V. 2020. The spatial economics: development prospects. *Regional economy and management: electronic scientific journal*, 4(64): 9. (in Russian)
- Cook R.D. 1982. *Weisberg S. Residuals and Influence in Regression*. New York: Chapman and Hall, 230 p.
- Friedman M. 2008. *Theory of the Consumption Function*. Princeton: Princeton University Press, 254 p.
- Hicks J.R. *The Foundations of Welfare Economics*. *The Economic Journal*, 49: 696–712.
- Krugman P., Venables A.J. 1996. Integration, Specialization, and Adjustment, *European Economic Review*, 40: 959–967. Cook R.D. 1982. *Weisberg S. Residuals and Influence in Regression*. New York: Chapman and Hall, 230 p.
- Lechowski G., Krzywdzinski M. 2022. Emerging positions of German firms in the industrial internet of things: A global technological ecosystem perspective. *Global Networks*, 30(3): 499–535.
- Schultz T.W. 1971. *Investment in Human Capital: The Role of Education and of Research*. New York: Free Press, 272 p.
- Schumpeter J.A. 1942. *Capitalism, Socialism and Democracy*. New York: Harper and Brothers, 381 p.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

Поступила в редакцию 15.07.2024

Поступила после рецензирования 30.07.2024

Принята к публикации 31.07.2024

Received July 15, 2024

Revised July 30, 2024

Accepted July 31, 2024

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Чаадаев Виталий Константинович, доктор экономических наук, доцент, член Ученого совета, Научно-исследовательский институт социальных систем при МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

Мельников Вадим Вячеславович, научный сотрудник, Научно-исследовательский институт социальных систем при МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Vitaly K. Chaadaev, Doctor of Economic Sciences, Associate Professor, Member of the Academic Council, Social Systems Research Institute at Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Vadim V. Melnikov, researcher, Social systems research institute at Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia



УДК 332.14
DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-544-553

Пространственные проекции экономического развития регионов Центрального Черноземья

Чистникова И.В.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85
E-mail: chistnikova@bsu.edu.ru

Аннотация. В условиях необходимости развития методологии системного регионального анализа пространственный подход может стать одной из эффективных методологий тестирования результативности и качества территориальной структуры производства и концентрации деятельности в регионах. Цель исследования состоит в представлении пространственных проекций экономического развития территорий Центрально-Черноземного макрорегиона на основе параметров плотности населения, площади сельскохозяйственных угодий, объема произведенной сельскохозяйственной продукции, объема отгруженных товаров собственного производства, выполнения работ и услуг собственными силами и др. Теоретическую основу исследования составили концепции новой экономической географии и пространственного анализа. Методологическая база исследования включает территориальный и географический подходы, метод формализации, анализ статистических данных, расчет коэффициента продуктивности сельского хозяйства. Экономический анализ основных показателей функционирования Центрально-Черноземного макрорегиона позволил признать удовлетворительным уровень пространственной структуры хозяйства входящих в его состав субъектов. Несмотря на разнящиеся модификации региональных социально-экономических систем, их пространственная организация сбалансирована. Белгородский, Воронежский, Курский, Липецкий и Тамбовский регионы в полной мере реализовывали преимущества специализации.

Ключевые слова: пространственная организация, экономическое развитие территорий, пространственный анализ, территориальные системы, система расселения, размещение производительных сил

Для цитирования: Чистникова И.В. 2024. Пространственные проекции экономического развития регионов Центрального Черноземья. Экономика. Информатика, 51(3): 544–553. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-544-553

Spatial Projections of Regional Economic Development of the Central Chernozem Region

Irina V. Chistnikova

Belgorod State National Research University
85 Pobedy St, Belgorod 308015, Russia
E-mail: chistnikova@bsu.edu.ru

Abstract. In the context of the need to develop a methodology for systemic regional analysis, the spatial approach can become an effective methodology for testing the efficiency and quality of the territorial structure of production and concentration of activities in the regions. The purpose of the study is to present spatial projections of economic development of the territories of the Central Black Earth macro-region based on parameters of population density, area of agricultural land, agricultural production volume, volume of locally produced shipped goods, performance of work and services on one's own, etc. The theoretical basis of the study was the concepts of new economic geography and spatial analysis. The methodological basis of the study includes territorial and geographical approaches, a formalization method, analysis of statistical data, and calculation of the agricultural productivity coefficient. An economic analysis

of the main indicators of the functioning of the Central Black Earth macro-region made it possible to recognize the level of spatial structure of the economy of its constituent entities as satisfactory. Despite the varying modifications of regional socio-economic systems, their spatial organization is balanced. Belgorod, Voronezh, Kursk, Lipetsk and Tambov regions fully realized the advantages of specialization.

Keywords: spatial organization, economic development of territories, spatial analysis, territorial systems, settlement system, location of production forces

For citation: Chistnikova I.V. 2024. Spatial Projections of Regional Economic Development of the Central Chernozem Region. Economics. Information technologies, 51(3): 544–553. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-544-553

Введение

В настоящее время в условиях необходимости решения проблемы обеспечения долговременного экономического роста повышается актуальность исследования условий и факторов экономического развития территорий в пространственном ландшафте. В силу повышения значимости региональных детерминант социально-экономические изменения следует отслеживать с учетом пространственного аспекта.

Процесс социально-экономической пространственной организации является объективным, но несомненно требует мониторинга и управления [Антонова, 2022; Суворова, 2021].

Пространственные проекции как отражение взаимосвязи экономических результатов с интенсивностью использования территории, ее привлекательности для бизнеса и жизнедеятельности позволяют не только выявлять тенденции развития регионов, оценивать качество организации и размещения, но и моделировать региональный экономический рост на основе распределения хозяйственной деятельности в пространстве [Ли, Кибиткин, 2020; Растворцева, Снитко, 2020].

Необходимость исследования пространственных факторов и проекций также обусловлена кумулятивной причинностью последующего развития территории на основе сложившихся тенденций экономической деятельности, что позволяет не только оценивать результаты, но и прогнозировать будущие состояния региональных социально-экономических систем.

Пространственные условия и факторы определяют позиции региональных систем, возможности и результативность экономической деятельности, так как объективно существует связь между территориальной организацией и развитием пространства [Лу, 2024].

Современные региональные исследования рассматривают пространственные аспекты не только как особенности локального местоположения территориальных образований, но и с точки зрения продуктивности использования территорий и рациональности пространственной организации национальной экономики [Глезман, 2021]. А пространственные подходы к моделированию экономических процессов становятся одними из самых популярных методов исследования региональных систем.

Пространственный аспект размещения социально-экономических объектов является одним из ключевых сторон регионального развития [Анимица, Анимица, 2010]. При этом недостаточно внимания уделяется исследованию эффективности и оптимальности организации региональных социально-экономических комплексов.

В настоящее время формируется запрос на развитие методологии системного пространственного анализа, учитывающей полный спектр специфики территориальных систем различного уровня, аспекты их взаимодействия и прогнозные оценки [Глезман, Урасова, 2022; Тополева, 2022]. Пространственный подход может стать одной из эффективных методологий тестирования результативности и качества территориальной структуры производства и концентрации деятельности в регионах.

Объекты и методы исследования

Для анализа использованы доступные официальные региональные данные Росстата за 2019–2023 гг. Используются также информационные источники региональных отделений Федеральной службы государственной статистики территориальных образований Центрально-Черноземного макрорегиона.

Объектом исследования выступают пространственная структура и экономическое развитие Центрально-Черноземного макрорегиона и входящих в его состав областей.

Теоретическую основу исследования составили концепции новой экономической географии и пространственного анализа.

Территориальный и географический подходы послужили инструментарием измерения результативности экономической деятельности в конкретных областях.

Системная парадигма применена при представлении макрорегиона как совокупности взаимодействующих субъектов (центров).

Методом оценки эффективности определен уровень отдачи от использования территориальных факторов производства при сложившейся территориальной организации и структуре хозяйствования.

Комплексный междисциплинарный подход позволил сформулировать объективные аналитические суждения о пространственных проекциях экономического развития регионов.

Визуализирована динамика параметров плотности населения, площади сельскохозяйственных угодий, объема произведенной продукции сельского хозяйства, коэффициента продуктивности сельского хозяйства, объема отгруженных товаров собственного производства, выполнении работ и услуг собственными силами территорий Центрально-Черноземного макрорегиона.

Формализация экономических результатов и условий деятельности регионов позволяет оценивать рациональность и продуктивность современных региональных процессов, в том числе размещение производственных сил.

Результаты и их обсуждение

Экономическое и социальное развитие региона является результатом взаимодействия социально-экономических факторов и природных факторов [Антонова, 2011]. Развитие неизбежно проявляется как возникновение социально-экономических объектов, при этом внутри них будет сформирована определенная пространственная организация.

Для отражения экономического и социального развития регионов в первую очередь целесообразно применить показатель плотности населения, который позволяет характеризовать интенсивность системы расселения в регионе и степень заполнения емкости территории. Плотность населения регионов выражает степень обеспеченности территориального комплекса трудовыми ресурсами и потребителями, становясь фактором демографического и экономического развития.

Так как человеческий капитал является пространственным фактором «второй природы», то высокая плотность населения создает эффект масштаба, способствуя сокращению издержек экономической деятельности [Зубаревич, 2024].

Рассмотрим плотность населения территорий Центрально-Черноземного макрорегиона (рис. 1).

Из данных рис. 1 видно, что интенсивность расселения и освоенность территорий в разных областях Центрально-Черноземного макрорегиона неоднородна. В Белгородской, Воронежской, Курской и Тамбовской областях наблюдается снижение плотности населения, что может стать фактором сокращения потенциальных возможностей развития этих территорий.

Следовательно, можно констатировать, что неблагоприятная динамика численности жителей регионов может стать отрицательным фактором их функционирования и в

определенной степени сдерживать экономическое развитие. Однако высокая насыщенность территорий Белгородской, Липецкой и Воронежской областей человеческим капиталом может способствовать возникновению агломерационного эффекта.

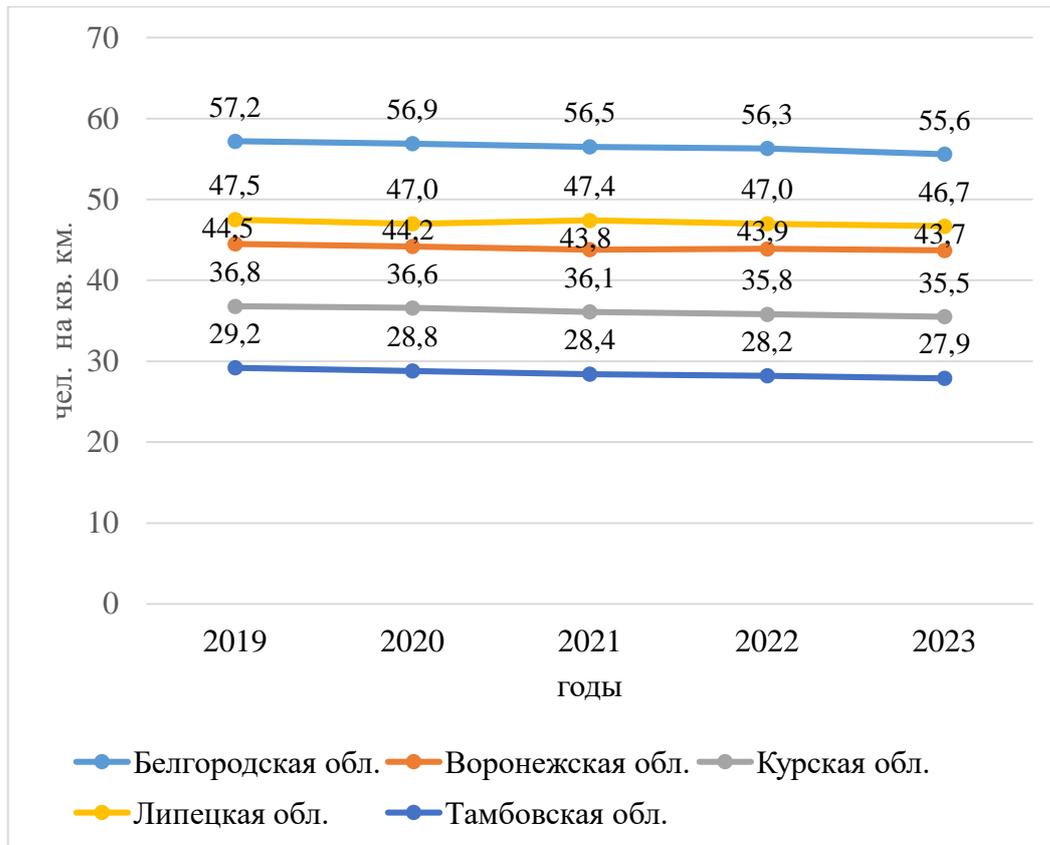


Рис. 1. Плотность населения территорий Центрально-Черноземного макрорегиона, чел./тыс. км²
Fig. 1. Population density of the territories of the Central Black Earth macroregion, people/thousand km²

Составлено автором по данным Росстата

Систему расселения Центрально-Черноземного макрорегиона можно считать устойчивой, более шестидесяти процентов населения его областей являются городскими жителями, в сельской местности осуществляют жизнедеятельность около трети граждан.

Социально-оптимальным исходом для региональных систем является сохранение популяции для обеспечения территориальных экономик факторами производства.

Для характеристики особенностей размещения производственных сил на территории Центрально-Черноземного макрорегиона рассмотрим динамику площади сельскохозяйственных угодий, отражающую уровень вовлеченности пространства в сельскохозяйственную деятельность.

Можно сказать, что особенностью регионального развития в России является повышенная роль факторов «первой природы» [Зубаревич, 2022]. При этом в Центрально-Черноземном макрорегионе сельское хозяйство является одной из отраслей специализации.

Динамика площади сельскохозяйственных угодий субъектов Центрально-Черноземного макрорегиона свидетельствует об отсутствии сжатия экономического пространства, используемого в агропромышленном секторе, примерно равной степени включения территорий в сельскохозяйственную деятельность.

Для оценки результативности использования сельскохозяйственного комплекса и его инфраструктуры рассмотрим динамику объема произведенной продукции сельского хозяйства территорий Центрально-Черноземного макрорегиона (рис. 3).

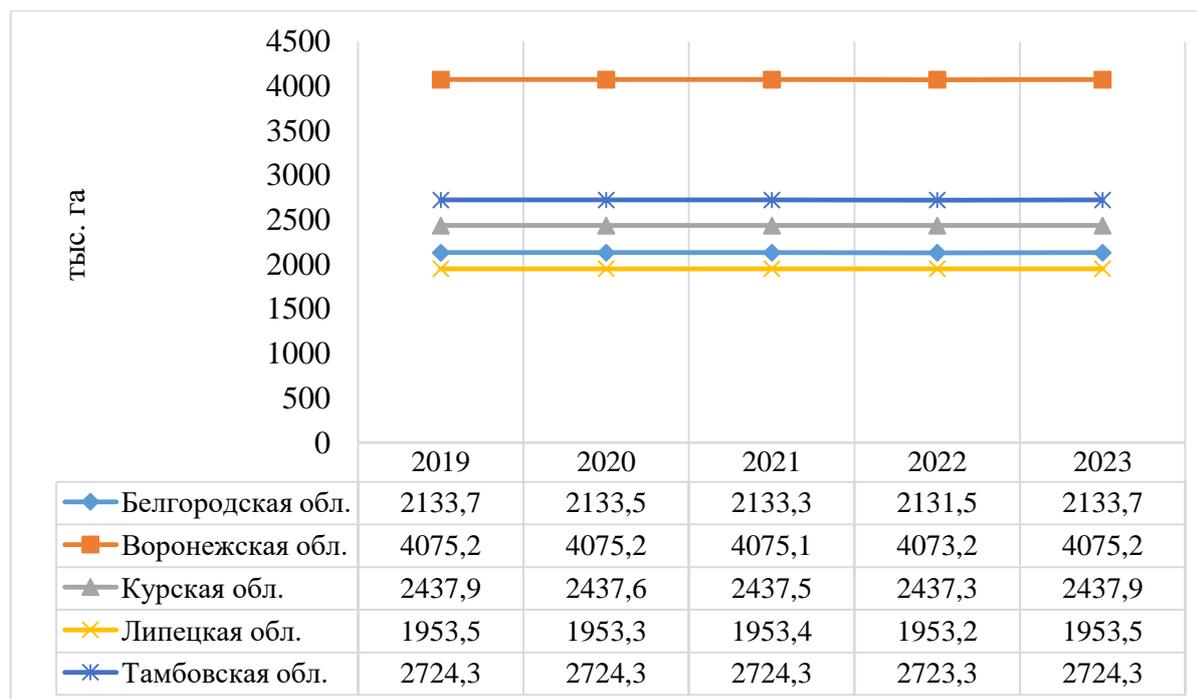


Рис. 2. Площадь сельскохозяйственных угодий территорий Центрально-Черноземного макрорегиона, тыс. га

Fig. 2. Area of agricultural land in the Central Black Earth macroregion, thousand hectares

Составлено автором по данным Росстата

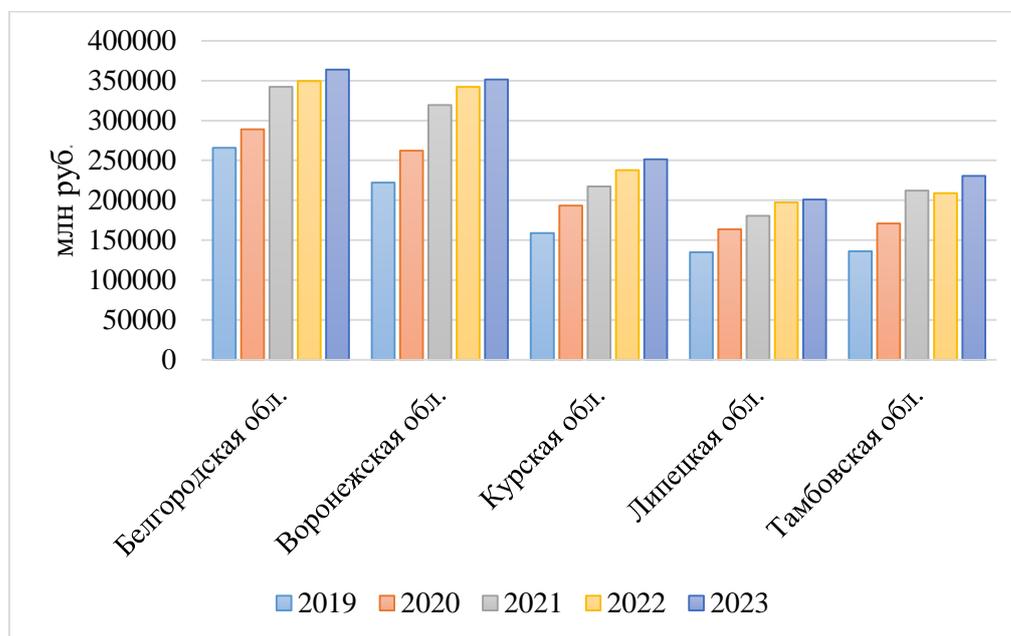


Рис. 3. Объем произведенной продукции сельского хозяйства территорий Центрально-Черноземного макрорегиона, млн руб.

Fig. 3. Volume of agricultural products produced in the territories of the Central Black Earth macroregion, million rubles

Составлено автором по данным Росстата

Ежегодный прирост объема произведенной продукции сельского хозяйства во всех областях Центрально-Черноземного макрорегиона свидетельствует о повышении

эффективности использования земельных ресурсов территории в агропромышленном комплексе. Положительная динамика объема произведенной продукции сельского хозяйства в субъектах Центрально-Черноземного макрорегиона подтверждает пространственную рациональность организации земельных участков и использования сельхозугодий.

Для измерения эффективности агропромышленного сектора предлагаем рассмотреть коэффициент продуктивности сельского хозяйства, рассчитанный как отношение объема произведенной сельскохозяйственной продукции к площади сельхозугодий.

Коэффициент продуктивности сельского хозяйства субъектов Центрально-Черноземного макрорегиона представлен на рис. 4.

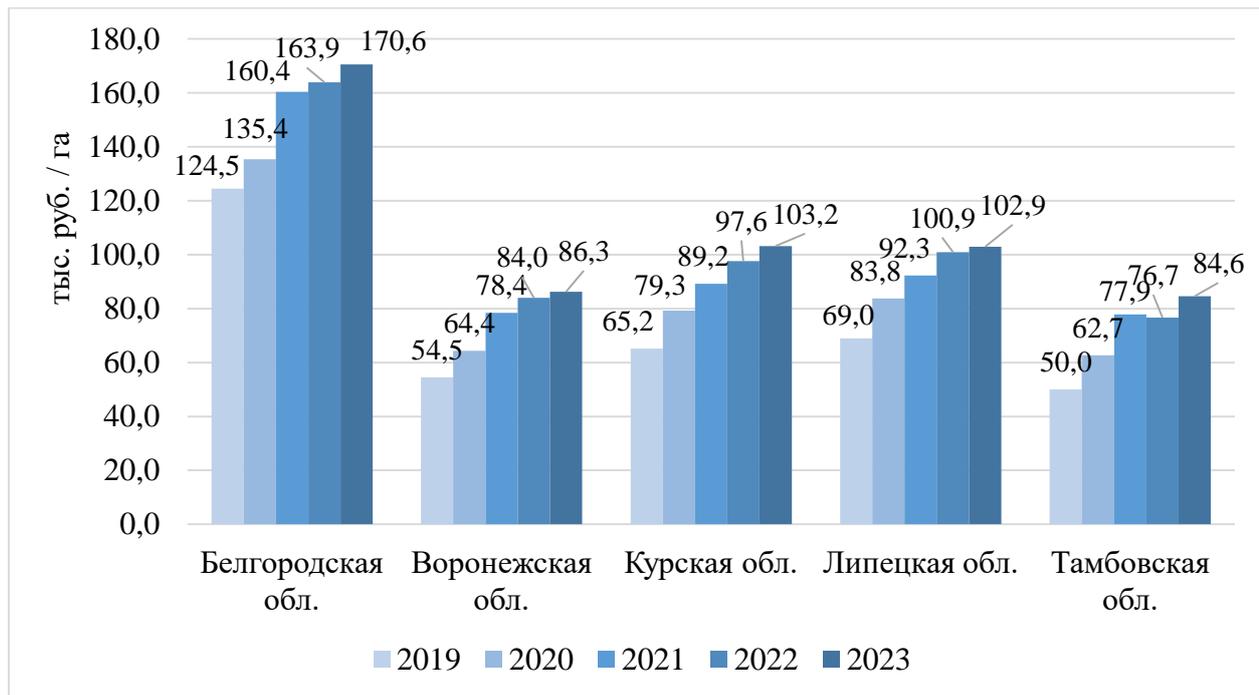


Рис. 4. Коэффициент продуктивности сельского хозяйства территорий Центрально-Черноземного макрорегиона, тыс. руб./га

Fig. 4. Agricultural productivity coefficient of the territories of the Central Black Earth macroregion, thousand rubles/ha

Составлено автором по данным Росстата

Интеграция в коэффициенте продуктивности сельского хозяйства объема выпуска продукции и площади сельскохозяйственных угодий дает возможность моделировать экономическое равновесие агрокомплекса Центрально-Черноземного макрорегиона. Как видно, сельскохозяйственный сектор территорий макрорегиона эффективно функционировал, в том числе за счет повышения продуктивности использования ресурсов.

Пространственная экономическая структура имеет каркас производственного ландшафта и размещенные внутри него компании. Результатом экономической деятельности в регионах являются отгрузка товаров собственного производства, выполнение работ и услуг собственными силами. Рассмотрим их динамику в Центрально-Черноземном макрорегионе (рис. 5).

Увеличение результатов производства положительно характеризует промышленно-хозяйственный сектор Центрально-Черноземного макрорегиона и определяет его как позитивную детерминанту пространственного размещения и организации экономической деятельности на территории. Устойчивый рост объемов производственной деятельности можно считать оптимальным развитием макрорегиона.

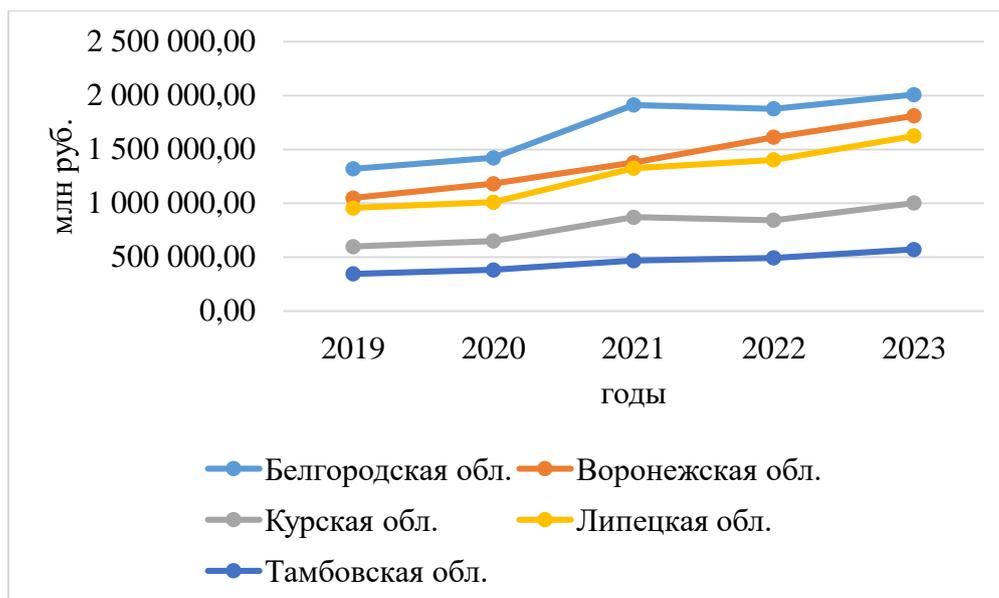


Рис. 5. Отгружено товаров собственного производства, выполнено работ и услуг собственным силами территорий Центрально-Черноземного макрорегиона, млн руб.

Fig. 5. Goods of our own production were shipped, works and services were performed using our own resources of the territory of the Central Black Earth macroregion, million rubles

Составлено автором по данным Росстата

Для более углубленной пространственной проекции развития производственной сферы рассмотрим объемы отгрузки товаров собственного производства, выполнения работ и услуг собственным силами на 1 км² территорий Центрально-Черноземного макрорегиона (рис. 6).

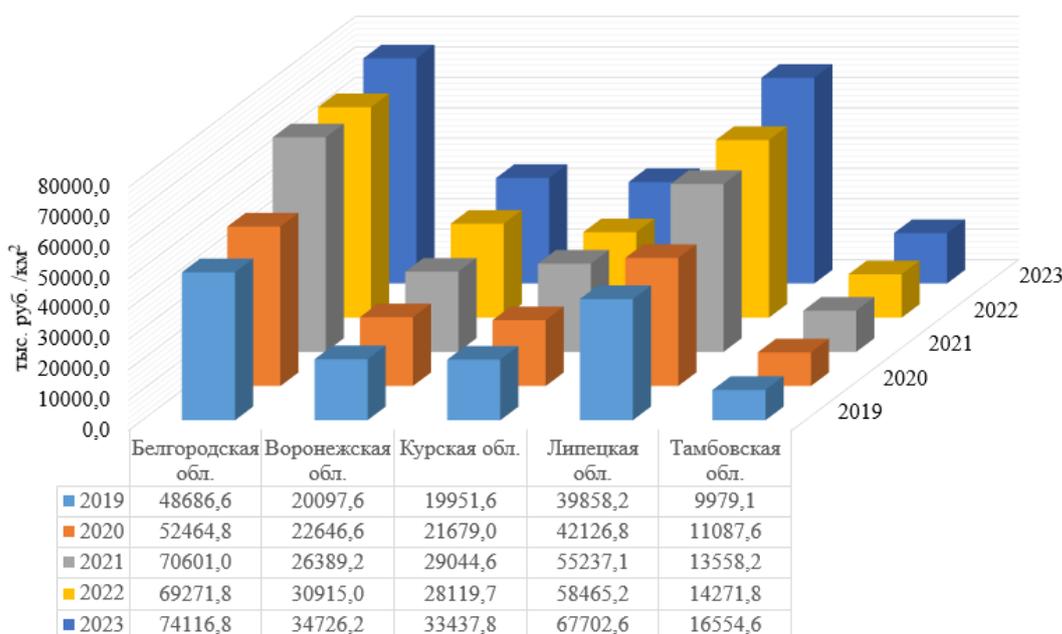


Рис. 6. Отгружено товаров собственного производства, выполнено работ и услуг собственным силами на 1 км² территорий Центрально-Черноземного макрорегиона, тыс. руб./км²

Fig. 6. Goods of own production were shipped, works and services were performed on their own on 1 km² of the territories of the Central Chernozem macro-region, thousand rubles/km²

Составлено автором по данным Росстата

В условиях сложной внешнеполитической обстановки уровень концентрации производства в областях ЦЧМ не снижался, что свидетельствует о заделе прочности региональных производственно-хозяйственных комплексов и гибкости в приспособлении к изменяющейся конъюнктуре. Приращение объемов отгрузки товаров собственного производства и выполненных работ и услуг собственными силами на км² территорий демонстрирует сдвиги в пространственном и технологическом развитии Центрально-Черноземного макрорегиона за счет инициативности предпринимателей, улучшения производственной политики.

Экономические процессы в Центрально-Черноземном макрорегионе становятся действенным механизмом его развития.

Экономическое пространство хозяйствования территорий Центрально-Черноземного макрорегиона планомерно развивалось, что подтверждается приростом выпуска продукции, товаров, работ и услуг в территориальных комплексах.

Производительные силы макрорегиона характеризуются инерционностью размещения, его субъекты имеют значительный конкурентный потенциал.

Пространственная организация экономической деятельности в субъектах Центрально-Черноземного макрорегиона достаточно оптимальна, региональная дифференциация имеет объективные географические причины.

Заключение

В настоящее время значительное количество исследований посвящено изучению взаимосвязи между различными типами пространственных структур и экономическим развитием для целей поиска моделей оптимальной организации региона.

В условиях необходимости сглаживания региональных диспропорций территориальный и географический подходы являются наиболее результативными при оценке закономерностей и перспектив экономического развития.

Можно сделать вывод, что развивающаяся деятельность Центрально-Черноземного макрорегиона концентрировалась во всех его областях как нескольких центрах или осях. В 2019–2023 гг. экономическое развитие субъектов ЦЧМ, имеющих примерно равные географические масштабы, было территориально равномерным. Несмотря на разнящиеся модификации региональных социально-экономических систем, их пространственная организация сбалансирована. Белгородский, Воронежский, Курский, Липецкий и Тамбовский регионы в полной мере реализовывали преимущества специализации.

Экономический анализ основных показателей функционирования Центрально-Черноземного макрорегиона позволяет признать удовлетворительным уровень пространственной структуры хозяйства входящих в его состав субъектов. В едином пространстве макрорегиона выявлено связанное экономическое разнообразие.

Прогнозируя возможные будущие состояния экономики Центрально-Черноземного макрорегиона, признаем невысокую вероятность депрессивного сценария, хотя депопуляция в территориальных образованиях дестабилизирует вектор роста и снижает шансы на экономико-технологический прорыв.

Список литературы

- Анимица Е.Г., Анимица П.Е. 2010. Пространственная проекция инновационной экономики. Журнал экономической теории, 4: 102–107.
- Антонова М.В. 2022. Влияние демографических факторов на финансово-экономические результаты региона (на примере Белгородской области). Экономика. Информатика, 49(3): 445–455. DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-3-445-455
- Антонова М.В., Наумов С.А. 2021. Экосистема как новая форма пространственной организации экономики. Пространственное развитие территорий: Сборник научных трудов IV Международной научно-практической конференции. Под общей редакцией Е.А. Стрябковой, А.М. Кулик. Белгород, 106–110.

- Глезман Л.В., Урасова А.А. 2022. Значимые пространственно-отраслевые факторы экономического развития региона в условиях цифровизации. Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика, 1: 31–42. DOI: 10.24143/2073-5537-2022-1-31-42
- Глезман Л.В. 2021. Приоритеты пространственно-отраслевого развития регионов в условиях цифровизации экономики. Вопросы инновационной экономики, 11 (2): 581–596. DOI: 10.18334/vinec.11.2.111961
- Зубаревич Н.В. 2024. Регионы России в конце 2023 г.: удалось ли преодолеть кризисный спад? Вопросы теоретической экономики, 1: 34–47. DOI: 10.52342/2587-7666VTE_2024_1_34_47
- Зубаревич Н.В. 2022. Регионы России в новых экономических условиях. Журнал Новой экономической ассоциации, 3 (55): 226–234. DOI: 10.31737/2221-2264-2022-55-3-15
- Ли Н.О., Кибиткин А.И. 2020. О пространственном развитии экономики регионов России. Вопросы инновационной экономики, 2: 747–756.
- Растворцева С.Н., Снитко Л.Т. 2020. Региональная специализация и агломерационные эффекты в экономике России. Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз, 13 (3): 46–58. DOI: 10.15838/esc.2020.3.69.4
- Суворова А.В. 2021. Особенности управления пространственным развитием экономики регионов в современных российских условиях. Фундаментальные исследования, 9: 53–58. DOI: 10.17513/fr.43093
- Тополева Т.Н. 2022. Генезис концептуальных подходов пространственной экономики: основополагающие теории, новые направления и перспективы исследований. Вестник российского экономического университета имени Г.В. Плеханова, 4 (124): 94–130. DOI: <http://dx.doi.org/10.21686/2413-2829-2022-4-94-130>
- Lu D. 2024. Regional development and its spatial structure. Springer: 350. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-981-99-7683-6>

References

- Animitsa E.G., Animitsa P.E. 2010. Spatial projection of innovative economics. Journal of Economic Theory, 4: 102–107. (in Russian)
- Antonova M.V. 2022. The Influence of Demographic Factors on the Financial and Economic Results of the Region (on the Example of the Belgorod Region). Economics. Information technologies, 49(3): 445–455 (in Russian). DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-3-445-455
- Antonova M.V., Naumov S.A. 2021. Ecosystem as a new form of spatial organization of the economy. Spatial development of territories: Collection of scientific papers of the IV International Scientific and Practical Conference. Under the general editorship of E.A. Stryabkova, A.M. Sandpiper. Belgorod, 106–110. (in Russian)
- Glezman L.V., Urasova A.A. 2022. Significant spatial and sectoral factors of economic development of the region in the conditions of digitalization. Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Series: Economics, 1: 31–42. (in Russian) DOI: 10.24143/2073-5537-2022-1-31-42
- Glezman L.V. 2021. Priorities of spatial and sectoral development of regions in the context of digitalization of the economy. Issues of innovative economics, 11 (2): 581–596. (in Russian) DOI: 10.18334/vinec.11.2.111961
- Zubarevich N. 2024. Regions of Russia at the end of 2023: have they managed to overcome the crisis recession? Voprosy teoreticheskoy ekonomiki, 1: 34–47. (in Russian) DOI: 10.52342/2587-7666VTE_2024_1_34_47.
- Zubarevich N.V. 2022. Regions of Russia in new economic conditions. Journal of the New Economic Association, 3 (55): 226–234. (in Russian) DOI: 10.31737/2221-2264-2022-55-3-15
- Li N.O., Kibitkin A.I. 2020. On the spatial economic development of Russian regions. Issues of innovative economics, 2: 747–756. (in Russian)
- Rastvortseva S.N., Snitko L.T. 2020. Regional specialization and agglomeration effects in the Russian economy. Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast, 13 (3): 46–58. (in Russian) DOI: 10.15838/esc.2020.3.69.4
- Suvorova A.V. 2021. Features of managing the spatial development of regional economies in modern Russian conditions. Fundamental Research, 9: 53–58. (in Russian) DOI: 10.17513/fr.43093
- Topoleva T.N. 2022. Genesis of conceptual approaches to spatial economics: fundamental theories, new directions and prospects for research. Bulletin of the Russian Economic University named after G.V. Plekhanov, 4 (124): 94–130. (in Russian) DOI: <http://dx.doi.org/10.21686/2413-2829-2022-4-94-130>



Lu D. 2024. Regional development and its spatial structure. Springer: 350. DOI <https://doi.org/10.1007/978-981-99-7683-6>

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

Поступила в редакцию 20.07.2024

Received July 20, 2024

Поступила после рецензирования 09.08.2024

Revised August 09, 2024

Принята к публикации 12.08.2024

Accepted August 12, 2024

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Чистникова Ирина Вячеславовна, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры прикладной экономики и экономической безопасности, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Irina V. Chistnikova, PhD in Economics, Associate Professor; Associate Professor of the Department of Applied Economics and Economic Security, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

ИНВЕСТИЦИИ И ИННОВАЦИИ INVESTMENT AND INNOVATIONS

УДК 338.49

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-554-569

Технологический брокеридж в регионах: современное состояние и перспективы

¹Иванова О.П., ²Тумин В.М., ¹Трифонов В.А.

¹Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого
Россия, 173003, г. Великий Новгород, ул. Большая Санкт-Петербургская, д. 41

²Московский политехнический университет
Россия, 107023, г. Москва, ул. Большая Семеновская, 38
E-mail: prof-ivanova@mail.ru, vm@tumin.net, tva@novsu.ru

Аннотация. Статья посвящена актуальному вопросу решения задачи технологического развития в регионах РФ. При этом анализ показывает, что развитие рынка технологического брокериджа в регионах РФ находится в стадии становления, крайне мало теоретико-методологических разработок, посвященных вопросам технологического посредничества в целях ускорения технологического развития страны и отдельных регионов. Целью данного исследования является выявление потребности в создании и развитии в регионах технологических брокеров, обеспечивающих осуществление инжиниринга, трансфера технологий и интеллектуальных прав, а также разработка перспективной модели портфеля услуг регионального технологического брокера. Для изучения проблемы был проведен опрос, в котором приняли участие 55 предприятий Новгородской области. В результате исследования обоснована необходимость создания в регионах технологических брокеров, осуществляющих специализированный вид деятельности, использующий знания и способности выстраивать высокоэффективные коммуникации в сфере науки, инжиниринга, производства и коммерциализации инновационных разработок для решения проблем технологического развития предприятий и роста плотности инноваций. Выделены ключевые черты технологического брокера, сформирована перспективная модель его портфеля услуг. Полученные результаты вносят вклад в развитие концепции открытых инноваций для ускорения темпов обновления технологий в промышленном производстве регионов.

Ключевые слова: технологическое развитие региона, технологический брокеридж, инновации, регион, инновационная инфраструктура, скаутинг

Для цитирования: Иванова О.П., Тумин В.М., Трифонов В.А. 2024. Технологический брокеридж в регионах: современное состояние и перспективы. Экономика. Информатика, 51(3): 554–569. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-554-569

Technological Brokerage in the Regions: Current State and Prospects

¹Olga P. Ivanova, ²Valery M. Tumin, ¹Vladimir A. Trifonov

¹Yaroslav the Wise Novgorod State University
41 Bolshaya Sankt-Peterburgskaya St, Veliky Novgorod 173003, Russia

²Moscow Polytechnic University
38 Bolshaya Semenovskaya St, Moscow 107023, Russia
E-mail: prof-ivanova@mail.ru, vm@tumin.net, tva@novsu.ru

Abstract. The article is devoted to the topical issue of solving the problem of technological development in the regions of the Russian Federation. At the same time, the analysis shows that the development of the technological brokerage market in the regions of the Russian Federation is in its infancy, there are very few

theoretical and methodological developments devoted to issues of technological mediation in order to accelerate the technological development of the country and individual regions. The purpose of this study is to identify the need for the creation and development of technological brokers in the regions that provide engineering, technology transfer and intellectual property rights, as well as the development of a promising model of the regional technology broker's service portfolio. To study the problem, a survey was conducted involving 55 enterprises of the Novgorod region. As a result of the study, we have substantiated the need for the creation of technology brokers in the regions that carry out a specialized type of activity using knowledge and abilities to build highly effective communications in the field of science, engineering, production and commercialization of innovative developments to solve the problems of technological development of enterprises and the growth of innovation density. The key features of a technology broker are highlighted, and a promising model of its service portfolio is formed. The obtained results contribute to the development of the concept of open innovations to accelerate the pace of technology renewal in industrial production in the regions.

Keywords: technological development of the region, technological brokerage, innovation, region, innovative infrastructure, scouting

For citation: Ivanova O.P., Tumin V.M., Trifonov V.A. 2024. Technological Brokerage in the Regions: Current State and Prospects. *Economy. Informatics*, 51(3): 554–569. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-554-569

Введение

Технологическое развитие регионов в последние годы стало приоритетной целью, от успешного достижения которой зависят экономический рост и качество жизни населения. Темпы технологических изменений зависят и от государственной политики, и от действий отдельных компаний. Однако не достигнуто увеличение технологического уровня производства в РФ, в том числе из-за несоответствия институциональной системы требованиям инновационного развития. По данным Росстата, удельный вес продукции высокотехнологичных отраслей в 2020 г. составлял 5 % в ВВП страны, в 2022 г. и 2023 г. соответственно 2,2 и 3,5 %. Не происходит модернизация производств, поскольку отсутствуют эффективные механизмы диффузии технологий. Доля компаний, осуществляющих технологические инновации, не превышает 25 %, удельный вес затрат на технологические инновации в общем объеме производства остается низким, снижается численность исследователей по техническим областям науки, доля финансирования науки из средств федерального бюджета на гражданскую науку составляет лишь 2,5 % в 2021 г. (табл. 1).

Таблица 1

Table 1

Показатели инновационного развития компаний РФ (по данным Росстата)
Indicators of innovative development of Russian companies (according to Rosstat)

Показатели	2018	2019	2020	2021
Удельный вес организаций, осуществляющих технологические инновации в отчетном году, в общем числе обследованных организаций по РФ, всего, %	19,8	21,6	23,0	23,0
Число разработанных передовых производственных технологий, новых для внутреннего рынка РФ, всего	1384	1403	1788	1926
Удельный вес инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг по РФ, всего, %	6,5	5,3	5,7	5,0
Инновационные товары, работы, услуги, вновь внедренные или подвергавшиеся значительным технологическим изменениям в течение последних трех лет по РФ, всего, млн руб.	3006564,9	3156022,7	2925556,9	3389581,3

Окончание табл. 1
 End of the table 1

Показатели	2018	2019	2020	2021
Количество организаций, проводивших научные исследования и разработки (НИР), всего по РФ, ед.	3950	4051	4175	4175
Количество организаций, проводивших НИР – организации промышленности, имеющих в составе научно-исследовательские, проектно-конструкторские подразделения по РФ, ед.	419	450	441	446
Количество организаций, проводивших НИР – в предпринимательском секторе по РФ, ед.	1304	1374	1426	1437
Численность персонала, занятого НИР, всего по РФ, чел.	682580	682464	679333	662702
Численность персонала, занятого НИР – по категории «исследователи» по РФ, чел.	347854	348221	346497	340142
Численность исследователей по техническим областям науки по РФ, чел.	214233	213942	208994	199585
Финансирование науки из средств федерального бюджета (ФБ) на гражданскую науку, млн руб.	420472,3	489158,4	549602,2	626574,3
Финансирование науки из средств ФБ на гражданскую науку, млн руб., в том числе на фундаментальные исследования	149550,0	192495,0	203246,8	225152,7
Финансирование науки из средств ФБ на гражданскую науку, млн руб., в том числе на прикладные научные исследования	270922,3	296663,1	346355,4	401421,6
Финансирование науки из средств ФБ на гражданскую науку, в % к расходам ФБ	2,52	2,69	2,41	2,53
Затраты на инновационную деятельность, млн руб.	1472822,3	1954133,3	2134038,4	2379709,8
Удельный вес затрат на технологические инновации в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг, %	2,1	2,1	2,3	2,0

При этом региональный аспект диффузии технологий является одним из ключевых. Так, показатели инновационного развития Новгородской области (табл. 2) свидетельствуют о том, что доля продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей в валовом региональном продукте растет, увеличиваются затраты предприятий на инжиниринг, однако количество разработанных передовых технологий невелико, а число используемых передовых производственных технологий снижается. Такая тенденция требует поиска решений по разработке и реализации мер ускорения технологического развития в регионе.

Таблица 2

Table 2

Показатели инновационного развития Новгородской области (по данным Новгородстата)
 Indicators of innovative development of the Novgorod region (according to Novgorodstat)

Показатели	годы					
	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Доля продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей в валовом региональном продукте, % (в текущих ценах)	26,6	24,8	28,6	29,3	30,1	33,2
Удельный вес инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг, %	3	4	2	1,1	1,9	3
Затраты на инновационную деятельность, млн руб.	2381,2	1414,3	2826,0	1366,5	277,9	2463,1
<i>В том числе по видам деятельности</i>						
исследование и разработка новых продуктов, услуг и методов их производства (передачи), новых производственных процессов	1415,7	640,5	635,0	458,5	310,6	358,0
приобретение машин, оборудования прочих основных средств, связанных с инновационной деятельностью	538,2	690,4	1780,3	811,3	1902,1	1514,8
инжиниринг, включая подготовку технико-экономических обоснований, производственное проектирование и конструкторскую проработку объектов техники и технологий на стадии внедрения инноваций, пробное производство и испытания, монтаж и пуско-наладочные работы	378,7	66,7	385,5	77,8	47,6	521,2
Внутренние текущие затраты на научные исследования и разработки, млн рублей	1479,6	2744,9	1952,3	1749,0	1480,1	1757,1

Окончание табл. 2
 End of the table 2

Показатели	годы					
	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Уровень инновационной активности организаций, %	7,3	8,8/15,3	11,6	9,8	11,4	9,8
Разработанные передовые производственные технологии – всего	33	28	30	31	13	11
Используемые передовые производственные технологии – всего	2092	1983	1927	2134	1729	1741
Число организаций, выполнявших научные исследования и разработки	19	19	19	19	17	14
Численность персонала, занятого научными исследованиями и разработками	1602	1739	1845	1538	1334	1114
В том числе исследователи	781	793	919	793	690	584
Из них имеют ученые степени	66	59	58	40	38	33
Доля исследователей в возрасте до 39 лет в общей численности исследователей, %	54	53	50	53	53	57
Число высокопроизводительных рабочих мест, тыс. ед.	71,6	69,7	73,3	78,1	80,2	76,1
Подача заявок на изобретения	49	48	45	68	46	39
Подача заявок на полезные модели	30	18	18	12	19	24
Коэффициент изобретательской активности (число отечественных патентных заявок на изобретения, поданных в России, в расчете на 10 тыс. чел. населения)	0,80	0,79	0,75	0,94	0,78	

Технологическое развитие в регионах невозможно без активного взаимодействия, научно-технологической коммуникации различных его субъектов (стартапов, академического сектора и реального сектора экономики).

Материалы и методы исследования

Теоретической основой исследования стали научные труды, посвященные вопросам распространения технологий в региональной среде и особенностям их внедрения в разных регионах [Румянцев, 2021], а также концепция открытых инноваций, определяющая преимущества от использования открытой модели разработки и диффузии инноваций в сравнении с закрытой.

Авторами проводились анализ и систематизация предложенных в нормативно-правовых актах и научной и деловой литературе определений технологического брокера, выделение его ключевых черт. При использовании оценок экспертов и аналитиков рынка технологического брокериджа выявлены тенденции и перспективы его становления и развития в регионах РФ.

На основе обобщения теоретико-методологических разработок, изучения сайтов организаций, предоставляющих услуги технологического брокериджа, образовательных услуг в сфере технологического посредничества систематизирован функционал технологических брокеров, выделены предпосылки и препятствия развития таких объектов инновационной инфраструктуры.

Проведена систематизация знаний о деятельности технологических брокеров, решающих научно-технические задачи заказчиков.

Для определения потребности в создании и развитии в регионах института технологических брокеров, обеспечивающих осуществление инжиниринга, трансфера технологий и интеллектуальных прав проведен опрос 55 представителей высокотехнологичных предприятий Новгородской области.

Выбор Новгородской области для исследования обусловлен тем, что данный регион характеризуется высокой долей промышленности в ВРП, основу промышленного производства составляют высокотехнологичные предприятия, осуществляющие производство продукции радиоэлектроники, что является предпосылкой развития региона по инновационной траектории. По числу созданных в регионе передовых производственных технологий Новгородская область занимает 24 позицию. Востребованы новые инструменты поддержки инноваций на каждом этапе развития компаний, в частности, создание технологических брокеров.

Также данное исследование опирается на уже имеющийся у авторов опыт изучения направлений развития инновационной инфраструктуры [Иванова, Тумин, Трифонов, 2023].

Результаты исследования

Концепцией технологического развития РФ до 2030 года [Концепция, 2023] приоритетом технологической политики названо достижение технологического суверенитета путем создания принципиально новых типов субъектов технологического развития, в том числе технологических брокеров.

Профессиональные технологические посредники (брокеры) рассматриваются в Концепции технологического развития как участники инновационно-технологического прогресса, «обеспечивающие развитие сервисов инжиниринга, трансфера технологий и интеллектуальных прав, организации международного взаимодействия» [Концепция, 2023].

Трактование дефиниции «технологический брокер» появилось в научных трудах в конце 1980-х гг.: «технологический брокер призван охватить, с одной стороны, системные сложно структурные, а с другой стороны, разрозненные отрасли промышленности, для того чтобы понять как существующие технологии могут использоваться для создания прорывных инноваций в других нишах рынка» [Hargadon, 1996; Hargadon, 1999; Hargadon, 2003; Hargadon, 2005; Idem, 1997; Idem, 2003], а задачи данного участника инновационной деятельности Эндрю Харгадон определял через совокупность таких функций: сбор перспективных идей, применение методологии управления знаниями к их поддержке, разработка новых способов использования существующих идей, анализ и оценка перспективных концепций.

В работе [Родионова, 2024] технологические посредники рассматриваются как «люди, группы и организации, которые имеют возможность перемещаться между кластерами социальной сети и находить новые технологии, решая проблемы одного кластера на основе ресурсов других кластеров». В статье [Корощупов, 2016] технологический брокер описывается как механизм, способный обеспечить распространение технологий, хранение

информации о них, аудит разработанных и применяемых технологий, приспособление технологий путем системы мер по их оценке, классификации, возможности их рекомбинации технологий, а также распространению и внедрению на действующих предприятиях. При этом важно выявлять перспективные возможности технологий для того, чтобы концентрировать на них ресурсы заинтересованных сторон с целью создания и продвижения на рынки инновационного продукта [Корощупов, 2016]. Родионова О.М. отмечает, что технологические брокеры реализуют функции коммерциализации научных исследований, содействуют обмену предварительными идеями, получению новых результатов в ходе взаимодействия научных и коммерческих организаций [Родионова, 2024]. Технологический брокер описывается как предприниматель, понимающий продаваемый им продукт (наукоемкую технологию), способный диагностировать проблемы, потребности и задачи заказчика, умело использующий экспертные знания, умеющий эффективно управлять изменениями, разрабатывать технологические проекты, удовлетворяющие технологическим ожиданиям, формировать запросы на технологические инновации, продвигать прорывные инновации среди потребителей новых технологий [Кто такие техноброкеры, 2024].

Технологический брокеринг (брокерство, брокеридж) как вид деятельности «может научить фирмы эффективно смещать фокус с традиционных научных коллективов, занимающихся исследованиями и разработками (R&D), которые изобретают совершенно новые продукты, на комбинирование уже существующих инноваций» [Hargadon, 1996; Hargadon, 1999; Hargadon, 2003; Hargadon, 2005; Idem, 1997; Idem, 2003]. При этом Эндрю Харгадон, например, [Hargadon, 1996; Hargadon, 1999; Hargadon, 2003; Hargadon, 2005] связывал его преимущественно со сбором информационной базы о разработанных и разрабатываемых технологиях для решения задач последующей их рекомбинации и коммерциализации [Корощупов, 2016].

Смысл функционирования технологических брокеров заключается в расширении инжиниринговых услуг, увеличении объемов оборота прав на технологии, интеллектуальных прав, расширении кооперации со всеми участниками инновационной деятельности [Родионова, 2024].

Создание и деятельность технологических брокеров – характеристика нелинейной модели инновационного развития [Родионова, 2024]. Практикующие в сфере распространения инноваций специалисты отмечают, что результативность привлечения внешних инноваций возрастет, если российские предприятия будут использовать потенциал и компетенции технологических брокеров, специализирующихся на привлечении внешних исполнителей для решения научно-технических задач развития производства [Каширин и др., 2020]. Согласны с тем, что для решения проблем технологического развития предприятий, увеличения плотности инноваций необходимо развивать специализированный вид деятельности, использующий знания и способности выстраивать высокоэффективные коммуникации в сфере науки, инжиниринга, производства и коммерциализации инновационных разработок.

Анализ и систематизация предложенных в НПА и научной и деловой литературе определений технологического брокера позволили нам выделить его ключевые черты:

- исследовательская и предпринимательская способность диагностировать проблемы предприятий;
- постоянный сбор перспективных идей, инновационных разработок технологических процессов;
- способность рекомбинации различных технологий;
- содействие диффузии и внедрению технологий в действующие производства для роста производительности труда;
- коммерциализация научных исследований;
- компетенции создавать и развивать экспертные сообщества, кооперационные взаимодействия различных участников рынка.

При этом считаем, что развитие технологического брокериджа должно происходить именно в регионах, с учетом отраслевой специализации промышленных и других компаний, а также с учетом обеспеченности полного инновационного цикла различными сервисами и объектами инновационно-технологической инфраструктуры.

Однако развитие рынка технологического брокериджа в регионах РФ еще находится в стадии становления.

Так, в статье [Каширин и др., 2020], опубликованной в 2020 г., отмечается, что «пока этот вид услуг не вызывает у российских компаний серьезного интереса», отмечены единицы актуальных запросов на внешние инновации на российских брокерских площадках (Российская сеть трансфера технологий [Российская сеть..., 2024], Российский центр открытых инноваций [Российский центр..., 2024]). При этом под запросами на внешние инновации авторы понимают «сформулированные научно-технические проблемы и задачи, имеющиеся в организации в данный момент времени, решение которых предлагается внешним исполнителям, обладающим необходимыми компетенциями, в связи с отсутствием таких компетенций в организации» [Каширин и др., 2020]. Такое неактивное использование на практике услуг технологических брокеров российскими предприятиями в период 2020 г. объяснялось низким уровнем востребованности инноваций в российской экономике, ориентацией предприятий на собственные возможности в поиске или разработке технологий, отсутствием опыта работы, кадров и знаний в сфере технологического посредничества даже в условиях появления на рынке организаций, содействующих предприятиям в поиске эффективных внешних научно-технологических решений (Ассоциация брокеров инноваций и технологий [Ассоциация..., 2024], Национальная ассоциация трансфера технологий [Национальная ассоциация..., 2024]) [Каширин и др., 2020].

Что происходит в последние годы в сфере технологического посредничества?

Эксперты рынка считают, что технологические брокеры появляются преимущественно из научной среды [Кто такие техноброкеры..., 2024]. При этом некоторые из аналитиков рынка технологического брокериджа в РФ насчитывают только около двадцати организаций, соответствующих определению «технологический брокер», выделяют также и тех, кто реализует часть функций (например, иногда такую функцию выполняют патентные поверенные) [Кто такие техноброкеры..., 2024]. Хотя предложение технологического брокериджа – услуги по внедрению новых разработок в технологические и бизнес-процессы промышленных партнеров – предлагают Кузбасский технопарк [Технологический брокеридж, 2024], Новосибирская городская Торгово-промышленная палата [Новости..., 2024] и ряд других организаций. На сайте компании «Иннопрактика» [Реализация проектов..., 2024] предлагается помощь в поиске научных разработок или инжиниринговых решений с сопровождением сотрудничества до заключения договора между научно-инжиниринговой компанией и заказчиком, а также поиск заказчика для реализации научных разработок в технологической сфере.

В 2016 году создана Ассоциация брокеров инноваций и технологий [АБИТ, 2024], указывающая своей целью развитие профессионального рынка услуг технологического брокериджа.

Группой компаний «Деловой альянс» [Развиваем рынок..., 2024] в 2015–2016 гг. была открыта Школа технологических брокеров, к концу 2018 г. реализован полный цикл работы с проектами в качестве техноброкеров, с 2019 г. начато взаимодействие с крупными российскими корпорациями в сфере внедрения в их производственные процессы проектов с рынка открытых инноваций.

Есть примеры создания сервисов, реализующих услуги технологического брокериджа. Так, например, Московский инновационный кластер запустил сервис «Технологический брокеридж» по решению проблем технологических проектов для участников кластера [Технологический брокеридж, 2024].

Образовательные услуги в сфере подготовки технологических брокеров осуществляет Университет ИТМО и НИУ ВШЭ [Школа ТехноБрокеров, 2024], НИУ ВШЭ для студентов, планирующих работать в венчурных фондах и институтах развития, предлагает курс «Техноброкер: стартап и инвестиции», некоторые университеты уже готовят бакалавров по профилю «Технологический брокеринг». В 2023 году в Федеральном институте промышленной собственности запущена программа подготовки технологических брокеров в области охраны и коммерциализации интеллектуальной собственности [Годовой отчет, 2023].

Таким образом, организации, предлагающие услуги технологического брокериджа, появляются в разных регионах РФ, университеты в ответ на запрос в профессиональных специалистах предлагают программы подготовки технологических посредников. Однако, как показал анализ теоретико-методологических разработок, посвященных вопросам технологического посредничества в целях ускорения технологического развития страны и отдельных регионов, на сегодняшний день, этого явно недостаточно для развития данной сферы в стране.

Научных исследований вопросов технологического брокериджа в регионах РФ крайне мало. Так, например, в одной из немногочисленных статей, посвященных данной теме [Каширин и др., 2020], предложена систематизация знаний о деятельности технологических брокеров, решающих научно-технические задачи заказчиков, осуществляющих анализ практики работы краудсорсинговых и скаутинговых компаний в данной области. Авторы указывают, что технологический брокеридж в мировой практике активно развивается, создавая фактически новую отрасль в инновационной сфере, формируя новый рынок технологических услуг, возникают и распространяются новые инструменты и услуги брокериджа, а результативность данной деятельности возрастает; развивается и внутренний краудсорсинг предприятий, означающий привлечение работников компаний к решению внутренних проблем до предложения запросов внешним исполнителям. В работе [Москвитина, 2024] сформулированы рекомендации по развитию проектных компетенций для успешной работы технологических брокеров. Предлагаются направления развития основных видов скаутинга технологий (инструмента технологического брокериджа), представлена классификация существующих инструментов, а также проанализированы примеры использования каждого из типов скаутинга [Демо и др., 2023]. Представляет интерес исследование, содержащее предложения по совершенствованию технологического скаутинга [Отчет о НИР..., 2023] на основе систематизации современных подходов и методик скаутинга технологий, анализа мировых практик скаутинга технологий, а также целевую модель скаутинга технологий на основе патентной аналитики. В статье [Herseg, 2006] рассматриваются вопросы финансовой ответственности в отношении внедрения технологий в производство, оценки ценности технологий. В трудах [Rohrbeck, 2006; Rohrbeck, 2007] анализируется практика использования технологического скаутинга для сектора телекоммуникаций.

Следует отметить научные труды, посвященные процессам распространения технологий в региональной среде и особенностям их внедрения в разных регионах [Румянцев, 2021].

В рамках данного исследования интерес представляет концепция открытых инноваций, определяющая преимущества от использования открытой модели разработки и диффузии инноваций в сравнении с закрытой [Gassmann, Enkel, 2004]. Именно концепция открытых инноваций является теоретическим базисом развития технологического брокериджа для ускорения темпов обновления технологий в промышленном производстве.

К задачам внедрения технологического брокериджа специалисты относят создание системы управления запросами на внешние инновации, механизмов взаимодействия с технологическими брокерами, развитие внутреннего краудсорсинга, расширение системы подготовки кадров с компетенциями управления запросами на внешние инновации

[Каширин и др., 2020]. Есть и мнение экспертов, предполагающих различные сценарии развития рынка технологического брокериджа [Кто такие техноброкеры, 2024]: создание технологических брокеров с государственным участием, концентрирующих основные сделки с крупными промышленными заказчиками (как, например, компания «British Technology Group» в Великобритании), или развитие по классическому рыночному сценарию с созреванием инновационно-венчурного рынка и углублением специализации игроков (как, например, в США и Израиле).

В целом в регионах РФ создаются и функционируют разнообразные объекты инновационной инфраструктуры: технопарки, индустриальные парки, промышленные парки, инновационно-технологические центры, бизнес-инкубаторы (акселераторы), центры трансфера (коммерциализации) технологий, разнообразные объекты инновационной инфраструктуры в рамках промышленных и технико-внедренческих особых экономических зон и кластеров (инновационных, промышленных и пр.), объекты, создаваемые в рамках программы господдержки МСП (ЦМИТ, инжиниринговые центры, центры кластерного развития, центры прототипирования, центры стандартизации сертификации и испытаний). Так, начиная с 2018 г. в РФ начали функционировать 14 Центров компетенций НТИ, задачами которых являются не только формирование непрерывного процесса разработки технологий, их внедрение, но и преобразование в рыночные продукты при использовании консорциумов с индустриальными партнерами. Следует отметить, что по состоянию на 2020 г. Центры компетенций содействовали появлению консорциумов, количество участников которых достигло 470, а доходы превысили 3,9 млрд руб. [Чеченкина и др., 2020]. В число задач инновационных научно-технологических центров также входит ускорение внедрения технологий, формирование эффективной системы защиты прав на интеллектуальную собственность, организация научных разработок на территории.

О существующей потребности в создании и развитии в регионах института технологических брокеров, обеспечивающих осуществление инжиниринга, трансфера технологий и интеллектуальных прав свидетельствуют результаты опроса 55 представителей высокотехнологичных предприятий Новгородской области, проведенного авторами в апреле – июне 2024 г. (табл. 3).

Основываясь на анализе результатов проведенного опроса (табл. 3), считаем, что для решения проблем ускорения технологического развития в регионах, обеспечения полного инновационного цикла, развития сервисов для всех этапов развития инновационных компаний необходимо построение на всех этапах жизненного цикла инноваций (от идеи до внедрения) объектов, организаций, ответственных за этап. Поэтому востребовано создание профессиональных организаций, оказывающих услуги технологического брокериджа компаниям, нуждающимся в привлечении внешних научно-технологических решений в свое производство.

В результате анализа публикаций о методологическом инструментарии технологического брокериджа, сайтов организаций, предлагающих такие услуги, анализа результатов детализированного опроса представителей высокотехнологичных компаний Новгородской области об услугах технологического брокериджа сформировали перспективную модель портфеля услуг (видов деятельности) регионального технологического брокера (табл. 4).

Возможными видами деятельности предлагаемого регионального технологического брокера могут быть также импортозамещение технологий и содействие выводу разработанных в научных учреждениях и университетах технологий на международный рынок.

Таблица 3
 Table 3

Результаты опроса представителей высокотехнологичных компаний
 Новгородской области о востребованности услуг технологических брокеров в регионе
 Results of a survey of representatives of high-tech companies in the Novgorod region
 on the demand for technology broker services in the region

Вопрос	Доля, ответивших утвердительно, % от общего числа опрошенных
Нуждается ли Ваше предприятие в поиске новых технологий по заданным параметрам?	67
Осуществляете поиск новых технологий самостоятельно, собственными силами?	45
Эффективна ли работа, проводимая самостоятельно предприятием по поиску технологий?	
Да	23
Нет	77
Известна ли Вам услуга технологического брокериджа (посредничества)?	
Да	28
Нет	72
Использовали ли Вы услуги технологического брокериджа (посредничества)?	
Да	6
Нет	94
Необходимо ли включение услуги технологического брокериджа (посредничества) в портфель услуг существующих объектов инфраструктуры в регионе (ИНТЦ, технопарков и др.)?	
Да	77
Нет	33
Необходимо ли создание в регионе специализированной организации – технологического брокера?	
Да	95
Нет	5

Таблица 4
 Table 4

Виды деятельности технологического брокера в регионе
 Types of activities of a technology broker in the region

Виды деятельности	Инструменты
Скаутинг технологий – (от англ. scout — «разведчик») процедура поиска технологических решений различного уровня готовности [Демо и др., 2023]	Точечный поиск технологий, проектов и заделов по российским отраслевым базам, на основе открытых источников информации (с использованием открытых баз данных технопарков, бизнес-инкубаторов и т. п.). Патентный поиск. Составление карты технологического ландшафта. Совместный с заказчиком отбор наиболее релевантных технологий. Содействие в привлечении дополнительного финансирования из государственных источников.

Виды деятельности	Инструменты
Экспертиза и упаковка проектов	Экспресс-оценка целесообразности дальнейшей работы с проектом/технологией. Расширенная экспертиза проекта – оценка инвестиционной привлекательности результатов проекта с учетом уровня технологической конкурентоспособности потенциального результата проекта, потенциального рынка перспективного продукта, финансовых параметров проекта, качества защиты интеллектуальной собственности (оценка технологического уровня в сравнении с аналогами на российском и мировом рынках, соответствия современным технологическим трендам, анализ качества правовой охраны РИД (в России/за рубежом), формирование и правильности выбора способа охраны, разработка планируемой бизнес-модели, прогноз начала коммерциализации, объемов рынков сбыта продукции, полученной в результате проекта, выявление потенциальных покупателей продукции, анализ возможностей локализации производства продуктов на российских и зарубежных производственных площадках, выявление и анализ барьеров и рисков, финансовый анализ). Разработка презентации и бизнес-ориентированного описания для инвестора/покупателя. Создание финансового плана проекта.
Привлечение финансирования и поиск партнеров	Содействие в привлечении финансирования и софинансирования в инновационные проекты (гранты, частные и венчурные инвестиции), поиск инвесторов / партнеров / потенциальных клиентов.

Заключение

Анализ статистики свидетельствует, что увеличение технологического уровня производства в РФ не достигнуто в том числе из-за несоответствия институциональной системы и инновационной инфраструктуры требованиям инновационного развития. При этом региональный аспект диффузии технологий является одним из ключевых. Систематизация дефиниции «технологический брокер» позволила выделить его ключевые функциональные области, среди которых не только сбор новых идей и разработка других способов использования существующих идей, но и распространение технологий, хранение информации о них, аудит разработанных и применяемых технологий, коммерциализация научных исследований, управление изменениями, продвижение прорывных инноваций среди потребителей новых технологий.

Эффективность использования внешних инноваций возрастет, если российские предприятия будут использовать потенциал и компетенции технологических брокеров, способных привлечь профессиональных внешних исполнителей для решения научно-технических задач развития производства. Для решения задач технологического развития предприятий и роста плотности инноваций в регионах востребованы технологические брокеры как элемент инновационной инфраструктуры.

Однако, в РФ еще не много организаций, соответствующих определению «технологический брокер», необходимо системное развитие профессионального рынка услуг технологического брокериджа и развитие образовательных услуг в сфере подготовки технологических брокеров.

В результате опроса 55 представителей высокотехнологичных предприятий Новгородской области, проведенного авторами в апреле – июне 2024 г., выявлена потребность в создании и развитии в регионах института технологических брокеров.

В результате анализа публикаций о методологическом инструментарии технологического брокериджа, сайтов организаций, предлагающих такие услуги, анализа результатов детализированного опроса представителей высокотехнологичных компаний Новгородской области об услугах технологического брокериджа сформирована перспективная модель портфеля услуг регионального технологического брокера.

Представленная модель портфеля услуг регионального технологического брокера нацелена на рост эффективности производства в регионах, конкурентоспособности продуктов за счет использования нового сырья и наилучших доступных технологий.

Таким образом, создание в регионах такого объекта инновационной инфраструктуры как технологический брокер способно усилить распространение технологий, привлечь в производство новые разработки, решить проблемы промышленных предприятий в технологической модернизации производства.

Список источников

- АБИТ. 2024. URL: <https://abit-russia.com/about> (дата обращения: 27.04.2024).
- Ассоциация брокеров инноваций и технологий. 2024. URL: <https://www.abit-russia.com> (дата обращения: 17.05.2024).
- Годовой отчет Федеральной службы по интеллектуальной собственности за 2023 год. 2023. Под редакцией Ю.С. Зубова, О.П. Неретина. — Москва: ФИПС, 2023. 180 с. URL: <https://rospatent.gov.ru/content/uploadfiles/otchet-2023-ru.pdf> (дата обращения: 10.06.2024).
- Демо В.О., Жуков В.В., Филимонов А.В., Рождественский И.В., Дробин Я.К., Пибалк Д.А. 2023. Применение инструментов скаутинга для повышения конверсии гипотез из первоисточников идей в технологии на испытание. ПРОНЕФТЬ. Профессионально о нефти, 8(1):147–157. URL: <https://doi.org/10.51890/2587-7399-2023-8-1-147-157> (дата обращения: 25.06.2024).
- Концепция технологического развития РФ до 2030 года. 2023. Утверждена Распоряжением Правительства Российской Федерации от 20 мая 2023 г. № 1315-р. URL: <https://rospatent.gov.ru/content/uploadfiles/technological-2023.pdf> (дата обращения: 17.03.2024).
- Кто такие техноброкеры. 2024. URL: <https://intalent.pro/article/kto-takie-tehnobrokery.html> (дата обращения: 10.05.2024).
- Национальная ассоциация трансфера технологий. 2024. URL: <https://www.rusnatt.ru> (дата обращения: 17.06.2024).
- Новости: Новая услуга Новосибирской городской ТПП – технологический брокеридж. 2024. URL: <https://novosibgor.tpprf.ru/ru/news/434564/> (дата обращения: 07.07.2024).
- Отчет о НИР (промежуточный)/ФИПС. 2024. Рук. Суконкин А.В., исполн.: Ена О.В., Батанов Ф.А., Ена В.О., Звягина М.В., Зеленкина Н.В., Комиссаров И.В., Пантелеева А.О., Педорич Т.Е., Поварова Н.А., Сегалов В.К., Шищак Н.М., Царёва Е.Г., Рождественский И.В. М., 222 с. – Библиогр.: 170-174. Рег. № НИОКТР 123032700023-1. Рег. № ИКРБС 224012800003-2. URL: <https://www1.fips.ru/about/deyatelnost/nauchnaya-deyatelnost/ref-resume-nir-5-er-2022.pdf> (дата обращения: 17.06.2024).
- Развиваем рынок техноброкерства. 2024. URL: <https://technobroker.group/> (дата обращения: 17.05.2024).
- Реализация проектов НИОКР, ОПР. Технологический брокеридж. 2024. URL: <https://innopraktika.ru/napravleniya-deyatelnosti/realizaciya-proektov-niokr-opr-tekh-brokeridzh/> (дата обращения: 30.05.2024).
- Российская сеть трансфера технологий. 2024. URL: <https://rtn.ru> (дата обращения: 17.07.2024).
- Российский центр открытых инноваций «Инноскоп» — российский центр открытых инноваций. 2024. URL: <https://innoscope.ru> (дата обращения: 20.06.2024).
- Технологический брокеридж. 2024. URL: <https://i.moscow/technobroker> (дата обращения: 27.02.2024).
- Технологический брокеридж. 2024. URL: <https://technopark42.ru/innovations/tekhnologicheskij-brokeridzh/> (дата обращения: 30.04.2024).
- Школа ТехноБрокеров ИТМО и НИУ ВШЭ НН. ЛЕТО 2024. 2024. URL: <https://technobroker.ru/> (дата обращения: 15.06.2024).

Список литературы

- Иванова О.П., Тумин В.М., Трифонов В.А. 2023. Флагманские инфраструктурные проекты: отбор и влияние на региональную экономику. Экономическое развитие России, 30,12: 123–133.
- Каширин А.И., Каширин П.А., Баранов Е.А., Филимонов А. В. 2020. Технологический брокеридж – механизм решения научно-технических проблем и задач. Инновации, 8 (262): 3–12.
- Корошупов В.О. 2016. Научно-технологический задел, технологический брокер и потенциал конверсии оборонной экономики. Пути к миру и безопасности, 2 (51): 128–140. DOI:10.20542/2307-1494-2016-2-128-140
- Москвитина Е.И. 2024. Управление развитием компетенций новых субъектов технологического развития (на примере профессиональных технологических посредников). Креативная экономика, 18 (7): 1629–1642. DOI: 10.18334/ce.18.7.121389
- Родионова О.М. 2024. Правовое определение и регулирование технологического посредничества в России и за рубежом. Хозяйство и право, 6: 42–53. DOI 10.18572/0134-2398-2024-6-42-53
- Румянцев А.А. 2021. Постиндустриальные технологии в экономике Северо-Запада России. Экономика региона, 17 (1):103–113. DOI: 10.17059/ekon.reg.2021-1-8
- Чеченкина Т.В., Калюжный К.А., Сотникова М.В. 2020. Современная научно-технологическая инфраструктура России. М.: IMG Print, 64 с.
- Gassmann O., Enkel E. 2004. Towards a theory of Open Innovation: Three core process archetypes. Paper presented at the R&D Management Conference, January 2004. URL: https://www.alexandria.unisg.ch/274/1/Gassmann_Enkel.pdf (дата обращения: 27.05.2024).
- Hargadon A. 1999. Group cognition and creativity in organizations. Research on Managing Groups and Teams, 2: 137–155.
- Hargadon A. 2003. Retooling R&D: technology brokering and the pursuit of innovation. Ivey Business Journal. November/December 2003.
- Hargadon A. 2005. Technology brokering and innovation: linking strategy, practice, and people. Strategy & Leadership, 33 (1): 32–36.
- Hargadon A., Sutton R. 1996. Technology brokering and innovation: evidence from a product design firm. Academy of Management Best Paper Proceeding: 229–233.
- Herceg P. M. 2006. Defining Useful Technology Evaluations. MITRE TECHNICAL REPORT. 17 p. URL : <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=72775b2e84bf14271bb02337b5c9bcd90f6252e2> (дата обращения: 21.05.2024).
- Idem. 2003. How Breakthroughs Happen: The Surprising Truth About How Companies Innovate. Cambridge: Harvard Business School Press.
- Idem. 1997. Technology brokering and innovation in a product development firm. Administrative Science Quarterly, December, 42 (4): 716–749.
- Rohrbeck R. 2007. Technology Scouting - a Case Study on the Deutsche Telekom Laboratories. ISPIM-Asia Conference. 14 p.
- Rohrbeck R. 2006. Technology Scouting – Harnessing a Network of Experts for Competitive Advantage. 4th Seminar on project and innovation. 15 p.

References

- Ivanova O.P., Tumin V.M., Trifonov V.A. 2023. Flagmanskie infrastrukturnye proekty: otbor i vlijanie na regional'nuju jekonomiku [Flagship infrastructure projects: selection and impact on the regional economy]. Jekonomicheskoe razvitie Rossii, 30,12: 123–133.
- Kashirin A.I., Kashirin P.A., Baranov E.A., Filimonov A.V. 2020. Tehnologicheskij brokeridzh — mehanizm reshenija nauchno-tehnicheskikh problem i zadach [Technology brokerage is a mechanism for solving scientific and technical problems and tasks]. Innovacii, 8 (262): 3–12.
- Koroshhupov V.O. 2016. Nauchno-tehnologicheskij zadel, tehnologicheskij broker i potencial konversii obronnoj jekonomiki [Scientific and technological groundwork, technology broker and the conversion potential of the defense economy]. Puti k miru i bezopasnosti, 2 (51): 128–140. DOI:10.20542/2307-1494-2016-2-128-140
- Moskvitina E.I. 2024. Upravlenie razvitiem kompetencij novyh subektov tehnologicheskogo razvitija (na primere professional'nyh tehnologicheskikh posrednikov) [Management of the development of competencies of new subjects of technological development (using the example of professional technological intermediaries)]. Kreativnaja jekonomika, 18 (7): 1629–1642. DOI: 10.18334/ce.18.7.121389

- Rodionova O.M. 2024. Pravovoe opredelenie i regulirovanie tehnologicheskogo posrednichestva v Rossii i za rubezhom [Legal definition and regulation of technological mediation in Russia and abroad]. *Hozjajstvo i pravo*, 6: 42–53. DOI 10.18572/0134-2398-2024-6-42-53
- Rumjancev A.A. 2021. Postindustrial'nye tehnologii v jekonomike Severo-Zapada Rossii [Post-industrial technologies in the economy of the North-West of Russia]. *Jekonomika regiona*, 17 (1):103–113. DOI: 10.17059/ekon.reg.2021-1-8
- Chechenkina T.V., Kaljuzhnyj K.A., Sotnikova M.V. 2020. Sovremennaja nauchno-tehnologicheskaja infrastruktura Rossii [Modern scientific and technological infrastructure of Russia]. M.: IMG Print, 64 s.
- Gassmann O., Enkel E. 2004. Towards a theory of Open Innovation: Three core process archetypes. Paper presented at the R&D Management Conference, January 2004. URL: https://www.alexandria.unisg.ch/274/1/Gassmann_Enkel.pdf (data obrashhenija: 27.05.2024).
- Hargadon A. 1999. Group cognition and creativity in organizations. *Research on Managing Groups and Teams*, 2: 137–155.
- Hargadon A. 2003. Retooling R&D: technology brokering and the pursuit of innovation. *Ivey Business Journal*. November/December 2003.
- Hargadon A. 2005. Technology brokering and innovation: linking strategy, practice, and people. *Strategy & Leadership*, 33 (1): 32–36.
- Hargadon A., Sutton R. 1996. Technology brokering and innovation: evidence from a product design firm. *Academy of Management Best Paper Proceeding*: 229–233.
- Herceg P. M. 2006. Defining Useful Technology Evaluations. MITRE TECHNICAL REPORT. 17 p. URL : <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=72775b2e84bf14271bb02337b5c9bcd90f6252e2> (data obrashhenija: 21.05.2024).
- Idem. 2003. *How Breakthroughs Happen: The Surprising Truth About How Companies Innovate*. Cambridge: Harvard Business School Press.
- Idem. 1997. Technology brokering and innovation in a product development firm. *Administrative Science Quarterly*, December, 42 (4): 716–749.
- Rohrbeck R. 2007. Technology Scouting - a Case Study on the Deutsche Telekom Laboratories. *ISPIM-Asia Conference*. 14 p.
- Rohrbeck R. 2006. Technology Scouting – Harnessing a Network of Experts for Competitive Advantage. 4th Seminar on project and innovation. 15 p.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

Поступила в редакцию 05.08.2024

Поступила после рецензирования 15.08.2024

Принята к публикации 19.08.2024

Received August 05, 2024

Revised August 15, 2024

Accepted August 19, 2024

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Иванова Ольга Петровна, доктор экономических наук, профессор, заместитель директора института цифровой экономики, управления и сервиса, заведующий кафедрой цифровой экономики и управления, Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого, г. Великий Новгород, Россия

Тумин Валерий Максимович, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры менеджмента, Московский политехнический университет, г. Москва, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Olga P. Ivanova, Doctor of Economics, Professor, Deputy Director of the Institute of Digital Economy, Management and Service, Head of the Department of Digital Economy and Management of Yaroslav the Wise Novgorod State University, Veliky Novgorod, Russia

Valery M. Tumin, Doctor of Economics, Professor, Professor of the Department of Management of Moscow Polytechnic University, Moscow, Russia



Трифонов Владимир Александрович, кандидат экономических наук, доцент, директор института цифровой экономики, управления и сервиса, доцент кафедры технологий управления, Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого, г. Великий Новгород, Россия

Vladimir A. Trifonov, Candidate of Economics, Associate Professor, Director of the Institute of Digital Economy, Management and Service, Associate Professor of the Department of Management Technologies of Yaroslav the Wise Novgorod State University, Veliky Novgorod, Russia



УДК: 338.001.36

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-570-579

Подход к формированию инструментария выбора индустриальных партнёров для участия в инновационных проектах

Неврединов А.Р.

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

Россия, 105005, г. Москва, ул. 2-я Бауманская, д. 5, стр. 1

E-mail: a.r.nevredinov@gmail.com

Аннотация. Данное исследование фокусируется на вопросах отбора индустриальных партнёров при осуществлении проектов, связанных с инновационным развитием индустрии в рамках государственных программ субсидирования, направленных на налаживание кооперации между создателями инноваций и индустриальными компаниями, а также на удовлетворение запросов отечественных организаций. Актуальность темы исследования связана с необходимостью изучить проблематику данной сферы и определить процессы выбора индустриальных компаний в рамках задачи диверсифицированного развития промышленности. В статье анализируются основные аспекты программ инновационного развития индустрии, выделяются некоторые их проблемы и запросы, в том числе потребность в инструментах отбора надёжных индустриальных партнёров и в каких именно условиях происходят процессы анализа компаний. С этой целью рассматриваются методы анализа устойчивости и рентабельности организаций, существующие интегральные методы оценки и перспективные, создаваемые на основе машинного обучения при анализе больших массивов данных. Рассмотрена суть таких методов, их отличия от классических параметрических методов. Отмечены качества таких систем в рассматриваемых задачах, в частности – повышение точности моделей. Проанализированы перспективы их применения, а также ожидаемые эффекты. На основе результатов анализа литературы получено заключение о применении моделей машинного обучения в задаче отбора индустриальных партнёров.

Ключевые слова: инновации, проект, государственные субсидии, производственный процесс, инновационные проекты, оценка организаций

Для цитирования: Неврединов А.Р. 2024. Подход к формированию инструментария выбора индустриальных партнёров для участия в инновационных проектах. Экономика. Информатика, 51(3): 570–579. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-570-579

Approach to Developing a Toolkit for Selecting Industrial Partners for Participating in Innovation Projects

Alexander R. Nevredinov

Bauman Moscow State Technical University

5 2-nd Baumanskaya St, bld 1, Moscow 51105005, Russia

E-mail: a.r.nevredinov@gmail.com

Abstract. This study focuses on the selection of industrial partners in the implementation of projects related to the innovative development of industry within the framework of government subsidy programs aimed at establishing cooperation between the creators of innovations and industrial companies, as well as meeting the demands of domestic organizations. The relevance of the research topic is related to the need to study the problems of this area and determine the processes for selecting industrial companies within the framework of the task of diversified industrial development. The article analyzes the main aspects of innovative industry development programs, highlights some of their problems and requests, including the need for tools for selecting reliable industrial partners and in what cases the processes of company analysis

occur. For this purpose, methods for analyzing the sustainability and profitability of organizations, existing integral assessment methods and promising ones created on the basis of machine learning in the analysis of large data sets are considered. The essence of such methods and their differences from classical parametric methods are considered. The properties of such systems in the problems under consideration are noted, in particular, increasing the accuracy of models. The prospects for their use, as well as the expected effects, are analyzed. Based on the results of the literature analysis, a conclusion was obtained on the use of machine learning models in the task of selecting industrial partners.

Keywords: innovation, project, government subsidies, production process, innovative projects, assessment of organizations

For citation: Nevredinov A.R. 2024. Approach to Developing a Toolkit for Selecting Industrial Partners for Participating in Innovation Projects. Economics. Information technologies, 51(3): 570–579. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-570-579

Введение

Развитие экономики в целом и индустрии страны в частности является одной из задач государства. При этом важным аспектом этого направления становится развитие государственных систем налаживания кооперации между поставщиками инноваций (научными учреждениями) и индустриальными предприятиями. Подобное взаимодействие государства, научных учреждений и промышленности описывается моделью тройной спирали, в которой первое реализует свои программы по увеличению инновационного потенциала и укрепляется, научные и инженерные учреждения могут реализовать результаты своих разработок, а предприятия увеличивают прибыль и повышают эффективность. Причём постоянное взаимодействие этих трёх агентов процесса инновационного развития обеспечивает процесс взаимного усиления и развития, появляются синергетические эффекты и в некоторой степени происходит самоорганизация [Smitha, Leydesdorff, 2014].

Важным драйвером развития становятся цифровые платформы, которые способствуют формированию системы инструментов и методов мониторинга и управления инновационными процессами. Возможность накопления информации и многократное ускорение процессов коммуникации обеспечивает качественно новый уровень возможностей и снижает роль временных и географических факторов [Одинцова и др., 2019]. Происходит цифровизация бизнес-процессов организаций, формируются цифровые двойники, изменяющие подход к управлению производством [Неврединов, Юсуфова, 2020].

Исследование российского рынка показывает, что в набирающей темпы инновационной деятельности основными направлениями становятся фундаментальные исследования, разработка компьютерного программного обеспечения и исследования, связанные с обрабатываемыми производствами. Более того – значительная часть результатов представлена изобретениями как таковыми, а не полезными моделями и промышленными образцами, то есть вопрос реализации результатов научных и инженерных изысканий является актуальным [Шалаева, 2021]. В данном случае важно отметить, что существующие механизмы управления в значительной мере определяют успешность проведения инновационных проектов в длительной перспективе. В частности, важны аналитические системы, служащие системами поддержки принятия решения, которые помогают в планировании инновационных проектов. Если говорить о функционировании организаций в целом, то можно отметить, что они постоянно сталкиваются с выбором из нескольких вариантов решений. Если на предприятии существует правильная система управления принятием решений, то при возникновении потребности происходит оценка возникшего вопроса, сбор связанных с ним данных, разбор вариантов решений, выбор наилучшего и оценка результатов принятия решения постфактум, чтобы при повторном возникновении схожего вопроса принять более эффективное решение [Гладкова, Гладков, 2010].

Объекты и методы исследования

Анализ альтернатив является ключевым этапом принятия решений, он может занимать много времени и требует объективности. В рамках этого этапа происходит не только обработка имеющейся информации, но и попытка спрогнозировать будущие результаты каждого из определённых альтернативных решений. Процесс анализа может опираться на экспертный метод, как правило подразумевающий использование исключительно опыта руководителя или математические методы анализа и инструменты, применимые в конкретной ситуации. Если стоит вопрос в анализе целесообразности проекта то, например, будет рассчитана потенциальная прибыль или убыток в зависимости от реализации различных сценариев и оценена мера риска, которую организация готова принять. Анализируются сроки его окупаемости и дисконтированные денежные потоки.

Однако и после принятия проекта остаётся много важных частных вопросов, например, выбор партнёров. Прежде чем переходить к конкретным методам, надо осветить положение дел в обозначенной сфере: государство, как один из элементов тройной спирали, выполняет контролирующую и стимулирующую функцию, для этого оно формирует программы развития, которые выражаются в запуске программ поддержки промышленности и науки страны. Так и в России действуют постановления правительства от 09 апреля 2010 № 218 «Об утверждении Правил предоставления субсидий на развитие кооперации российских образовательных организаций высшего образования, государственных научных учреждений и организаций реального сектора экономики в целях реализации комплексных проектов по созданию высокотехнологичных производств» [Постановление Правительства РФ 208, 2010] и постановления правительства от 18 февраля 2022 № 208 «О предоставлении субсидии из федерального бюджета автономной некоммерческой организации «Агентство по технологическому развитию» на поддержку проектов, предусматривающих разработку конструкторской документации на комплектующие изделия, необходимые для отраслей промышленности» [Постановление Правительства РФ 218, 2022].

Эти постановления помогают налаживать взаимодействие науки, являющейся источником инноваций с индустриальными организациями, которые могут реализовать их в виде реальных продуктов. Государство же даёт запросы или выбирает те проекты, реализация которых наиболее важна для развития экономики (в том числе импортозамещения). На рисунке (см. рис. 1) отражена обобщённая схема взаимодействия участников программ развития инновационной промышленности согласно описанным выше постановлениям. Разница состоит в том, что согласно постановлению 218 предполагается подача запроса на получение субсидий в Министерство науки и высшего образования (Минобрнауки), когда научное учреждение имеет некий проект и нашло его исполнителя. Во втором случае (более позднего постановления 208 от 2022 года) действие происходит от обратного: важный для промышленности потребитель через централизованного оператора подаёт запрос, который направляется компетентным участникам, зарегистрировавшимся на платформе через государственную информационную систему промышленности (причём исполнитель и производитель могут быть одним лицом).

В обоих случаях происходит отбор и оценка участников инновационного развития. В первом случае оценку производят научные учреждения при поиске индустриальных партнёров, а после свою оценку заявки на конкурс для получения субсидий проводит комиссия Минобрнауки. Во втором случае Оператор (агентство по технологическому развитию) проводит проверку заявки и следит за деятельностью организаций, включающихся в программу, также потребитель оценивает предложенных Оператором исполнителей проекта. Таким образом, оценка участниками программы друг друга проходит в различных частях процесса обеспечения инновационного развития и существует запрос на формирование инструментария быстрой и надёжной оценки. При этом современный рынок является динамически развивающейся средой, которой

характерны сложные системы взаимодействия и большой объём информации, а высокая динамика процессов требует проводить анализ как можно быстрее, при этом сохраняя высокое качество. Хотя многие компании хранят большие объёмы информации, они не всегда способны извлечь из неё выгоду, так и в целом для современной среды характерен большой объём информации, который не всегда используется [Стародубцев, 2016].

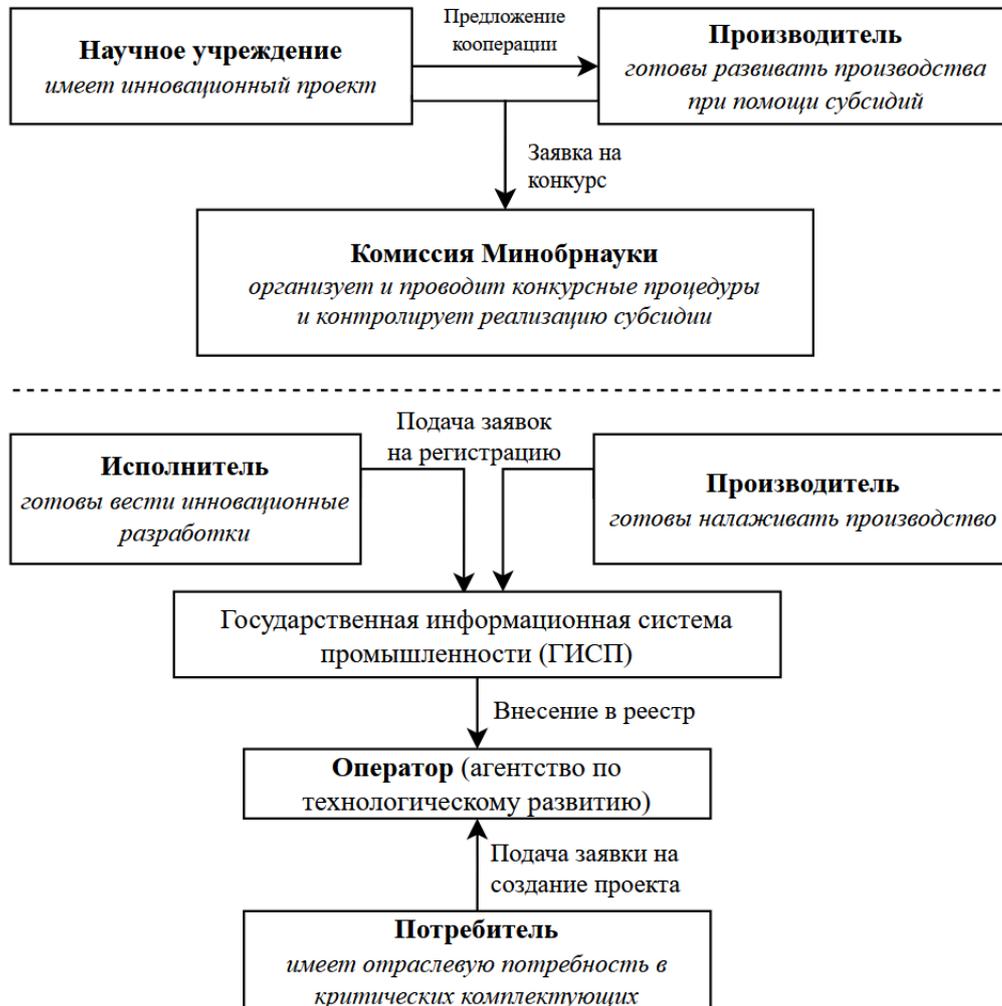


Рис. 1. Налаживание взаимодействия согласно указанным постановлениям правительства
Fig. 1. Establishing interaction in accordance with the government decree

Также необходимо дать определение понятия «индустриального партнёра» – это организация сферы реальной экономики, которая сосредоточена на интеграции различных ресурсов, включая оборудование, рабочую силу, передовые технологии, исходное сырье, необходимые материалы, источники энергии, а также информационные массивы в рамках одного производственного процесса. Результатом деятельности такой организации являются прототипы, серийные промышленные образцы и производственные цепочки, производящие продукт, разработанный научным учреждением [Михайлец и др., 2015].

Результаты и их обсуждение

Таким образом, в практике развития инновационных производств часто возникает проблема выбора индустриальных партнёров. На уровне анализа, предшествующего принятию решения, эта задача представляет собой анализ компаний по ряду признаков для выбора наиболее эффективных, устойчивых и перспективных. Применение исключительно экспертного метода (т. е. на основе мнения одного или нескольких людей, не

подкреплённых фактическими результатами анализа) в описанной ситуации принятия решения о субсидировании дорогих инновационных проектов исключается. В данном случае не рассматривается процесс принятия решения относительно реализации инновации, а относительно субсидирования индустриальной компании.

Основным инструментарием для экспертной комиссии является общий анализ деятельности компании (история, действующие и завершённые проекты) и её финансовое состояние. В последнем случае прежде всего используются классические показатели рентабельности и эффективности деятельности организации или её проектов (если имеется информация о них), к основным для проектов относится NPV (чистый приведённый доход) и PI (индекс рентабельности инвестиций) и показатели прибыли проекта относительно рисков. Показателей работы организации множество: ROS (рентабельность продаж), ROA (рентабельность активов), коэффициенты текущей, абсолютной, и быстрой ликвидности, оборачиваемость активов, коэффициент автономии. Важна выручка организации и чистая прибыль. Данные показатели используются для общего анализа финансового состояния организации, в том числе выявления признаков банкротства [Куличёва, Антонов, 2015]. Даже в случае, если банкротство крупной организации маловероятно, низкие показатели могут свидетельствовать о неэффективной работе, отсутствии гибкости и высоком риске провала проекта или выхода за рамки ожидаемых сроков реализации.

Финансовый анализ на основе таких показателей представляется классическим и довольно надёжным, хотя непосредственно методы оценки являются темой научных дискуссий и изысканий. В основе оценки финансовой устойчивости коммерческой организации всегда стоят именно эти показатели [Куличёва, Антонов, 2015]. Проблемой становится то, что каждый из обозначенных выше показателей сам по себе не может объективно отражать состояние организации, в связи с чем многие исследователи ведут разработку методов приведения набора показателей к неким интегральным оценкам. Наиболее известными являются модель Альтмана, Бивера, Зайцевой, Олсона, Змиевского, при этом продолжают появляться научные работы, предлагающие новые методы и оценивающие существующие, например, через оценку ими ретроспективных данных, содержащих обанкротившиеся организации [Almaskatiet al., 2021; Журова, Шехтман, 2011]. Подобный метод сравнения удобен, поскольку факт банкротства компании объективен, это позволяет также отслеживать, какие факторы влияют в большой степени и искать другие показатели, имеющие значимость в модели и улучшающие её. Также среди методов приведения различных показателей к общей оценке является скоринг (выставление оценок), которые относят объект к одному из классов, обеспечивая разбивку оценок, то есть более подробные результаты. Подход похож на прогнозирование банкротства, но такие модели труднее проверить на достоверность, поскольку получаемые оценки не могут быть получены из объективных ретроспективных данных. Тем не менее они используются в том числе в российских банках [Данилович, Курганская, 2017]. Эти методы объединяет общая черта: фиксированные коэффициенты, установленные экспертом, то есть модели относятся к классу параметрических. Это приводит к весьма ограниченной точности методов, в связи с чем развиваются так называемые непараметрические методы, в рамках которых устанавливаются более сложные структуры зависимостей, и итоговая модель определяется алгоритмическим методом.

Это стало возможным благодаря росту объёма доступных исторических данных и улучшению возможностей обработки информации. В частности, появились и продолжают активно развиваться регрессионные методы и алгоритмы машинного обучения. Развиваются методы Data-Mining («добычи данных») [Дроговоз, Рассомагин, 2017]. Наиболее широко известной группой методов являются регрессии, позволяющие анализировать массив исторических данных из нужной сферы экономики. Их преимуществом является интерпретируемость, а математические инструменты регрессионных моделей позволяют определить их достоверность (через коэффициент детерминации R-квадрат) и статистическую

значимость самих параметров. К недостаткам таких моделей можно отнести то, что они предполагают постоянное влияние на результат, тогда как в реальности влияние может различаться на разных интервалах. Также достижение экстремальных значений (очень низких или очень высоких) может изменять направления влияния показателя на зависимую переменную (в данном контексте – аномальное значение показателя может свидетельствовать о наличии в организации проблемы).

Машинное обучение решает эту проблему, поскольку многие модели позволяют определять более сложные зависимости и оптимальные интервалы переменных с различным влиянием на конечный результат. Эти методы также являются математическими, но для вычисления требуют множество операций и сложные структуры данных для хранения моделей. Машинное обучение является одним из основных направлений науки об искусственном интеллекте, и его инструменты актуальны в задачах анализа экономики в силу способности таких методов описывать сложные модели, более приближенные реальности и возможности работы с нечёткими данными [Дроговоз и др., 2019]. Научные исследования отмечают их эффективность и перспективность в подобных задачах, ведь в сущности нейронные сети являются компьютерной имитацией органических нейронов, выполняющих простейшие задачи. В математическом исполнении они представляют собой простейшие блоки. Поступающие на нейрон сигналы (представляющие собой матрицы значения) перемножаются матрицами коэффициентов и суммируются, после чего результат подаётся в функцию активации, который и определяет выходной сигнал нейрона. При большом масштабе сети могут осуществляться крайне сложные операции, которые, например, могут обеспечить гибкий анализ поступающих данных, в том числе кластеризацию (а как задачи скоринга, так и определения риска банкротства в сущности относятся к этому типу задач). Таким образом, потенциал в обозначенной сфере можно считать высоким [Блажевич и др., 2017; Дроговоз, Коренькова, 2019]. Для нейронных сетей уже найдено множество областей применения, и аналитическая задача, вроде признания банкротства, показывает существенно более высокие показатели точности, нежели любые параметрические методы [Almaskatiet al., 2021].

Возвращаясь к теме работы, в качестве вспомогательного инструмента в рамках процесса выбора индустриального партнёра могут использовать методы машинного обучения. Они обеспечивают высокую скорость анализа, могут находить зависимости, не очевидные для людей, и проводят анализ максимально объективно в силу того, что обучены на исторических данных. Подобный инструментарий сейчас не может заменить деятельность экспертов и комиссий, однако может служить инструментом, которому можно в значительной степени доверять, ускоряя анализ и повышая его надёжность. Кроме того, особенностью машинного обучения является возможность включить в модель данные, значимость которых при составлении моделей экспертным путём применить не получится. К таковым относятся нефинансовая информация, то есть та, которую получают не на основе данных из финансовой отчётности организации. Сейчас довольно часто рассматривается темпа применения различных сложных тематических индексов, извлекаемых из текстовой информации, в частности производится анализ отчётов ESG (Environmental, social, and governance). Различные исследования показывают, что если компания следует рекомендациям управления ESG и публикует эти данные в отчётах, то она может получить различные экономические эффекты, такие как повышение рыночной стоимости акций, устойчивости и привлекательности для клиентов. Из мировой практики следует, что отчёты ESG, отражающие важные аспекты деятельности организации, повышают доверие акционеров и корпоративных клиентов [Díaz et al., 2021; Patel et al., 2021; Кузубов, Евдокимова, 2017].

Извлечение данных в таком случае осуществляется при помощи методов анализа текста (преимущественно на основе тематических словарей, позволяющих определить индексы раскрытия информации). Также в модель могут включаться показатели среды, в том числе также основанные на текстовых данных. Например, индекс EPU (Economic Policy Uncertainty) также является нефинансовым показателем, который отражает уровень неопределённости

экономической политики государства, в которой действует организация. Учёт этого индекса может повысить точность модели, поскольку содержит информацию о внешней среде, которая влияет на деятельность компании и принимаемые управленческие решения [Baker et al., 2016].

Модели регрессии могут учитывать эти показатели, поскольку анализируют их влияние в исторических данных, но поскольку экономика представляет собой очень сложную модель, а влияние таких факторов невелико, то лучше они работают в рамках нелинейных моделей машинного обучения (в том числе – в описанных нейронных сетях).

Применение этих инструментов вместо стандартных параметрических методов может повысить скорость анализа и его точность, снизить вероятность ошибки и требования к экспертам. Выбор индустриального партнёра и утверждение проекта с государственным субсидированием требует высокого качества анализа, поскольку провал инновационного проекта связан с большими потерями и недостижением государственных целей. При этом поддержание инновационной активности является важным фактором для обеспечения экономического подъёма и достижения лидерских позиций в технологическом пространстве [Багдасарян, 2017].

При этом важно уточнить, что целью субсидирования со стороны государства является и развитие малых промышленных предприятий, однако зачастую наблюдается тенденция, при которой крупные проекты направляются крупномасштабным предприятиям, не столь сильно нуждающимся в субсидиях для развития, зато надёжных и имеющих опыт выполнения схожих проектов. Даже если меньшая организация обладает эффективной структурой и хорошими показателями деятельности, у неё значительно меньше шансов получить подобный проект. Обширные финансовые возможности и административные ёмкости крупных компаний действительно делают их надёжными индустриальными исполнителями, хотя загруженность бюрократическими процедурами может замедлить реализацию проекта. При этом важно, что число компаний, включённых в проекты инновационного развития, должно расти, поскольку это делает систему более устойчивой и диверсифицированной. Этого требует в том числе эволюция тройной спирали. Кроме того, сама структура должна развиваться в направлении наращивания компетенций в сфере оформления заявлений для получения субсидий, в том числе должны расширяться гарантийные обязательства и механизмы субсидирования стоимости кредитных ресурсов [Куракова, 2014]. Процессы должны ускоряться, поскольку задержка в исполнении проектов развития отечественной промышленности может повлиять на достижение государственных целей и снижает эффективность использования капиталовложений.

Заключение

В заключении, основой формирования инструментария для отбора индустриальных партнёров и их проверки со стороны комиссии должны стать современные аналитические инструменты на основе алгоритмов машинного обучения. Повышение скорости анализа, точности и объективности обеспечит снижение проектных рисков за счёт отбора надёжных индустриальных партнёров для научных организаций. Это важно в рамках необходимости распределять проекты между меньшими организациями, которые заинтересованы в получении субсидий и успешной их реализации, что благотворно скажется на всех аспектах процесса развития инновационных производств и промышленности в целом.

Кроме того, инструменты машинного обучения позволяют использовать в составе анализируемых данных нефинансовые показатели, в том числе извлечённые из текста. На основе отмеченного высокого потенциала нейронных сетей можно проводить дальнейшие исследования и разработки, связанные с реализацией аналитических инструментов, сосредоточенных на конкретной предметной области и задаче поддержки принятия решений при выборе индустриальных партнёров.

Список источников

Акт правительства Российской Федерации «О предоставлении субсидии из федерального бюджета автономной некоммерческой организации «Агентство по технологическому развитию» на поддержку проектов, предусматривающих разработку конструкторской документации на комплектующие изделия, необходимые для отраслей промышленности» от 18 февраля 2022 № 208 // Собрание законодательства Российской Федерации. 2022 г. № 9. Ст. 1324

Акт правительства Российской Федерации «О мерах государственной поддержки развития кооперации российских образовательных организаций высшего образования, государственных научных учреждений и организаций реального сектора экономики в целях реализации комплексных проектов по созданию высокотехнологичных производств» от 9 апреля 2010 № 218 // Собрание законодательства Российской Федерации. 2010 г. № 16. Ст. 1905

Список литературы

- Багдасарян Н.А. 2017. «Инновационное развитие»: анализ понятия и уточнение определения. Бюллетень науки и практики, 7(20): 93–100.
- Блажевич О.Г., Карачун А.И., Сульманова А.Л. 2017. Сравнительный анализ и применение методов прогнозирования банкротства. Бюллетень науки и практики, 5(18): 161–175.
- Гладкова Ю.В., Гладков В.П. 2010. Этапы принятия управленческих решений. Вестник Пермского государственного технического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления, 4: 39–44.
- Данилович В.Ю., Курганская Г.С. 2017. Скоринговые модели как средство управления кредитными рисками в российских банках. Бизнес–образование в экономике знаний, 1(6): 29–33.
- Дроговоз П.А., Коренькова Д.А. 2019. Современный инструментальный гибкого управления ИТ–проектами и перспективы его совершенствования с использованием технологий искусственного интеллекта. Экономика и предпринимательство, 10: 829–833.
- Дроговоз П.А., Рассомагин А.С. 2017. Обзор современных методов интеллектуального анализа данных и их применение для принятия управленческих решений. Экономика и предпринимательство, 3: 689–693.
- Дроговоз П.А., Шиболденков В.А., Коренькова Д.А. 2019. Подход к созданию гибридной рекомендательной системы для поддержки принятия решений по управлению проектами на основе нейросетевого картирования и когнитивной визуализации показателей освоенного объема. Экономика и предпринимательство, 9: 1212–1217.
- Журова Л.И., Шехтман А.Ю. 2011. Банкротство предприятий: причины и методы прогнозирования. Вестник волжского университета им. В.Н. Татищева, 23: 31–37.
- Кузубов С.А., Евдокимова М.С. 2017. Повышает ли стоимость компании публикация нефинансовых отчетов по стандартам GRI (на примере стран БРИКС)? Учёт. Анализ. Аудит, 2: 28–36.
- Куличёва О.А., Антонов А.В. 2015. Совершенствование методов оценки финансовой устойчивости публичных компаний. Вестник астраханского государственного технического университета. Серия: экономика, 1: 76–82.
- Куракова Н.Г. 2014. Проблемы привлечения промышленных партнеров к софинансированию медико-биологических проектов. Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний, 1: 5–10.
- Михайлец В.Б., Радин И.В., Соцкова И.С., Шуртаков К.В. 2014. Индустриальный партнер как новый субъект федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 гг.». Инновации, 10(192): 102–108.
- Невредин А.Р., Юсуфова О.М. 2020. Использование машинного обучения в цифровых двойниках производственных процессов. Будущее машиностроения России (Москва, 22–25 сен. 2020 г.): Сб. докладов XXIII всеросс. науч. конференции молодых ученых и специалистов (с междунар. участием): в 2 т. Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, Т. 2: 364–367.
- Одинцова Т.Н., Глушкова Ю.О., Баширзаде Р.Р., Пахомова А.В. 2019. Цифровая платформа как основа инновационного планирования в цепях поставок. Актуальные проблемы экономики и менеджмента, 3(23): 97–104.

- Стародубцев А.А. 2016. Система поддержки принятия решений. Актуальные проблемы авиации и космонавтики, 12: 99–101.
- Шалаева Л.В. 2021. Оценка результативности инновационной деятельности по основным сферам экономики России. Креативная экономика, Т. 15, 12: 4445–4464.
- Almaskati N., Bird R., Yeung D., Lu Y. 2021. A horse race of models and estimation methods for predicting bankruptcy. *Advances in Accounting*, 52: 100513.
- Baker S., Nicholas B., Steven J. Davis. 2016. Measuring Economic Policy Uncertainty. *The Quarterly Journal of Economics*, Oxford University Press., 131(4): 1593–1636.
- Díaz, V., Ibrushi, D., Zhao, J. 2021. Reconsidering systematic factors during the Covid–19 pandemic—the rising importance of ESG. *Finance Research Letters*, 38: 101870.
- Du Jardin P. 2015. Bankruptcy prediction using terminal failure processes. *European Journal of Operational Research*, 242: 286–303.
- Patel, P.C., Pearce, J.A., Oghazi, P. 2021. Not so myopic: investors lowering short–term growth expectations under high industry ESG–sales–related dynamism and predictability. *Journal of Business Research*, 128: 551–563.
- Smitha H.L., Leydesdorff L. 2014. The Triple Helix in the context of global change: dynamics and challenges. *Critical Studies in Innovation*, 32(4): 321–323.

References

- Bagdasaryan N.A. 2017. «Innovatsionnoe razvitiye»: analiz ponyatiya i utochnenie opredeleniya ["Innovative development": analysis of the concept and clarification of the definition]. *Byulleten' nauki i praktiki*, 7(20): 93–100.
- Blazhevich O.G., Karachun A.I., Sul'ymanova A.L. 2017. Sravnitel'nyy analiz i primeneniye metodov prognozirovaniya bankrotstva [Comparative analysis and application of bankruptcy forecasting methods]. *Byulleten' nauki i praktiki*, 5(18): 161–175.
- Gladkova Yu.V., Gladkov V.P. 2010. Etapy prinyatiya upravlencheskikh resheniy [Stages of management decision-making]. *Vestnik Permskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Elektrotehnika, informatsionnye tekhnologii, sistemy upravleniya*, 4: 39–44.
- Danilovich V.Yu., Kurganskaya G.S. 2017. Skoringovye modeli kak sredstvo upravleniya kreditnymi riskami v rossiyskikh bankakh [Scoring models as a means of managing credit risks in Russian banks]. *Biznes–obrazovanie v ekonomike znaniy*, 1(6): 29–33.
- Drogovoz P.A., Koren'kova D.A. 2019. Sovremennyy instrumentariy gibkogo upravleniya IT–proektami i perspektivy ego sovershenstvovaniya s ispol'zovaniem tekhnologiy iskusstvennogo intellekta [Modern tools for flexible IT project management and prospects for its improvement using artificial intelligence technologies]. *Ekonomika i predprinimatel'stvo*, 10: 829–833.
- Drogovoz P.A., Rassomagin A.S. 2017. Obzor sovremennykh metodov intellektual'nogo analiza dannykh i ikh primeneniye dlya prinyatiya upravlencheskikh resheniy [n overview of modern methods of data mining and their application for management decision-making]. *Ekonomika i predprinimatel'stvo*, 3: 689–693.
- Drogovoz P.A., Shiboldenkov V.A., Koren'kova D.A. 2019. Podkhod k sozdaniyu gibridnoy rekomendatel'noy sistemy dlya podderzhki prinyatiya resheniy po upravleniyu proektami na osnove neyrosetevogo kartirovaniya i kognitivnoy vizualizatsii pokazateley osvoennogo ob"ema [An approach to creating a hybrid recommendation system to support decision-making on project management based on neural network mapping and cognitive visualization of indicators of the mastered volume]. *Ekonomika i predprinimatel'stvo*, 9: 1212–1217.
- Zhurova L.I., Shekhtman A.Yu. 2011. Bankrotstvo predpriyatiy: prichiny i metody prognozirovaniya [Bankruptcy of enterprises: causes and methods of forecasting]. *Vestnik volzhskogo universiteta im. V.N. Tatishcheva*, 23: 31–37.
- Kuzubov S.A., Evdokimova M.S. 2017. Povyshaet li stoimost' kompanii publikatsiya nefinansovykh otchetov po standartam GRI (na primere stran BRIKS)? [Does the publication of non-financial reports on GRI standards increase the company's value (using the example of the BRICS countries)?] *Uchet. Analiz. Audit*, 2: 28–36.
- Kulicheva O.A., Antonov A.V. 2015. Sovershenstvovanie metodov otsenki finansovoy ustoychivosti publichnykh kompaniy [Improving methods for assessing the financial stability of public companies]. *Vestnik astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: ekonomika*, 1: 76–82.

- Kurakova, N.G. 2014. Problemy privlecheniya industrial'nykh partnerov k sofinansirovaniyu mediko–biologicheskikh proektov [The problems of attracting industrial partners to co–finance biomedical projects]. Kompleksnye problemy serdechno–sosudistykh zabolevaniy, 1: 5–10.
- Mikhaylets V.B., Radin I.V., Sotskova I.S., Shurtakov K.V. 2014. Industrial'nyy partner kak novyy sub"ekt federal'noy tselevoy programmy «Issledovaniya i razrabotki po prioritetnym napravleniyam razvitiya nauchno–tekhnologicheskogo kompleksa Rossii na 2014–2020 gg.» [The Industrial partner as a new subject of the federal target program "Research and development in priority areas of development of the scientific and technological complex of Russia for 2014–2020."]. Innovatsii, 10(192): 102–108.
- Nevredinov A.R., Yusufova O.M. 2020. Ispol'zovanie mashinnogo obucheniya v tsifrovyykh dvoynikakh proizvodstvennykh protsessov [The use of machine learning in digital counterparts of production processes]. Budushchee mashinostroeniya Rossii (Moskva, 22–25 sen. 2020 g.): Cb. dokladov XXIII vseross. nauch. konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov (s mezhdunar. uchastiem): v 2 t. Moskva: MGU im. N.E. Baumana, T. 2: 364–367.
- Odintsova T.N., Glushkova Yu.O., Bashirzade R.R., Pakhomova A.V. 2019. Tsifrovaya platforma kak osnova innovatsionnogo planirovaniya v tsepyakh postavok [A digital platform as the basis for innovative planning in supply chains]. Aktual'nye problemy ekonomiki i menedzhmenta, 3(23): 97–104.
- Starodubtsev A.A. 2016. Decision support system. Aktual'nye problemy aviatsii i kosmonavtiki, 12: 99–101.
- Shalaeva L.V. 2021. Otsenka rezul'tativnosti innovatsionnoy deyatel'nosti po osnovnym sferam ekonomiki Rossii [Assessment of the effectiveness of innovation activities in the main areas of the Russian economy]. Kreativnaya ekonomika, T. 15, 12: 4445–4464.
- Almaskati N., Bird R., Yeung D., Lu Y. 2021. A horse race of models and estimation methods for predicting bankruptcy. Advances in Accounting, 52: 100513.
- Baker S., Nicholas B., Steven J. Davis. 2016. Measuring Economic Policy Uncertainty. The Quarterly Journal of Economics, Oxford University Press., 131(4): 1593–1636.
- Díaz, V., Ibrushi, D., Zhao, J. 2021. Reconsidering systematic factors during the Covid–19 pandemic—the rising importance of ESG. Finance Research Letters, 38: 101870.
- Du Jardin P. 2015. Bankruptcy prediction using terminal failure processes. European Journal of Operational Research, 242: 286–303.
- Patel, P.C., Pearce, J.A., Oghazi, P. 2021. Not so myopic: investors lowering short–term growth expectations under high industry ESG–sales–related dynamism and predictability. Journal of Business Research, 128: 551–563.
- Smitha H.L., Leydesdorff L. 2014. The Triple Helix in the context of global change: dynamics and challenges. Critical Studies in Innovation, 32(4): 321–323.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

Поступила в редакцию 16.05.2024

Поступила после рецензирования 03.06.2024

Принята к публикации 28.06.2024

Received May 16, 2024

Revised June 03, 2024

Accepted June 28, 2024

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Неврединов Александр Рустамович, ассистент кафедры бизнес-информатики, МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Alexander R. Nevredinov, assistant of the Department of Business Informatics, BMSTU, Moscow, Russia

ОТРАСЛЕВЫЕ РЫНКИ И РЫНОЧНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА SECTORAL MARKETS AND MARKET INFRASTRUCTURE

УДК 332.1:336.6:658

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-580-596

Устойчивость функционирования предприятий горно-металлургического комплекса Белгородской области в 2021–2023 гг.

Бендерская О.Б.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46
E-mail: obenderskaya@gmail.com

Аннотация. Целью настоящей работы является оценка уровня и динамики устойчивости функционирования предприятий горно-металлургического комплекса Белгородской области в период 2021–2023 гг. Методика исследования включает оценку хозяйствующих субъектов по двенадцати критериям устойчивости и количественное измерение ее уровня с помощью комплексных оценок (КО). В работе представлены сравнительные и динамические КО, выполненные авторскими методами расчета комплексных оценок. Сравнительные КО рассчитаны с помощью модифицированного метода суммы баллов, а динамические – с помощью предложенного в работе метода большинства. Результатом исследования стал вывод о том, что горно-металлургический комплекс Белгородской области по итогам 2023 г. в целом продолжал находиться в зоне устойчивого функционирования, что должно ему позволить успешно противостоять вызовам и угрозам, связанным, в первую очередь, с продолжающимися санкциями недружественных стран и с террористическими атаками на регион со стороны ВСУ. В то же время выявлена негативная динамика потери запаса устойчивости холдингом «Металлоинвест», которому принадлежат Лебединский ГОК и Оскольский электрометаллургический комбинат, что вызывает озабоченность, особенно с учетом градообразующей роли этих предприятий для Губкина и Старого Оскола. Кроме того, динамика структуры капитала холдинга, по мнению авторов, является крайне негативным сигналом для потенциальных и реальных инвесторов в экономику Белгородской области.

Ключевые слова: региональная экономика, горно-металлургический комплекс Белгородской области, управление предприятиями, финансы предприятий, анализ хозяйственной деятельности, устойчивость функционирования хозяйствующих субъектов

Для цитирования: Бендерская О.Б. 2024. Устойчивость функционирования предприятий горно-металлургического комплекса Белгородской области в 2021–2023 гг. Экономика. Информатика, 51(3): 580–596. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-580-596

Sustainability of Mining and Metallurgical Enterprises of Belgorod Region in 2021–2023

Olga B. Benderskaya

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov
46 Kostyukov St, Belgorod 308012, Russia
E-mail: obenderskaya@gmail.com

Abstract. The purpose of this work is to assess the level and dynamics of sustainability of mining and metallurgical enterprises in Belgorod region in 2021–2023. The research methodology includes the assessment of business entities

according to twelve sustainability criteria and quantitative measurement of its level using comprehensive assessments (CA). The paper presents comparative and dynamic CA performed by the author's methods for calculating complex assessments. Comparative CA were calculated using the modified sum of points method, while the majority method proposed in this work was used for dynamic ones. The result of the study was the conclusion that the mining and metallurgical complex of Belgorod region at the end of 2023 generally continued to be in the zone of sustainable operation, which should allow it to successfully withstand the challenges and threats associated with the ongoing sanctions of unfriendly countries and with terrorist attacks on the region by the Ukrainian Armed Forces, in the first place. At the same time, the negative dynamics of the loss of the stability margin by the Metalloinvest holding, which owns the Lebedinskiy GOK and the Oskol electrometallurgical plant, has been identified. This is of concern, given the city-forming role of these enterprises for Gubkin and Sary Oskol. In addition, the dynamics of the holding's capital structure, according to the authors, is an extremely negative signal for potential and actual investors in the economy of Belgorod region.

Keywords: regional economy, mining and metallurgical complex of Belgorod region, enterprise management, enterprise finance, analysis of economic activity, sustainability of the functioning of economic entities

For citation: Benderskaya O.V. 2024. Sustainability of Mining and Metallurgical Enterprises of Belgorod Region in 2021–2023. Economics. Information technologies, 51(3): 580–596 (in Russian). DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-580-596

Введение

Черная металлургия стабильно является лидирующей отраслью в консолидированном балансе организаций, функционирующих в Белгородской области, и в их суммарной прибыли. Финансовое положение и деловая активность компаний, добывающих и перерабатывающих полезные ископаемые КМА, вне зависимости от того, где они являются налоговыми резидентами, оказывает существенное влияние на общий экономический климат Белгородского региона [Balabanova et al., 2020; Doroshenko et al., 2021]. Поэтому весьма важным представляется оценить, каким образом изменяется положение предприятий этой отрасли в регионе после рекордного для нее 2021 г. с учетом нестабильности, порождаемой санкционным давлением Запада и военными угрозами.

Объекты и методы исследования

Горно-металлургический комплекс Белгородской области включает Лебединский, Стойленский и Яковлевский ГОКи, комбинат «КМАруда» и Оскольский электрометаллургический комбинат (ОЭМК). Исследование этих компаний в настоящее время затруднено из-за СВО и экономических санкций Запада, в связи с которыми целый ряд российских организаций освобожден от обязанности раскрывать свою бухгалтерскую (финансовую) отчетность (БФО). В открытом доступе за 2022 г. есть индивидуальная отчетность только Лебединского ГОКа и ОЭМК (входят в группу компаний «Металлоинвест»), а также комбината «КМАруда», принадлежащего Промышленно-металлургическому холдингу (ПМХ). Поэтому исследование за 2021–2022 гг. проведено по данным этих предприятий, а для сравнительной оценки их положения в холдинге и в отрасли в качестве объектов для сравнения были отобраны Михайловский ГОК (находящийся в Курской области и также принадлежащий «Металлоинвесту») и Качканарский ГОК (группа компаний ЕВРАЗ).

В настоящей статье представлены сравнительные и динамические оценки хозяйствующих субъектов, выполненные методами комплексной оценки. Сравнительные КО рассчитаны с помощью модифицированного метода суммы баллов [Бендерская, 2022], а динамические КО – с помощью предложенного здесь метода большинства.

В качестве критерия комплексной оценки избран уровень устойчивости функционирования, под которой понимается способность хозяйствующего субъекта неопределенно долго осуществлять свою обычную деятельность и достигать поставленных

целей, несмотря на отрицательные воздействия некатастрофического уровня [Doroshenko et al., 2020; Лексин, 2022].

В используемой методике оценка устойчивости функционирования проводится по показателям финансового состояния и деловой активности, темпам изменения целевых финансовых показателей деятельности и по уровню финансовых результатов [Ильин, 2022; Slabinskaya, Benderskaya, 2023]. Мы осознаем ограниченность такого подхода и необходимость включения в методику нефинансовых показателей оценки [Slabinskaya, Benderskaya, 2016], но отчеты об устойчивом развитии в том виде, в каком они составляются исследуемыми компаниями, не дают возможности получить необходимые данные, которые были бы сопоставимы по всей выборке.

Приведем перечень показателей оценки уровня устойчивости функционирования, используемых в данной методике, с указанием нормального диапазона их значений (далее – условия устойчивости):

- 1) доля постоянного капитала (ПК) в источниках финансирования:

$$\frac{\text{Капитал и резервы} + \text{Доходы будущих периодов} + \text{Долгосрочные обязательства}}{\text{Совокупный капитал}} \quad (1)$$

Нормальные значения – не меньше 0,5;

- 2) покрытие запасов стабильными оборотными средствами (СтОС):

$$\frac{\text{ПК} - \text{Внеоборотные активы}}{\text{Запасы}} \quad (2)$$

Нормальные значения – не меньше 1 (полное покрытие запасов СтОС);

- 3) коэффициент текущей ликвидности:

$$\frac{\text{Оборотные активы}}{\text{Краткосрочные обязательства}} \quad (3)$$

Нормальные значения – не меньше 2; минимально допустимое значение – 1 (полное покрытие краткосрочных обязательств краткосрочными активами);

- 4) скорость оборота средств (количество оборотов совокупного капитала за год, или выручка с одного рубля активов):

$$\frac{\text{Выручка}}{\text{Совокупный капитал}} \quad (4)$$

Направленность показателя – «чем больше, тем лучше»; нормативный диапазон значений не установлен;

- 5) затраты на рубль выручки:

$$\frac{\text{Себестоимость продаж} + \text{Коммерческие расходы} + \text{Управленческие расходы}}{\text{Выручка}} \quad (5)$$

Нормальные значения – меньше 1;

- 6) темп роста выручки;
 7) темп роста нераспределенной прибыли;
 8) темп роста собственного капитала;
 9) рентабельность продаж:

$$\frac{\text{Прибыль от продаж}}{\text{Выручка}} \cdot 100; \quad (6)$$

- 10) чистая рентабельность продаж:

$$\frac{\text{Чистая прибыль}}{\text{Выручка}} \cdot 100; \quad (7)$$

- 11) общая экономическая рентабельность:

$$\frac{\text{Прибыль до налогообложения}}{\text{Совокупный капитал}} 100; \quad (8)$$

12) рентабельность собственного капитала:

$$\frac{\text{Чистая прибыль}}{\text{Капитал и резервы + Доходы будущих периодов}} 100. \quad (9)$$

Темпы роста 6)-8) рассчитываются к уровню предыдущего года; их нормальные значения – не меньше 100 %. Для показателей рентабельности 9)-12) нормальные значения – больше 0.

Показатели 1)-3) являются моментными; за соответствующий год их значения рассчитывались как среднегодовые по данным бухгалтерского баланса на начало и на конец года.

Результаты и их обсуждение

В таблицах ниже представлены значения показателей оценки и комплексные оценки уровня устойчивости функционирования хозяйствующих субъектов и их позиции в рейтингах устойчивости функционирования, составленных по выборкам.

Расчет комплексной оценки (КО) модифицированным методом суммы баллов обеспечивает количественное измерение уровня устойчивости и возможность пространственных и временных сопоставлений. В настоящей работе был задан диапазон значений КО от 0 до 10, где 10 – наилучшее значение, которое получает объект сравнения, у которого значения всех показателей оценки лучше, чем у остальных объектов. Таким образом, значение КО – это относительная оценка уровня устойчивости по выборке объектов сравнения. Для окончательного вывода об устойчивости необходимо учитывать соответствие показателей оценки установленным для них нормативам.

Как известно, к середине 2021 г. цены на железную руду и стальной прокат в России выросли по сравнению с 2020 г. вдвое и достигли исторического максимума, побив рекорд 2007 г. [Коммерсантъ]. И хотя во второй половине года Правительство РФ приняло ряд мер, которые привели к снижению цен, по итогу года все предприятия выборки (табл. 1) продемонстрировали значительный рост выручки (у трех из пяти она выросла в 2 или более раз); у четырех из них значительно увеличилась нераспределенная прибыль, а у ОЭМК она появилась (в 2019–2020 гг. комбинат имел непокрытые убытки). Высокими темпами рос и собственный капитал компаний.

Все предприятия были рентабельными, причем у Лебединского и Михайловского ГОКов уровень трех показателей рентабельности составлял сотни процентов.

Показатели финансового состояния также в основном были хорошими или отличными, за исключением достаточно низкого покрытия оборотными активами текущих обязательств у Лебединского ГОКа. Это, впрочем, не помешало ему по совокупности остальных критериев оценки занять первое место по уровню устойчивости функционирования. Причины этого – самый низкий по выборке уровень себестоимости продукции, самые высокие темпы роста нераспределенной прибыли и в целом собственного капитала, а также уже упоминавшийся рекордный уровень рентабельности активов, собственного капитала и чистой рентабельности продаж. Стоит отметить, что такие значения этих показателей были достигнуты в основном благодаря высокой прибыли от прочих операций. Чистая прибыль ЛебГОКа была в 2021 г. в 2,88 раза выше прибыли от продаж. Комплексная оценка устойчивости ГОКа была существенно выше КО остальных предприятий и составила 7,09 пункта.

Остальные белгородские предприятия уступали по своим показателям Качканарскому и Михайловскому ГОКа.

Качканарский ГОК лидировал по доле постоянных источников финансирования, по обеспеченности ими запасов и по платежеспособности (его коэффициент текущей ликвидности составлял 6,78), а также имел высокие темпы роста выручки и рентабельности продаж. Благодаря этому он занял вторую позицию по уровню устойчивости функционирования с отставанием от ЛебГОКа на 1,57 пункта.

Михайловский ГОК в 2021 г. лидировал в выборке только по темпам роста выручки, но значения остальных его показателей были достаточно высокими (а уровень затрат на рубль продукции – весьма низким), так что по уровню устойчивости он отстал от Качканарского ГОКа всего на 0,12 пункта.

Таблица 1
Table 1

Устойчивость функционирования исследуемых предприятий в 2021 г.
Sustainability of the functioning of the enterprises under study in 2021

Показатели	Предприятия				
	АО «ОЭМК»	АО «Михайловский ГОК»	АО «Лебединский ГОК»	АО «Комбинат КМАруда»	АО «ЕВРАЗ Качканарский ГОК»
Доля постоянного капитала	0,81	0,89	0,90	0,86	0,95
Покрытие запасов СтОС	3,36	3,68	1,11	5,82	26,64
Коэффициент текущей ликвидности	2,98	2,41	1,33	2,48	6,78
Скорость оборота средств, об./г.	1,97	1,90	0,98	0,58	0,56
Затраты на рубль выручки, р./р.	0,83	0,36	0,26	0,41	0,30
Темп роста выручки, %	155,89	210,65	186,36	199,77	208,04
Темп роста нераспределенной прибыли, %	–	199,84	309,65	152,71	150,96
Темп роста собственного капитала, %	255,87	192,16	301,96	152,43	147,57
Рентабельность продаж, %	16,80	64,29	74,21	58,57	70,18
Чистая рентабельность продаж, %	11,38	52,67	213,59	41,00	63,00
Общая экономическая рентабельность, %	28,68	124,57	226,09	30,84	42,23
Рентабельность собственного капитала, %	73,86	215,73	508,27	39,33	37,87
КО устойчивости функционирования	1,81	5,40	7,09	3,10	5,52
Место в рейтинге	5	3	1	4	2

Источник: рассчитано автором по данным [Audit-it; ФНС РФ]

Source: calculated by the author based on data from [Audit-it; Federal Tax Service of the Russian Federation]

Комбинат «КМАруда» в 2021 г. практически удвоил свою выручку по сравнению с предыдущим годом, более чем в полтора раза увеличил нераспределенную прибыль и, благодаря этому, собственный капитал, но за счет скромных, по сравнению с ГОКаами, показателей рентабельности отстал от них по уровню КО и занял четвертую позицию в выборке.

Оскольский электрометаллургический комбинат в 2021 г. благодаря сложившейся на рынке металлопродукции высокой конъюнктуре на 55,89 % увеличил выручку, покрыл убытки 2020 г. и добился впечатляющего роста собственного капитала. У комбината – самая высокая по выборке скорость оборота капитала – 1,97 оборота за год. Однако из-за

того, что по семи показателям он отставал от остальных предприятий выборки, ОЭМК оказался по уровню устойчивости на последнем месте.

Несмотря на количественные различия в значениях показателей оценки, качественно они отражают высокий запас устойчивости функционирования в 2021 г. у всех исследованных предприятий.

В 2022 г. из-за введенных после начала СВО Западом экономических санкций отрасль пережила спад. Запрет ЕС на ввоз российского проката привел к снижению впервые за 6 лет объемов производства. Впрочем, по оценкам экспертов, по сравнению с кризисным 2009 годом сокращение было совсем небольшим (0,8 % против 13,5 %) [РИА Рейтинг (а)]. Тем не менее по данным таблицы 2 видно, что у всех исследованных предприятий снизилась выручка, причем это – снижение выручки в действующих ценах. С учетом инфляции, их доходы сократились еще серьезнее. Ухудшились и многие другие показатели.

Таблица 2

Table 2

Устойчивость функционирования исследуемых предприятий в 2022 г.
Sustainability of the functioning of the enterprises under study in 2022

Показатели	Предприятия				
	АО «ОЭМК»	АО «Михайловский ГОК»	АО «Лебединский ГОК»	АО «Комбинат КМАруда»	АО «ЕВРАЗ Качканарский ГОК»
Доля постоянного капитала	0,77	0,90	0,85	0,88	0,93
Покрытие запасов СтОС	1,85	5,89	-1,08	6,54	23,21
Коэффициент текущей ликвидности	2,19	3,46	1,10	2,64	6,98
Скорость оборота средств, об./г.	1,73	0,75	0,56	0,28	0,43
Затраты на рубль выручки, р./р.	0,81	0,64	0,43	0,85	0,61
Темп роста выручки, %	90,63	53,11	69,37	64,37	59,73
Темп роста нераспределенной прибыли, %	155,38	166,21	77,85	103,60	23,12
Темп роста собственного капитала, %	130,48	163,58	78,10	103,58	25,75
Рентабельность продаж, %	18,60	35,94	56,56	14,83	38,67
Чистая рентабельность продаж, %	10,85	38,45	42,18	7,01	-246,48
Общая экономическая рентабельность, %	24,30	34,24	28,96	2,95	-101,85
Рентабельность собственного капитала, %	38,51	48,24	52,04	3,52	-118,08
КО устойчивости функционирования	5,76	6,50	5,72	4,24	3,69
Место в рейтинге	2	1	3	4	5

Источник: рассчитано автором по данным [Audit-it; ФНС РФ]

Source: calculated by the author based on data from [Audit-it; Federal Tax Service of the Russian Federation]

В таблице 3 приведены комплексные оценки динамики устойчивости функционирования предприятий, рассчитанные как количество показателей оценки, значения которых в динамике улучшились. Если это количество составляет более половины от общего количества показателей оценки (в данном случае – более шести), делается вывод о том, что динамика – положительная, если менее, то динамика – отрицательная. Данный способ расчета и интерпретации КО назван авторами методом большинства.

Таблица 3

Table 3

Комплексная оценка динамики устойчивости функционирования исследованных предприятий в 2022 г. по сравнению с 2021 г.

A comprehensive assessment of the dynamics of the sustainability of the functioning of the studied enterprises in 2022 compared to 2021

Показатель	Предприятия				
	АО «ОЭМК»	АО «Михайловский ГОК»	АО «Лебединский ГОК»	АО «Комбинат КМАруда»	АО «ЕВРАЗ Качканарский ГОК»
Комплексная оценка	3	3	0	3	1

Источник: рассчитано автором

Source: Source: calculated by the author

По данным таблицы 3 видно, что у четырех предприятий выборки произошел спад большинства показателей, а у Лебединского ГОКа – всех двенадцати. Таким образом, произошло снижение запаса устойчивости функционирования всех исследованных предприятий.

При ближайшем рассмотрении данных таблицы 2 понятно, что реальное нарушение условий устойчивости (помимо уже отмеченного снижения выручки) среди белгородских компаний наблюдалось только у Лебединского ГОКа: были полностью утрачены стабильные источники финансирования запасов, коэффициент текущей ликвидности снизился до минимально допустимого уровня, уменьшились нераспределенная прибыль и собственный капитал. Заметим, что по данным отчета о финансовых результатах комбината [ФНС РФ], его чистая прибыль в 2022 г. была в 7,3 раза меньше аналогичного показателя 2021 г.

Из-за вышеперечисленного ЛебГОК в 2022 г. уступил первенство по устойчивости функционирования Михайловскому ГОКу и переместился на третье место. Однако у Лебединского ГОКа, как и в 2021 г., – самые низкие по выборке затраты на рубль выручки и самые высокие рентабельность продаж, чистая рентабельность продаж и рентабельность собственного капитала. Отставание по уровню устойчивости от лидеров у него – минимальное: на 0,78 пункта – от Михайловского ГОКа и на 0,04 пункта – от ОЭМК.

Михайловский ГОК, несмотря на то, что у него в 2022 г. снижение выручки было самым большим по выборке (на 46,89 %), обеспечил себе самое высокое значение общей экономической рентабельности. Комбинат продемонстрировал самый высокий рост нераспределенной прибыли и собственного капитала. По сравнению с 2021 г. повысилась его обеспеченность стабильными источниками финансирования и платежеспособность. В условиях кризиса такая политика управления финансами представляется весьма разумной [Кравченко, Шевченко, 2020]. Она определила минимальное по сравнению с

другими предприятиями выборки снижение запаса устойчивости и вывела комбинат на первое место в рейтинге устойчивости функционирования.

Показатели финансового состояния ОЭМК в 2022 г. по сравнению с 2021 г. снизились, но остались в норме. Сокращение выручки у него было минимальным по сравнению с остальными предприятиями выборки (на 9,37 %). Как и в 2021 г., комбинат демонстрировал самую высокую скорость оборота средств. Также его руководству удалось снизить уровень себестоимости продаж и, соответственно, повысить рентабельность продукции, продолжить накапливать нераспределенную прибыль и собственный капитал. Так что можно заключить, что запас устойчивости функционирования у ОЭМК, несмотря на некоторое снижение в динамике, остался высоким.

Таким образом, в 2022 г. наиболее устойчиво из обследованных функционировали компании, принадлежащие группе «Металлоинвест».

Комбинат «КМАруда» (ПМХ) несколько отставал от остальных белгородских компаний и занимал, как и в 2021 г., четвертую из пяти позиций в рейтинге устойчивости. Улучшились по сравнению с 2021 г. показатели его финансового состояния, но ухудшились остальные. Особенно сильным, на порядок, было снижение рентабельности активов и собственного капитала. При этом нарушение условий устойчивости у комбината было только по выручке (она у него сократилась на 35,63 %), так что устойчивость функционирования у него сохранилась.

В отличие от остальных обследованных предприятий, Качканарский ГОК (группа ЕВРАЗ) по итогам 2022 г. получил за счет прочих операций убытки, причем уровень убыточности достиг трехзначных значений. Произошло значительное (на две трети) сокращение нераспределенной прибыли и в целом собственного капитала. И хотя основная деятельность комбината рентабельна, и показатели его финансового состояния, как и в 2021 г., – самые высокие по выборке, но очевидно, что комбинат утратил запас устойчивости функционирования, о чем свидетельствует несоблюдение им шести условий устойчивости из одиннадцати и самое низкое значение КО устойчивости.

По итогам сравнительной оценки можно заключить, что в 2022 г. все исследованные белгородские предприятия горно-металлургического комплекса сохраняли устойчивость функционирования.

За 2023 г. общедоступна только консолидированная отчетность холдингов, к которым относятся исследуемые нами предприятия, причем не всех. Поэтому анализ за 2022–2023 гг. проведен по данным холдингов: «Металлоинвеста», группы «Северсталь», к которой относится Яковлевский ГОК, и НЛМК («Новолипецкий металлургический комбинат»), которому принадлежит Стойленский ГОК. Группа ЕВРАЗ сделала официальное заявление о том, что «не смогла назначить аудитора», хотя были приложены все усилия и изучены все доступные варианты, и из-за этого ее годовой отчет не может быть опубликован [ТАСС]. Поэтому в качестве объекта сравнения для оценки положения перечисленных холдингов в отрасли была выбрана группа ММК («Магнитогорский металлургический комбинат»).

Во всех случаях использовалась отчетность холдинговых компаний, составленная в рублях. В остальном методика оценки холдингов не отличалась от методики, использованной для отдельных производственных единиц.

Чтобы оценить динамику устойчивости функционирования холдингов в 2023 г., вначале рассмотрены их позиции в 2022 г.

По данным таблицы 4 видно, что «Металлоинвест», так же, как и входящие в него предприятия, в 2022 г. лидировал по уровню устойчивости. Формально у него в 2022 г. не соблюдались четыре условия устойчивости функционирования, что больше, чем у других холдингов выборки, в том числе было самое большое снижение выручки. Но при этом у «Металлоинвеста» – больше, чем у остальных, и рекордных по уровню показателей: самый низкий по выборке уровень затрат на рубль продаж и самая высокая рентабельность продаж; самая высокая доля постоянного капитала и обеспеченность им запасов; самые

высокие оборачиваемость и рентабельность совокупного капитала и очень высокая рентабельность собственного капитала.

Таблица 4
Table 4

Устойчивость функционирования металлургических холдингов в 2022 г.
Sustainability of the functioning of metallurgical holdings in 2022

Показатели	Компании			
	АО «ХК «Металло-инвест»	ПАО «Северсталь»	ПАО «НЛМК»	ПАО «ММК»
Доля постоянного капитала	0,81	0,67	0,77	0,79
Покрытие запасов СтОС	1,98	0,56	1,17	1,48
Коэффициент текущей ликвидности	1,92	1,22	1,91	2,06
Скорость оборота средств, об./г.	1,21	0,88	0,97	0,96
Затраты на рубль выручки, р./р.	0,73	0,82	0,78	0,84
Темп роста выручки, %	71,04	77,96	87,51	80,14
Темп роста нераспределенной прибыли, %	79,51	180,95	135,10	117,15
Темп роста собственного капитала, %	80,90	156,85	130,92	113,87
Рентабельность продаж, %	26,91	18,08	22,39	15,71
Чистая рентабельность продаж, %	20,18	25,46	18,48	10,06
Общая экономическая рентабельность, %	31,16	24,71	22,04	12,24
Рентабельность собственного капитала, %	103,84	44,27	30,13	13,99
КО устойчивости функционирования	7,08	4,03	5,71	3,41
Место в рейтинге	1	3	2	4

Источник: рассчитано автором по данным [Металлоинвест; ММК; НЛМК; Северсталь]

Source: Source: calculated by the author based on data from [Metalloinvest; MMK; NLMK; Severstal]

Нужно обратить внимание на то, что лучший по выборке уровень рентабельности собственного капитала был обеспечен «Металлоинвесту» в том числе снижением величины собственного капитала по сравнению с 2021 г. на 19,1 %, в результате чего к концу 2022 г. его доля в источниках финансирования холдинга сократилась до 22 % (данные таблицы 5). Еще нужно отметить, что «Металлоинвест» – единственный в выборке, у кого в 2022 г. снизились объемы нераспределенной прибыли и собственного капитала. Низкую инвестиционную активность белгородских предприятий Металлоинвеста мы уже отмечали ранее в [Бендерская, Сидорова, 2023].

Можно назвать ситуацию «Металлоинвеста» разбалансированной, но по факту она обеспечила ему наилучшее по выборке значение комплексной оценки устойчивости функционирования с отрывом от следующего значения на 1,37 пункта.

Таблица 5
Table 5Финансовая независимость металлургических холдингов в 2022–2023 гг.
Financial independence of metallurgical holdings in 2022–2023

Компании	Доля собственного капитала в источниках финансирования		
	31.12.21 г.	31.12.22 г.	31.12.23 г.
АО «ХК «Металлоинвест»	0,25	0,22	0,07
ПАО «Северсталь»	0,42	0,58	0,61
ПАО «НЛМК»	0,53	0,66	0,77
ПАО «ММК»	0,65	0,73	0,74

Источник: рассчитано автором по данным [Металлоинвест; ММК; НЛМК; Северсталь]
Source: calculated by the author based on data from [Metalloinvest; MMK; NLMK; Severstal]

Вторую позицию по уровню КО в 2022 г. занимал «Новолипецкий металлургический комбинат», которому принадлежит Стойленский ГОК. У НЛМК не выполнялись условия устойчивости функционирования только по темпу роста выручки (впрочем, как и у всех холдингов; причем у НЛМК снижение выручки было наименьшим по выборке) и по коэффициенту текущей ликвидности (который был совсем немного ниже норматива). Остальные показатели оценки были в норме и на довольно высоком уровне, так что можно заключить, что НЛМК пережил 2022 г. благополучно.

«Северсталь», в состав которой с 2017 г. вошел Яковлевский рудник, который позднее стал ГОКом, в 2022 г. демонстрировала самую высокую чистую рентабельность продаж и хороший уровень остальных показателей рентабельности, а также самые высокие по выборке темпы роста нераспределенной прибыли и собственного капитала. Однако, несмотря на это, доля постоянных источников капитала была у нее самой низкой. Не выполнялись условие покрытия постоянными источниками запасов и условие платежеспособности (коэффициент текущей ликвидности был самым низким во выборке и близок к минимально допустимому уровню). Скорость оборота средств была ниже, чем у остальных холдингов, что впрочем можно объяснить выжидательной политикой руководства в условиях спада отрасли [Бондаренко, Стрябкова, 2022].

Чтобы сделать оценку уровня устойчивости «Северстали», сравним ее с холдингом «Магнитогорский металлургический комбинат», который занял в 2022 г. последнюю позицию в выборке по значению КО устойчивости функционирования. При этом у ММК выполнялись все условия устойчивости (кроме того, что, как и у всех, сократилась выручка). Затраты на рубль продаж у него были самыми высокими по выборке, а показатели рентабельности – самыми низкими, но уровень этих показателей был хорошим, а платежеспособность – самой высокой в выборке. Таким образом, ММК демонстрировал нормальный уровень устойчивости функционирования. Соответственно, устойчивость функционирования «Северстали», которая по значению КО опережала ММК на 0,62 пункта, также не подлежит сомнению.

Восстановление отрасли после спада началось еще к концу 2022 г. и продолжилось в 2023 г. благодаря расширению внутреннего спроса, развороту экспорта на Восток, уходу из отрасли многих импортеров, а также «серому» экспорту в Европу. Объемы выплавки стали приблизились к рекордным показателям 2021 г. Многие эксперты даже предполагают невозможность дальнейшего роста отрасли из-за почти 100-процентной загрузки имеющихся производственных мощностей [Мингазов, 2024]. При этом у разных игроков рынка условия продолжения деятельности неодинаковы: разный уровень санкционного давления, разное региональное расположение [Матяш, Чижова, 2023; Стрябкова и др., 2023], разные возможности диверсификации производства, перестройки логистических цепочек и т. п. Эксперты отмечают, что в добывающем секторе (то есть у ГОКов) динамика производства в 2023 г. была отрицательной [РИА Рейтинг (б)].



В таблице 6 приведены динамические КО устойчивости функционирования исследуемых холдингов в 2023 г. по сравнению с 2022 г. Их значения, напомним, – это количество показателей оценки, которые в динамике улучшились. КО показывают, что большинство компаний укрепили свои показатели. У ММК произошло улучшение по одиннадцати показателям из двенадцати, у НЛМК – по восьми, у «Северстали» – по шести, и только у «Металлоинвеста» большинство показателей ухудшились.

Таблица 6

Table 6

Комплексная оценка динамики устойчивости функционирования исследованных компаний в 2023 г. по сравнению с 2022 г.

Comprehensive assessment of the dynamics of the sustainability of the functioning of the studied companies in 2023 compared to 2022

Показатель	Компании			
	АО «ХК «Металлоинвест»	ПАО «Северсталь»	ПАО «НЛМК»	ПАО «ММК»
Комплексная оценка	4	6	8	11

Источник: рассчитано автором

Source: calculated by the author

Нужно заметить, что по силе изменений динамика была у холдингов разной. В таблице 7 приведены значения показателей оценки и сравнительные КО устойчивости функционирования за 2023 г. Они отражают, что НЛМК и «Северсталь» благодаря улучшениям повысили свои позиции в рейтинге устойчивости, соответственно, со второй до первой и с третьей до второй. А вот ММК так и остался на последней позиции.

Эксперты указывают, что НЛМК (в составе которого находится Стойленский ГОК), в отличие от большинства российских металлургов, продолжал поставки своей продукции на рынки Евросоюза (в том числе на собственные предприятия) [Будрис, 2023]. Несмотря на это, холдинг в 2023 г. практически не нарастил выручку, но немного укрепил финансовое состояние, увеличил собственный капитал, немного сократил уровень себестоимости и улучшил показатели рентабельности продаж. Произошли и некоторые ухудшения: снижение скорости оборота средств холдинга, рентабельности активов и собственного капитала, а также роста нераспределенной прибыли, – но они были небольшими. Все показатели оценки соответствовали нормативам. Политика маленьких шагов дала свои результаты – устойчивость функционирования холдинга стала наилучшей по выборке.

В отсутствие данных отчетности Стойленского ГОКа за 2023 г. остается надеяться, что они не хуже, чем в целом по холдингу.

«Северсталь» в 2023 г. была отрезана санкциями от европейских рынков, но продемонстрировала самый высокий по выборке рост выручки. Улучшились уровень себестоимости продукции холдинга и рентабельность продаж. Чистая рентабельность продаж, хотя и снизилась по сравнению с 2022 г., но осталась самой высокой в выборке. Самым высоким был и рост нераспределенной прибыли и собственного капитала. Благодаря последнему вошла в норму обеспеченность запасов стабильными источниками, несмотря на увеличение запасов. Не выполнялось лишь одно условие устойчивости – была недостаточной платежеспособность. Однако по сравнению с 2022 г. коэффициент текущей ликвидности значительно вырос. Все перечисленное и вторая позиция в рейтинге устойчивости 2023 г. свидетельствуют об укреплении запаса устойчивости функционирования холдинга.

Яковлевский ГОК – многообещающее, но достаточно проблемное предприятие в составе «Северстали». Оно неоднократно меняло хозяев, переживало банкротство и все еще находится на начальной стадии развития. Очевидно, его индивидуальные показатели далеко не так хороши, как у холдинга в целом. Руководство анонсировало большие инвестиционные планы в отношении ГОКа на 2023 г., которые должны были обеспечить увеличение объемов добычи руды до 5 млн т в год. В середине 2024 г. на сайте «Северстали» все еще нет информации о том, реализовались ли эти планы. По данным белгородских медиа [FONAR.TV], достижение этого рубежа уже отодвинуто на 2024 г. Надеемся, что устойчивое функционирование холдинга позволит Яковлевскому ГОКу наконец достичь проектной мощности.

Таблица 7
Table 7

Устойчивость функционирования металлургических холдингов в 2023 г.
Sustainability of the functioning of metallurgical holdings in 2023

Показатели	Компании			
	АО «ХК «Металлоинвест»	ПАО «Северсталь»	ПАО «НЛМК»	ПАО «ММК»
Доля постоянного капитала	0,76	0,72	0,83	0,80
Покрытие запасов СтОС	0,88	2,11	2,19	1,70
Коэффициент текущей ликвидности	1,38	1,74	3,02	2,22
Скорость оборота средств, об./г.	1,06	0,81	0,90	0,93
Затраты на рубль выручки, р./р.	0,68	0,75	0,76	0,81
Темп роста выручки, %	86,37	114,43	103,62	109,08
Темп роста нераспределенной прибыли, %	31,30	146,72	132,70	124,88
Темп роста собственного капитала, %	34,93	138,52	137,90	123,88
Рентабельность продаж, %	32,49	25,02	24,41	19,15
Чистая рентабельность продаж, %	15,04	23,17	22,43	15,50
Общая экономическая рентабельность, %	24,08	23,54	19,46	17,97
Рентабельность собственного капитала, %	110,77	31,64	28,10	19,75
КО устойчивости функционирования	4,47	5,91	6,57	4,08
Место в рейтинге	3	2	1	4

Источник: рассчитано автором по данным [Металлоинвест; ММК; НЛМК; Северсталь]
Source: calculated by the author based on data from [Metalloinvest; MMK; NLMK; Severstal]

«Металлоинвест» (с Лебединским ГОКом и ОЭМК в его составе) – единственный холдинг выборки, положение которого в рейтинге устойчивости функционирования в 2023 г. ухудшилось (с первой до третьей позиции). Он к концу 2023 г. полностью прекратил поставки продукции в Европу [Интерфакс] и, в отличие от других компаний выборки, не смог обеспечить рост выручки. Произошло снижение уровня затрат на рубль продаж и

повышение рентабельности основной деятельности, но чистая рентабельность продаж и рентабельность активов снизились, ускорились темпы снижения нераспределенной прибыли и собственного капитала. По данным таблицы 5 видно, что доля собственного капитала в структуре источников финансирования холдинга в конце 2023 г. составила всего 7 %. Остальные холдинги выборки в период 2022–2023 гг. укрепляли свою финансовую независимость, что является разумной мерой в период резких перепадов [Кравченко, Шевченко, 2021]. Собственники же «Металлоинвеста» активно выводят свои средства из компании: выплаченные им дивиденды в 2022 г. составили 129,689 млрд руб., а в 2023 г. – 126,4 млрд руб. (что в 1,85 раза превышает чистую прибыль за 2023 г.). Величина собственного капитала в конце 2023 г. составила 31,911 млрд руб., что всего в 6,14 раза больше величины зарегистрированного уставного капитала. Выводимые собственные средства замещаются заемными. Это уже ослабило показатели финансового состояния компании: стала недостаточной обеспеченность запасов стабильными источниками формирования и понизилась до критического уровня платежеспособность. С другой стороны, снижение доли собственного капитала увеличило его номинальную рентабельность, рассчитанную по чистой прибыли, почти до 111 %. А реальная рентабельность, рассчитанная по выплаченной сумме дивидендов, составила 205,08 %! В комментариях к консолидированной отчетности это называется приемлемым для акционеров уровнем доходности, обеспечение которого ставится в компании на первое место в политике управления капиталом.

Таким образом, разбалансированность показателей «Металлоинвеста» в 2023 г. существенно усугубилась и определила отрицательную динамику развития. Холдинг активно расходует свой запас устойчивости, а руководство скромно называет это процессом адаптации компании [Интерфакс] и воздерживается от более подробных комментариев. Не исключено, что вскоре «Металлоинвест» ожидают большие перемены, например, смена собственников. Кто ими будет, с учетом сильнейшей закредитованности компании, можно только предполагать.

Какими бы ни были грядущие изменения, неопределенность в их ожидании неблагоприятна для белгородских предприятий холдинга и их трудовых коллективов [Снитко и др., 2021], и без того испытывающих большие трудности и несущих многочисленные риски [Рейхов и др., 2021] в связи с приграничным с Украиной положением [Чижова, Стрябкова, 2018; Чижова, Пожидаева, 2022].

ММК в данной статье является не объектом исследования, а только объектом для сравнения, поэтому подробно комментировать его состояние не будем. Отметим главное: несмотря на последнюю позицию в рейтинге 2023 г., холдинг демонстрирует выполнение всех условий устойчивости функционирования. В 2022 г. уровень устойчивости ММК был определен как нормальный, а в 2023 г. он по абсолютному большинству показателей укрепился. С учетом того, что затраты на рубль продаж у него – самые высокие по выборке, а три из четырех показателей рентабельности – самые низкие, нельзя сказать, что уровень устойчивости изменился качественно. Он так и остался нормальным.

Заключение

Таким образом, можно с уверенностью заключить, что по итогам 2023 г. все холдинги, которым принадлежат белгородские предприятия горно-металлургического комплекса, находятся в зоне устойчивого функционирования, что должно позволить последним успешно противостоять отрицательным факторам [Пименова, 2019], которые обусловлены их региональным положением. Однако в связи с вышеперечисленными фактами неопределенными являются перспективы Лебединского ГОКа и Оскольского электрометаллургического комбината. С учетом масштабов хозяйственной деятельности и градообразующей роли этих предприятий для Губкина и Старого Оскола это вызывает озабоченность. Кроме того, динамика структуры капитала «Металлоинвеста» является мощным и отнюдь не позитивным, на наш взгляд, сигналом для потенциальных и реальных инвесторов в экономику Белгородской области [Bondareva et al., 2021].

Список источников

- Бендерская О.Б. 2022. Методы экономического анализа. Белгород, БГТУ, 255 с.
- Будрис А. 2023. Черный успех: как российские сталевары вышли из санкционного кризиса. URL: <https://www.forbes.ru/biznes/501471-cernyj-uspeh-kak-rossijskie-stalevary-vysli-iz-sankcionnogo-krizisa> (дата обращения: 03.08.2024).
- Интерфакс: сайт. Выручка «Металлоинвеста» в 2023 году упала на 14 %. URL: <https://www.interfax.ru/business/958091> (дата обращения: 04.08.2024).
- Коммерсантъ: сайт. Металлурги сплывали с ценами. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/5216495#>: (дата обращения: 10.08.2024).
- Металлоинвест: сайт. Финансовые результаты. URL: <https://www.metallinvest.com/investors/financial-results/> (дата обращения: 01.08.2024).
- Мингазов С. 2024. Выплавка стали в России в 2023 году приблизилась к рекордному уровню 2021 года. URL: <https://www.forbes.ru/biznes/504988-vyplavka-stali-v-rossii-v-2023-godu-priblizilas-k-rekordnomu-urovnu-2021-goda> (дата обращения: 05.08.2024).
- ММК: сайт. ПАО «ММК» и дочерние организации. Консолидированная финансовая отчетность за год, закончившийся 31 декабря 2021 г. URL: https://mmk.ru/upload/iblock/909/laqqpyrfc5xlhqz6e2o93n2h801o1wo6/MSFO_Gruppa-MMK_USD_RUS_2021.pdf (дата обращения: 01.08.2024).
- ММК: сайт. ПАО «ММК» и дочерние организации. Консолидированная финансовая отчетность специального назначения за год, закончившийся 31 декабря 2023 г. URL: https://mmk.ru/upload/news_docs/MMK_RUR_2312_специальная_final.pdf (дата обращения: 01.08.2024).
- НЛМК: сайт. Финансовая отчетность. URL: <https://nlmk.com/ru/about/governance/regulatory-disclosure/financial-statements/> (дата обращения: 01.08.2024).
- РИА Рейтинг (а): сайт. Выпуск 49. Metallurgiya: тенденции и прогнозы. Итоги 2022 года. URL: <https://riarating.ru/macroeconomics/20230330/630239714.html> (дата обращения: 10.08.2024).
- РИА Рейтинг (б): сайт. Выпуск 53. Metallurgiya: тенденции и прогнозы. Итоги 2023 года. URL: <https://riarating.ru/macroeconomics/20240402/630260635.html> (дата обращения: 01.08.2024).
- Северсталь: сайт. Финансовая отчетность по РСБУ. URL: <https://severstal.com/rus/ir/indicators-reporting/finreps-rsbu/> (дата обращения: 01.08.2024).
- ТАСС: сайт. Evraz не сможет раскрыть отчет по МСФО за 2023 год. URL: <https://tass.ru/ekonomika/20657949> (дата обращения: 05.08.2024).
- ФНС РФ: сайт. Государственный информационный ресурс БФО. URL: <https://bo.nalog.ru/> (дата обращения: 01.08.2024).
- Audit-it: сайт. База бухотчетов. URL: https://www.audit-it.ru/buh_otchet/ (дата обращения: 02.08.2024).
- FONAR.TV: сайт. В 2023 году Яковлевский ГОК инвестировал в развитие более 1,3 миллиарда рублей. URL: <https://fonar.tv/news/2023/08/08/v-2023-goduyakovlevskiy-gok-investiroval-v-razvitie-bolee-1-3-milliarda-rublej> (дата обращения: 05.08.2024).

Список литературы

- Бендерская О.Б., Сидорова Д.С. 2023. Анализ инвестиционной политики белгородских предприятий в 2021–2022 гг. Белгородский экономический вестник, 2(110): 160–167.
- Бондаренко Е.В., Стрябова Е.А. 2022. Риск-менеджмент как основа обеспечения экономической безопасности предприятия. Экономическая безопасность социально-экономических систем: вызовы и возможности. Сборник трудов IV Международной научно-практической конференции. Белгород, Эпицентр: 195–199.
- Ильин С.Ю. 2022. Стоимостной подход к оценке устойчивости функционирования экономики организаций. Вестник Казанского государственного аграрного университета, т. 17, 2(66): 131–136. DOI 10.12737/2073-0462-2022-131-136.
- Кравченко Л.Н., Шевченко М.В. 2020. Аналитическое обеспечение процесса управления финансовым состоянием предприятия как базисом его устойчивого функционирования. Проблемы современной экономики, 3(75): 89–91.
- Кравченко Л.Н., Шевченко М.В. 2021. К вопросу о формировании структуры капитала как фактора финансовой устойчивости предприятия. Проблемы современной экономики, 2(78): 77–81.

- Лексин В.Н. 2022. Неопределенность, риски и устойчивость систем. Труды Института системного анализа Российской академии наук, т. 72, 1: 3–14. DOI 10.14357/20790279220101.
- Матяш Р.В., Чинова Е.Н. 2023. Инновационное развитие Белгородской области: инструменты развития и стратегии на 2023 год. Научные технологии и инновации (XXV научные чтения). Сборник докладов Международной научно-практической конференции. Белгород, БГТУ: 1513–1519.
- Пименова Е.М. 2019. Основные аспекты прогнозирования устойчивости функционирования предприятия. Российская наука: актуальные исследования и разработки. Сборник научных статей VIII Всероссийской научно-практической конференции, т. 2: 121–125.
- Рейхов Ю.Н., Тугушов К.В., Нестеров В.А., Лебедев А.Ю. 2021. Проблемы защиты материальных ценностей и обеспечения устойчивости функционирования объектов экономики в чрезвычайных ситуациях. Гражданская оборона на страже мира и безопасности. Материалы V Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню гражданской обороны, т. I: 3–12.
- Снитко Л.Т., Чинова Е.Н., Бородин М.А. 2021. Стратегическое управление человеческим капиталом как составляющая развития предприятия. Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права, 5(90): 135–148. DOI 10.21295/2223-5639-2021-5-135-148.
- Стрябкова Е.А., Кулик А.М., Герасимова Н.А., Тебекин М.В. 2023. К вопросу о факторах, определяющих типологию пространственной поляризации регионов. АПК: экономика, управление, 2: 13–23. DOI 10.33305/231-13.
- Чинова Е.Н., Пожидаева А.Ю. 2022. Коммерческие и финансовые риски в условиях нестабильности и развитие фондов целевого капитала. Экономика. Общество. Человек. Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, т. 1, XLI. Белгород, БГТУ: 336–342.
- Чинова Е.Н., Стрябкова Е.А. 2018. Экономическая безопасность Белгородской области: угрозы и возможности. Экономическая безопасность социально-экономических систем: вызовы и возможности. Сборник научных трудов международной научно-практической конференции. Белгород, НИУ БелГУ: 12–16.
- Balabanova G.G., Davydenko T.A., Chizhova E.N. [et al.]. 2020. Russia In Global Economy: Problems Of The New Technological Mode. European Proceedings of Social and Behavioural Sciences EpSBS: Proceedings of the Trends and Innovations in Economic Studies, Science on Baikal Session (TIESS 2020), v. 96. Irkutsk: European Publisher: 751–757. DOI 10.15405/epsbs.2020.12.98.
- Bondareva, Y., Vaganova, O., Vladyka, M., Kamyschanchenko, E., Stryabkova, E. 2021. Theoretical and methodological approaches to assessing the quality of regional economic space. Economic Annals-XXI, 193(9-10): 152–160.
- Doroshenko Y.A., Minaeva L.A., Somina I.V., Glagoleva N.N. 2020. Mechanism of stimulate the growth of highly competitive technology business. Lecture notes in networks and systems, v. 128: 906–915. DOI 10.1007/978-3-030-46817-0_102.
- Doroshenko Y.A., Starikova M.S., Riapukhina V.N. 2021. Models of regional development in Russia: level of industrialization and innovative performance. Engineering economics, v. 32, 3: 247–257. DOI 10.5755/j01.ee.32.3.25897.
- Slabinskaya I.A., Benderskaya O.B. 2016. Stable development' term and its usage in Russian economic editions. Journal of Fundamental and Applied Sciences, v. 8, S2: 1494–1501.
- Slabinskaya I.A., Benderskaya O.B. 2023. Systems of Indicators for a Comprehensive Assessment of the Stability of the Functioning of Enterprises in the Construction and Transport Industry. Networked Control Systems for Connected and Automated Vehicles. Conference proceedings. St. Petersburg, 08–10 февраля 2022 года. Switzerland: Springer Nature Switzerland AG, v. 510-2: 597–603.

References

- Benderskaya O.B., Sidorova D.S. 2023. Analiz investitsionnoy politiki belgorodskikh predpriyatiy v 2021-2022 gg. [Analysis of the investment policy of Belgorod enterprises in 2021-2022]. Belgorodskiy ekonomicheskij vestnik, 2(110): 160–167.
- Bondarenko E.V., Stryabkova E.A. 2022. Risk-menedzhment kak osnova obespecheniya ekonomicheskoy bezopasnosti predpriyatiya [Risk management as a basis for ensuring the economic security of an enterprise]. Ekonomicheskaya bezopasnost' sotsial'no-ekonomicheskikh sistem: vyzovy i vozmozhnosti. Collection of proceedings of the IV International scientific and practical conference. Belgorod, Epitsentr: 195–199.

- Ilyin S.Y. 2022. Stoimostnoy podkhod k otsenke ustoychivosti funktsionirovaniya ekonomiki organizatsiy [Cost approach to assessing the sustainability of economic functioning of organizations]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, v. 17, 2(66): 131–136. DOI 10.12737/2073-0462-2022-131-136.
- Kravchenko L.N., Shevchenko M.V. 2020. Analiticheskoye obespecheniye protsessa upravleniya finansovym sostoyaniyem predpriyatiya kak bazisom yego ustoychivogo funktsionirovaniya [Analytical support for the process of managing the financial condition of an enterprise as the basis for its sustainable functioning]. Problemy sovremennoy ekonomiki, 3(75): 89–91.
- Kravchenko L.N., Shevchenko M.V. 2021. K voprosu o formirovaniy struktury kapitala kak faktora finansovoy ustoychivosti predpriyatiya [On the issue of forming the capital structure as a factor in the financial stability of an enterprise]. Problemy sovremennoy ekonomiki, 2(78): 77–81.
- Leksin V.N. 2022. Neopredelennost', riski i ustoychivost' sistem [Uncertainty, risk and systems resilience]. Proceedings of the Institute of System Analysis of the Russian Academy of Sciences, v. 72, 1: 3–14. DOI 10.14357/20790279220101.
- Matyash R.V., Chizhova E.N. 2023. Innovatsionnoye razvitiye Belgorodskoy oblasti: instrumenty razvitiya i strategii na 2023 god [Innovative development of the Belgorod region: development tools and strategies for 2023]. Naukoyemkiye tekhnologii i innovatsii (XXV nauchnyye chteniya). Collection of reports of the International Scientific and Practical Conference. Belgorod, BSTU: 1513–1519.
- Pimenova E.M. 2019. Osnovnyye aspekty prognozirovaniya ustoychivosti funktsionirovaniya predpriyatiya [Main aspects of forecasting the sustainability of an enterprise]. Rossiyskaya nauka: aktual'nyye issledovaniya i razrabotki. Collection of scientific articles of the VIII All-Russian Scientific and Practical Conference, v. 2: 121–125.
- Reykhov Y.N., Tugushov K.V., Nesterov V.A., Lebedev A.Y. 2021. Problemy zashchity material'nykh tsennostey i obespecheniya ustoychivosti funktsionirovaniya ob'yektov ekonomiki v chrezvychnykh situatsiyakh [Problems of protecting material assets and ensuring the sustainability of the functioning of economic facilities in emergency situations]. Grazhdanskaya oborona na strazhe mira i bezopasnosti. Materials of the V International Scientific and Practical Conference dedicated to World Civil Defense Day, v. I: 3–12.
- Snitko L.T., Chizhova E.N., Borodin M.A. 2021. Strategicheskoye upravleniye chelovecheskim kapitalom kak sostavlyayushchaya razvitiya predpriyatiya [Strategic human capital management as a component of enterprise development]. Vestnik Belgorodskogo universiteta kooperatsii, ekonomiki i prava, 5(90): 135–148. DOI 10.21295/2223-5639-2021-5-135-148.
- Stryabkova E.A., Kulik A.M., Gerasimova N.A., Tebekin M.V. 2023. K voprosu o faktorakh, opredelyayushchikh tipologiyu prostranstvennoy polyarizatsii regionov [On the issue of the factors that determine the typology of spatial polarization of regions]. APK: ekonomika, upravleniye, 2: 13–23. DOI 10.33305/231-13.
- Chizhova E.N., Pozhidaeva A.Y. 2022. Kommercheskiye i finansovyye riski v usloviyakh nestabil'nosti i razvitiye fondov tselevogo kapitala [Commercial and financial risks in unstable conditions and the development of endowment funds]. Ekonomika. Obshchestvo. Chelovek. Proceedings of the national scientific and practical conference with international participation, v. 1, XLI. Belgorod, BSTU: 336–342.
- Chizhova E.N., Stryabkova E.A. 2018. Ekonomicheskaya bezopasnost' Belgorodskoy oblasti: ugrozy i vozmozhnosti [The economic security of the Belgorod region: threats and opportunities]. Ekonomicheskaya bezopasnost' sotsial'no-ekonomicheskikh sistem: vyzovy i vozmozhnosti. Collection of scientific papers of the international scientific-practical conference. Belgorod, Belgorod National Research University: 12–16.
- Balabanova G.G., Davydenko T.A., Chizhova E.N. [et al.]. 2020. Russia In Global Economy: Problems Of The New Technological Mode. European Proceedings of Social and Behavioural Sciences EpSBS: Proceedings of the Trends and Innovations in Economic Studies, Science on Baikal Session (TIESS 2020), v. 96. Irkutsk: European Publisher: 751–757. DOI 10.15405/epsbs.2020.12.98.
- Bondareva, Y., Vaganova, O., Vladyka, M., Kamyschanchenko, E., Stryabkova, E. 2021. Theoretical and methodological approaches to assessing the quality of regional economic space. Economic Annals-XXI, 193(9-10): 152–160.
- Doroshenko Y.A., Minaeva L.A., Somina I.V., Glagoleva N.N. 2020. Mechanism of stimulate the growth of highly competitive technology business. Lecture notes in networks and systems, v. 128: 906–915. DOI 10.1007/978-3-030-46817-0_102.



- Doroshenko Y.A., Starikova M.S., Riapukhina V.N. 2021. Models of regional development in Russia: level of industrialization and innovative performance. *Engineering economics*, v. 32, 3: 247–257. DOI 10.5755/j01.ee.32.3.25897.
- Slabinskaya I.A., Benderskaya O.B. 2016. Stable development' term and its usage in Russian economic editions. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, v. 8, S2: 1494–1501.
- Slabinskaya I.A., Benderskaya O.B. 2023. Systems of Indicators for a Comprehensive Assessment of the Stability of the Functioning of Enterprises in the Construction and Transport Industry. Networked Control Systems for Connected and Automated Vehicles. Conference proceedings. St. Petersburg, 08–10 fevralya 2022 goda. Switzerland, Springer Nature Switzerland AG, v. 510-2: 597–603.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

Поступила в редакцию 01.08.2024

Поступила после рецензирования 14.08.2024

Принята к публикации 26.08.2024

Received August 01, 2024

Revised August 14, 2024

Accepted August 26, 2024

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Бендерская Ольга Борисовна, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры бухгалтерского учета и аудита, Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Olga B. Benderskaya, PhD in Economics, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Accounting and Audit, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russia

УДК-338.4

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-597-609

Выбор руководством предприятий пищевой промышленности внедряемых цифровых технологий для решения стратегических, тактических и операционных задач

Малиновский М.О., Анисимов А.Ю.

Университет «Синергия», Москва

Россия, 125167, г. Москва, Ленинградский пр-т, д. 80

E-mail: maxmalinovsky@inbox.ru, anisimov_au@mail.ru

Аннотация. В условиях цифровой экономики повышение конкурентоспособности предприятий пищевой промышленности зависит от качества управления, на которое, в свою очередь, оказывает влияние уровень цифрового развития, достигаемый как внедрением цифровых технологий, так и повышением цифровых компетенций сотрудников. Целью исследования является поиск теоретического обоснования выбора руководством предприятий пищевой промышленности цифровых технологий для принятия управленческих решений. Теоретико-методической основой исследования являются труды ученых в области цифровой трансформации промышленного сектора. Для достижения цели исследования использовались общенаучные методы изучения экономических явлений, методы статистического анализа. Информационную базу исследования составили статистические данные, публикуемые Росстатом. В исследовании предложена классификация цифровых технологий с точки зрения целей и уровней управления. Предложенная классификация дополняет современную теорию цифровой трансформации и позволяет обеспечить рациональный подход к выбору внедряемых цифровых технологий с точки зрения поставленных перед предприятием стратегических, тактических и оперативных задач. Исследование вносит вклад в понимание проблем цифровизации пищевой промышленности и позволяет выявить ключевые аспекты, которые необходимо учитывать при внедрении цифровых технологий в данном секторе. Результаты исследования позволили выявить наиболее используемые на предприятиях пищевой промышленности цифровые технологии, определить основные трудности, с которыми сталкиваются предприятия пищевой промышленности при использовании и внедрении цифровых технологий, и оценить результативность их внедрения.

Ключевые слова: цифровая трансформация, пищевая промышленность, цифровые технологии, уровни управления, блокчейн, искусственный интеллект

Для цитирования: Малиновский М.О., Анисимов А.Ю. 2024. Выбор руководством предприятий пищевой промышленности внедряемых цифровых технологий для решения стратегических, тактических и операционных задач. Экономика. Информатика, 51(3): 597–609. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-597-609

The Choice of the Management of Food Industry Enterprises Implementing Digital Technologies to Solve Strategic, Tactical and Operational Tasks

Maxim O. Malinovsky, Alexander Yu. Anisimov

Synergy University, Moscow

Leningradsky Ave, 80, Moscow 125167, Russia

E-mail: maxmalinovsky@inbox.ru, anisimov_au@mail.ru

Abstract. In the digital economy, increasing the competitiveness of food industry enterprises depends on the quality of management, which, in turn, is influenced by the level of digital development achieved both by the introduction of digital technologies and by increasing the digital competencies of employees. The purpose of the study is to classify digital technologies used in food industry enterprises in terms of goals and levels of



management. The theoretical and methodological basis of the research is the works of scientists in the field of digital transformation of the industrial sector. To achieve the goal of the study, general scientific methods of studying economic phenomena and methods of statistical analysis were used. The information base for the study was made up of statistical data published by Rosstat. The study proposes a classification of digital technologies in terms of goals and levels of management. The proposed classification complements the modern theory of digital transformation and allows for a rational approach to the selection of implemented digital technologies from the point of view of the strategic, tactical and operational tasks assigned to the enterprise. The study contributes to the understanding of the challenges of digitalization in the food industry and identifies key aspects that need to be taken into account when introducing digital technologies in this sector. The results of the study made it possible to identify the most used digital technologies at food industry enterprises, identify the main difficulties faced by food industry enterprises when using and implementing digital technologies, and evaluate the effectiveness of their implementation.

Keywords: digital transformation, food industry, digital technologies, management levels, blockchain, artificial intelligence

For citation: Malinovsky M.O., Anisimov A.Yu. 2024. The Choice of the Management of Food Industry Enterprises Implementing Digital Technologies to Solve Strategic, Tactical and Operational Tasks. Economics. Information technologies, 51(3): 597–609. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-597-609

Введение

Цифровая трансформация пищевой промышленности становится все более актуальной, играя важную роль в решении проблем, с которыми сталкивается руководство предприятий на современном этапе, в том числе повышением спроса на продовольственные товары, изменением поведения потребителей, а также необходимостью оптимального использования ресурсов. Однако эффективность цифровой трансформации зависит не только от самих цифровых технологий, но и от способа их использования.

Процесс цифровой трансформации оказывает глубокое влияние на эффективность, производительность и конкурентоспособность предприятий. За последние годы производственные предприятия столкнулись с рядом проблем, связанных с волатильностью спроса и постоянно меняющимися требованиями как со стороны клиентов, так и со стороны поставщиков. Перечисленные проблемы вынудили руководство предприятия пищевой промышленности адаптироваться к новым технологическим достижениям и внедрять новые решения для оптимизации производственных систем. Сегодня на продовольственный рынок большое влияние оказывает разнообразие и индивидуализация продукции, также растущая осведомленность потребителей в отношении качества, экологичности продукции, способов коммуникации и обеспечения прозрачности доставки продуктов.

Значительные изменения со стороны моделей потребительского поведения, концентрации розничной торговли и новых подходов к доставке продуктов питания, повышению требований к безопасности продуктов питания вызвали необходимость цифровой трансформации предприятий пищевой промышленности, основанной на внедрении цифровых технологий, направленных на создание «умных» экосистем, способных трансформировать промышленные процессы. Цифровые преобразования призваны использовать потенциал быстро развивающихся информационно-коммуникационных технологий в пищевой промышленности с использованием таких технологий, как машинное обучение, искусственный интеллект, блокчейн и Интернет вещей [Francisco J. et al., 2024].

Катализатором усиления цифровой трансформации предприятий пищевой промышленности выступили ограничительные меры, связанные с пандемией Covid-19. Пищевая промышленность – одна из немногих отраслей, которая продолжила производственную деятельность в 2020 году. Однако предприятиям пищевой промышленности пришлось адаптироваться, в первую очередь, за счет внедрения цифровых технологий, обеспечивающих коммуникационное взаимодействие между субъектами отрасли и ее потребителями, при этом

адаптация носила стихийный характер. В связи с чем на современном этапе актуализируются вопросы систематизации цифровых технологий, формирования подходов и методов, способных обеспечить релевантность применяемых цифровых технологий к целям и задачам функционирования предприятий пищевой промышленности, основанных на проработанной с теоретической и практической точек зрения методологии.

Материалы и методы исследования

С целью определения наиболее используемых в управлении предприятием пищевой промышленности цифровых технологий, проанализируем имеющиеся публикации, в которых раскрываются исследуемые нами вопросы.

Всю имеющуюся выборку публикаций подвергаем двухэтапному анализу. На первом этапе проведен отбор публикаций по ключевым словам. На втором этапе проведена оценка содержания публикаций на соответствие цели нашего исследования. Отбор публикаций произведен только из рецензируемых научных журналов.

Общее количество научных статей в научной электронной библиотеке Elibrary, посвященных цифровой трансформации пищевой промышленности за период с 2017 по 2024 годы, составило 51 единицу. Количество научных статей в реферативной базе ScienceDirect за аналогичный период составило 4885 единиц. Наиболее соответствующими цели исследования выступили 10 публикаций отечественных авторов. Обзор зарубежных публикаций позволил отобрать 10 статей, отражающих общие тенденции реализации управленческих функций предприятиями пищевой промышленности в условиях цифровой трансформации.

Исследование выполнено с использованием методов контент-анализа и дескриптивного статистического анализа, позволяющего визуализировать данные для получения представления о структуре и основных характеристиках используемых цифровых технологий на предприятиях пищевой промышленности.

Информационной базой для проведения контент анализа послужили научная электронная библиотека Elibrary и реферативная база ScienceDirect. Глубина архива включает опубликованные статьи в рецензируемых научных журналах за период с 2017 по 2024 годы.

Основной источник эмпирических данных – база Росстата [Росстат, 2023]. Глубина архива включает опубликованные данные за 2021–2022 гг.

Результаты исследования

Среди отечественных авторов, раскрывающих вопросы развития управленческих процессов в условиях цифровой трансформации, наш выбор был остановлен на работах таких авторов, как: Кучумов А.В. и др, Благовещенский И.Г. и др., Забайкин Ю.В. и др.

Кучумов А.В. [Кучумов и др., 2023], исследуя возможности цифровых технологий для цифровой трансформации пищевой промышленности, отмечает важность управления качеством на основе обработки информации о состоянии материальных потоков и производственных процессов на всех их стадиях. Автор также проводит дифференциацию цифровых технологий по основным этапам управления производственным процессом.

Забайкин Ю.В. исследует вопросы применения таких цифровых технологий, как Интернет вещей и цифровые двойники для создания виртуальной копии производственного процесса с целью моделирования различных вариантов управленческих решений [Забайкин и др. 2023].

Благовещенский И.Г. [Благовещенский и др., 2023] и Али Б.А. [Али, 2020] исследуют системы обработки больших данных в целях решения организационно-управленческих задач, раскрывают важность создания таких технологий, как «умные покупки», «умные продукты», «умные упаковки».

Обеспечение цифрового присутствия и развитие технологий цифрового маркетинга представлено в работе [Кирясова, 2023]. Вопросы повышения качества обслуживания потребителей с использованием цифровых технологий раскрыты в работах Кузнецова В.О. [Кузнецов, 2023]. Ряд авторов указывают на необходимость разработки автоматизированных

информационных систем (АИС), адаптированных к потребностям отрасли [Чапаев, Рабаданова, 2019; Шаффрат, Шальк, 2019].

Фролова А.К. и Шереметьева Е.Н. в качестве перспективных направлений цифровой переориентации менеджмента выделяют использование технологий промышленного Интернета вещей, компьютерного зрения, а также применение элементов искусственного интеллекта [Фролова, Шереметьева, 2023]. Глинянов С.В. отдает приоритет использованию цифровых двойников в пищевой промышленности, которые, по мнению автора, имеют большой потенциал для улучшения качества продукции, оптимизации производственных процессов и повышения устойчивости производства [Глинянов и др., 2023].

Авторы зарубежных научных исследований в большей степени акцентируют внимание на проведении эмпирической оценки степени влияния цифровых технологий на результаты деятельности предприятий пищевой промышленности [Nivornusit et.al, 2024], тесноты связи между используемыми цифровыми технологиями и эффективностью отдельных управленческих процессов [Vilas-Boas et.al, 2023; Lahane et.al, S. 2023; Nuttah et.al, 2023; Ram et.al, 2024]. Систематизация точек зрения всех вышеперечисленных исследователей в отношении цифровых технологий, используемых для реализации управленческих функций предприятий пищевой промышленности, позволяет нам констатировать, что они согласны с необходимостью адаптации управленческих процессов к современным технологиям, однако, способы реализации самих управленческих процессов, механизма их адаптации к цифровым технологиям еще предстоит разработать.

Исследованные нами публикации в большей степени сосредоточены на общих направлениях внедрения цифровых технологий, их влиянии на различные аспекты деятельности предприятий, в то же время вопросам организации управления в условиях внедрения цифровых технологий уделяется небольшое внимание. Так, на наш взгляд, не раскрыты вопросы потенциала цифровых технологий для реализации управленческих процессов предприятия на стратегическом, тактическом и оперативном уровнях.

В эпоху постоянного технологического прогресса руководство предприятий пищевой промышленности внедряет ряд технологических решений, направленных на устранение существующих проблем и открытие новых возможностей. Благодаря быстрому темпу бизнес-операций, постоянно меняющемуся потребительскому спросу и сложным цепочкам поставок этот сектор может получить выгоды от внедрения инновационных цифровых решений. Согласно исследованию Market Research Future [MRF, 2023], в 2023 году мировой рынок цифровой трансформации в индустрии продуктов питания достиг 13,6 млрд долларов США, что свидетельствует о значительном потенциале цифровой трансформации. От оптимизации производственных процессов до повышения качества обслуживания клиентов – цифровая трансформация меняет бизнес-процессы предприятий пищевой промышленности. Используя передовые инструменты и методы визуализации данных, руководство предприятий может извлекать значимую информацию из них, что позволяет им принимать более обоснованные решения и повышать операционную эффективность. Исследование научных публикаций позволило выявить, что наиболее важными управленческими процессами предприятий пищевой промышленности, которые требуют применения современных цифровых технологий, выступают: бизнес-аналитика, прогнозирование спроса и управление продажами. Так, бизнес-аналитика позволяет руководству предприятий пищевой промышленности оптимизировать цепочки поставок, прогнозировать предпочтения потребителей и повышать общую производительность. Например, предиктивная аналитика может помочь прогнозировать структуру спроса, позволяя производителям оптимизировать производственные графики и сократить потери. Кроме того, анализируя данные и поведение клиентов, возможно адаптировать маркетинговые стратегии предприятий, персонализировать имеющийся опыт и выстроить более прочные отношения с целевой аудиторией. Прогнозирование спроса является важнейшей составляющей принятия решений в пищевой промышленности. Прогнозируя изменения и тенденции потребительского спроса,

руководство предприятия может рационально планировать производство и поставки, а также избегать ситуаций избытка или отсутствия товара.

В качестве основных цифровых технологий для решения управленческих задач прогнозирования спроса и бизнес-анализа могут использоваться алгоритмы машинного обучения и искусственного интеллекта.

Алгоритмы машинного обучения и основанные на них модели прогнозирования могут использовать исторические данные о продажах, рыночные тенденции и другие соответствующие факторы для построения точных моделей прогнозирования спроса. Анализируя данные и обучаясь на них, эти модели и алгоритмы могут автоматически выявлять и фиксировать закономерности спроса, формировать прогнозы, а также предоставлять целевые рекомендации и поддержку для принятия решений.

Технологии AI способны имитировать процесс принятия решений. В пищевой промышленности активно применяются технологии AI, основанные на экспертной системе, представляющей собой компьютерное приложение, которое интегрирует большое количество решений проблем, связанных с определенной предметной областью, а также системе нечеткой логики [El Jaouhar, Namidi 2024]. Искусственный интеллект и большие данные обладают существенным потенциалом для пищевой промышленности [Kakani, 2020]. Применение этих технологий может обеспечить значительные преимущества пищевой отрасли, в том числе в повышении производительности, снижении затрат, оптимизации управления цепочками поставок, а также улучшении качества и безопасности продукции. Однако проведение эмпирических исследований в области использования современных цифровых технологий на предприятиях пищевой промышленности в России свидетельствует о том, что их использование ограничено. Так, данные рис. 1 показывают, что технологии AI и анализа больших данных используют только 7,35 % и 8,92 % предприятий соответственно.

Важными цифровыми инструментами управления рационализацией и оптимизацией процессов на предприятиях пищевой промышленности являются специальное программное обеспечение. Структура использования подобного обеспечения представлена на рисунке 2.

Данные рис. 2 показывают, что наиболее широко на предприятиях распространено использование систем электронного документооборота, в 2022 году доля предприятий, использовавших системы ЭДО, составила 94 %, что на 9 % больше, чем в 2021 году. Для автоматизации учета, движения, контроля и управления товарами, планирования и оптимизации поставок и хранения товаров специальное программное обеспечение использовало в 2021 году 44 % предприятий, в 2022 году – 62 % предприятий, использующих цифровые технологии.

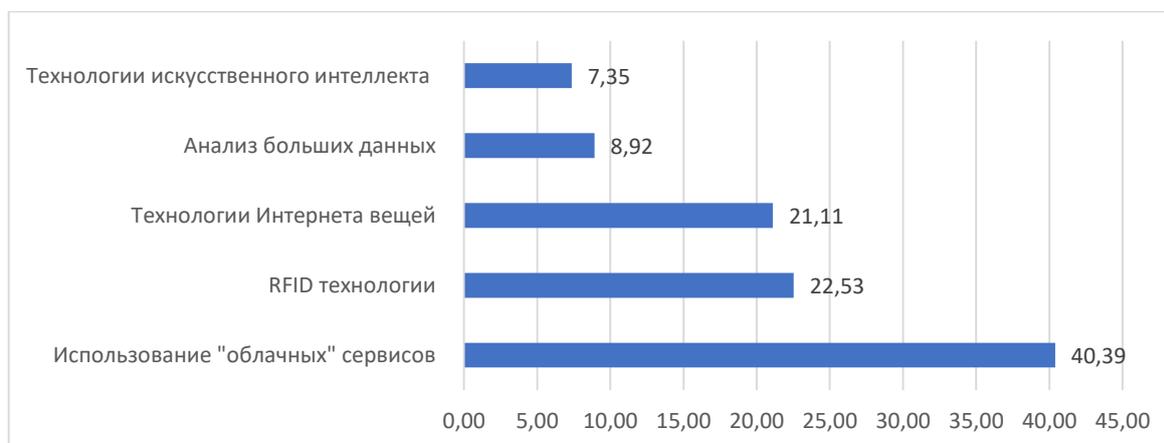


Рис. 1. Использование цифровых технологий на предприятиях пищевой промышленности
Fig. 1. Use of digital technologies in food industry enterprises

Источник: составлено авторами на основе данных <https://rosstat.gov.ru/statistics/science>
Source: compiled by the authors based on <https://rosstat.gov.ru/statistics/science>

На третьем месте по распространенности программного обеспечения, используемого предприятиями пищевой промышленности, является ПО для управления продажами, так в 2021 году его использовали 47 % предприятий, а в 2022 году уже 62 % предприятий.

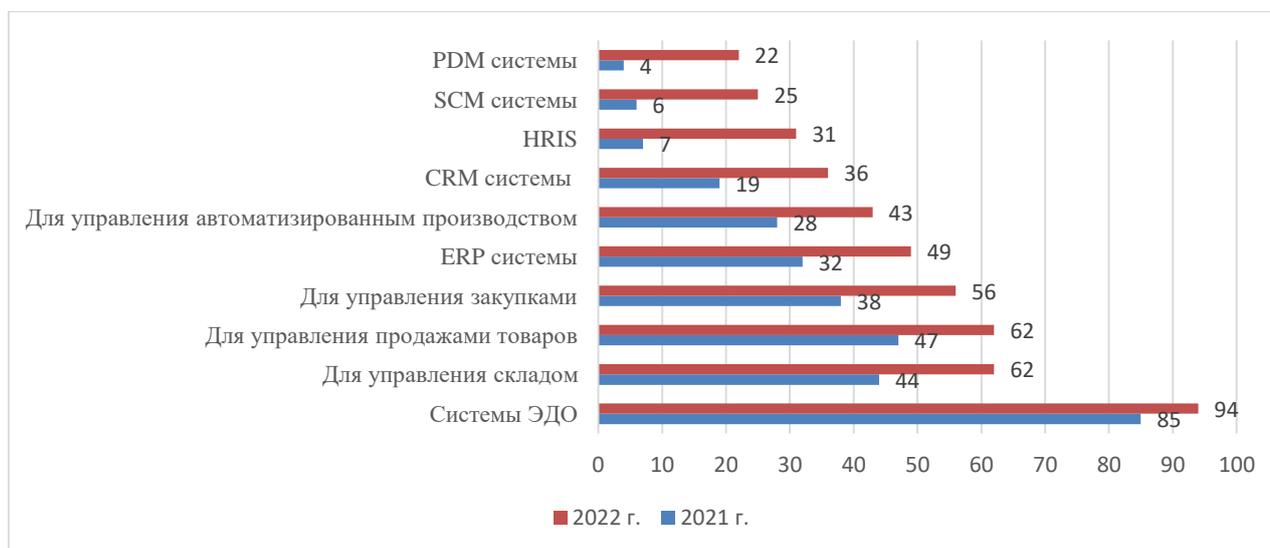


Рис. 2. Структура использования специальных ПО для управления предприятием, %
 Fig. 2. Structure of the use of special software for enterprise management, %

Источник: составлено авторами на основе данных <https://rosstat.gov.ru/statistics/science>
 Source: compiled by the authors based on <https://rosstat.gov.ru/statistics/science>

Данные, характеризующие использование цифровых технологий (рис. 1 и 2), демонстрируют рост числа предприятий, использующих цифровые технологии для управления их бизнес-процессами.

Оценка форм продажи с использованием информационно-коммуникационных технологий (далее ИКТ) (рис. 3) показывает, что наиболее используемой выступает автоматизированный обмен сообщениями, его доля в 2021 году составила 81 %, в 2022 году увеличилась на 3 % и достигла уровня в 84 %. Автоматизированный обмен сообщениями позволяет повысить омниканальность продвижения продукции на основе беспрепятственного обмена сообщениями, обеспечения бесперебойного потока информации, оптимизации операций и согласованного взаимодействия с потребителями. Также необходимо отметить рост использования веб-сайтов с 47 % до 50 % предприятий, использующих программное обеспечение (далее ПО) для управления продажами, а также рост числа предприятий, размещающих свою продукцию на маркетплейсах.

Кроме этого, также необходимо отметить расширение числа используемых цифровых технологий, однако, несмотря на рост используемых предприятиями пищевой промышленности ИКТ, оценки предприятий в отношении эффективности цифровых технологий неоднозначны.

Так, оценка руководством предприятий пищевой промышленности использования технологии «сбор, обработка и анализ больших данных» показывает, что от 60 до 74 % из них указывают, что использование данной технологии не повлияло на эффективность внутренних и внешних бизнес-процессов предприятия (рис. 4). Еще более высокий процент руководителей предприятий указали, что использование технологии «Искусственный интеллект» (от 84 до 87 %) не влияет на эффективность бизнес-процессов (рис. 5).

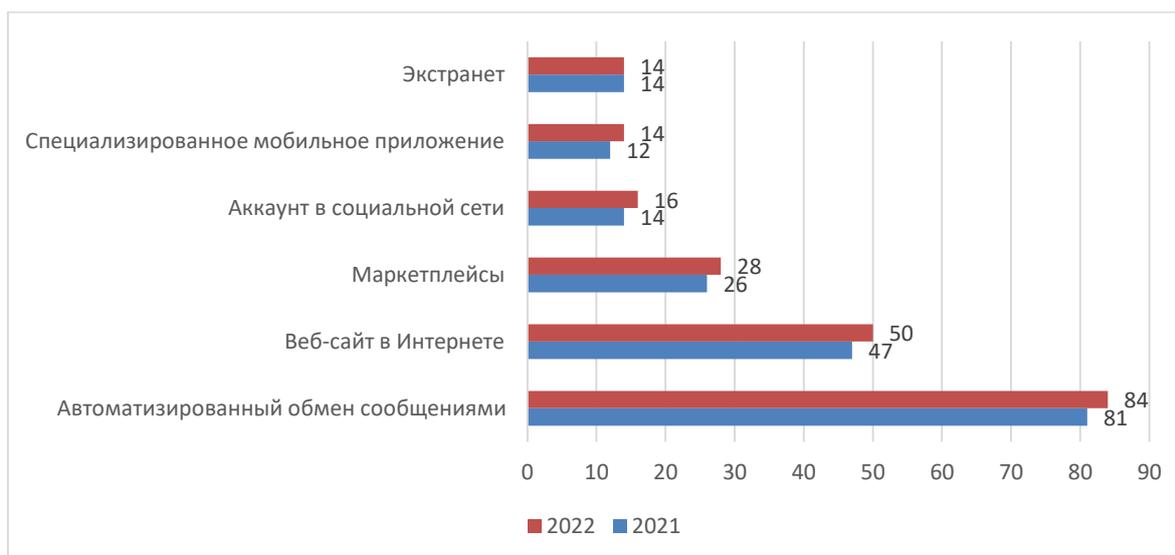


Рис. 3. Формы продаж с использованием ИКТ
 Fig. 3. Forms of sales using ICT

Источник: составлено авторами на основе данных <https://rosstat.gov.ru/statistics/science>
 Source: compiled by the authors based on <https://rosstat.gov.ru/statistics/science>

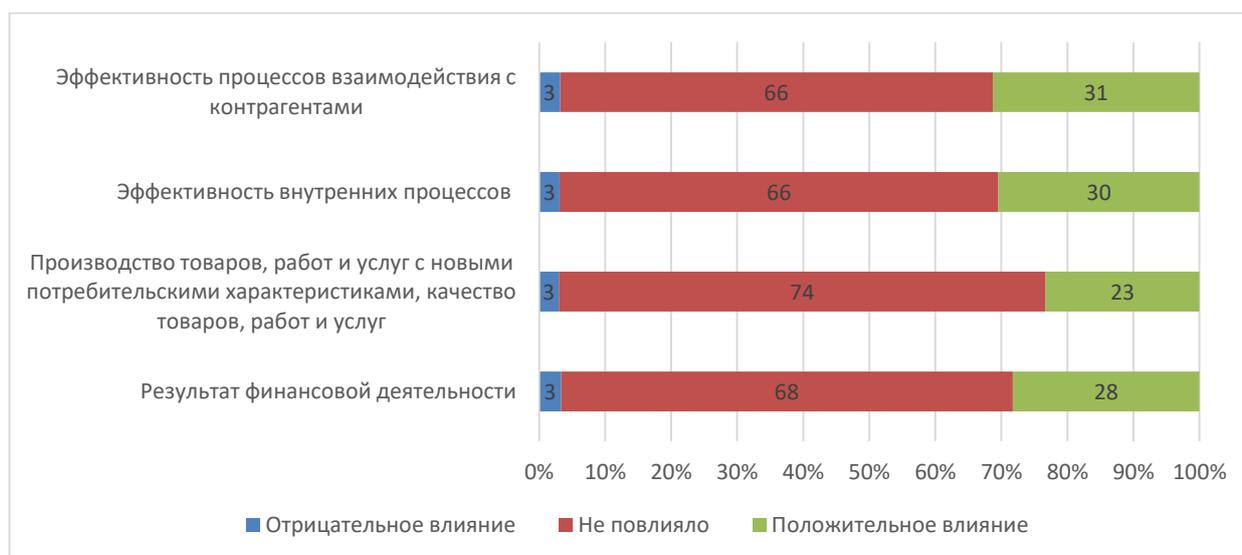


Рис. 4. Оценка руководством предприятий пищевой промышленности использования технологии «Сбор, обработка и анализ больших данных»
 Fig. 4. Assessment by the management of food industry enterprises of the use of technology “Collection, processing and analysis of big data”

Источник: составлено авторами на основе данных <https://rosstat.gov.ru/statistics/science>
 Source: compiled by the authors based on <https://rosstat.gov.ru/statistics/science>

Среди основных негативных причин, на которые указали руководители предприятий при оценке факторов, оказывающих влияние на изменение эффективности управленческих и производственных бизнес-процессов, выступили высокий уровень затрат по сравнению с выгодой (40%), недостаточность массивов данных, необходимых для использования технологий, их низкое качество (37%), а также недостаточно развитую ИКТ-инфраструктуру (37%) (рис. 6).

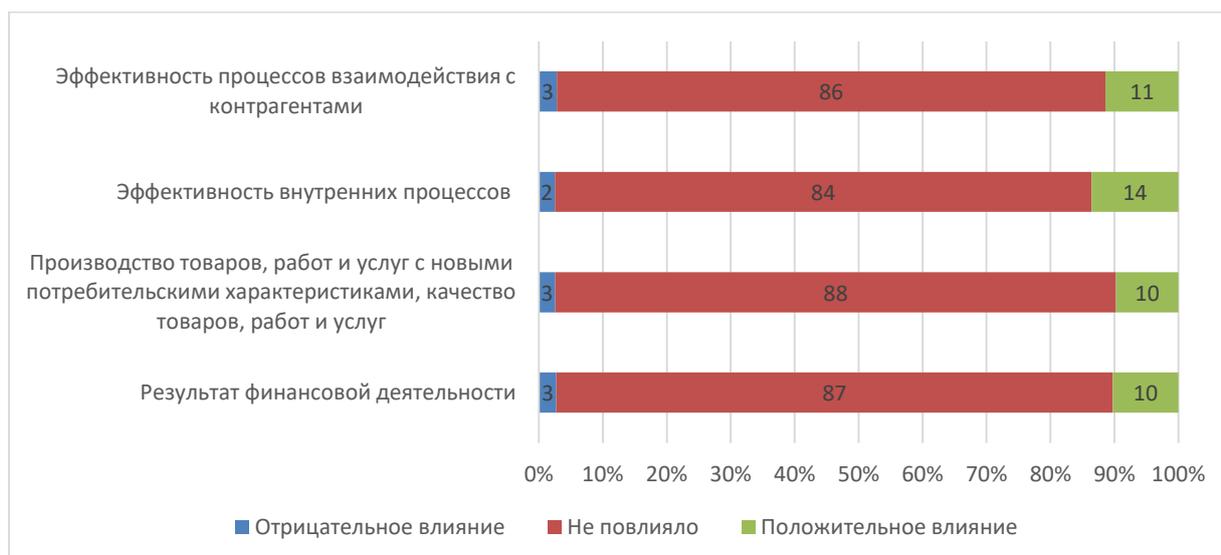


Рис. 5. Оценка руководством предприятий пищевой промышленности использования технологии «Искусственный интеллект»

Fig. 5. Management assessment of food industry enterprises using Artificial Intelligence technology

Источник: составлено авторами на основе данных <https://rosstat.gov.ru/statistics/science>
 Source: compiled by the authors based on <https://rosstat.gov.ru/statistics/science>



Рис. 6. Оценка руководством предприятий факторов, влияющих на использование прочих цифровых технологий

Fig. 6. Enterprise management's assessment of factors influencing the use of other digital

Источник: составлено авторами на основе данных <https://rosstat.gov.ru/statistics/science>
 Source: compiled by the authors based on <https://rosstat.gov.ru/statistics/science>

Проведенное исследование показало, что происходит рост количества внедряемых цифровых технологий в деятельность предприятий пищевой промышленности, однако, результаты опросов руководителей предприятий, проведенные Росстатом, показывают, что

они не в полной мере удовлетворены результатами проводимой цифровой трансформации. По нашему мнению, возможными причинами, объясняющими отсутствие видимого для руководства предприятий результата, могут выступать следующие:

- недостаточная подготовка сотрудников;
- недостаточная интеграция с существующими системами, вызывающая проблемы с совместимостью и работоспособностью;
- недостаточное понимание потенциала цифровых технологий;
- отсутствие ясной стратегии и четкого плана по внедрению и использованию цифровых технологий, что вызывает наличие неопределенных и фрагментарных результатов.

Кроме этого, на современном этапе предприятиям пищевой промышленности требуется более четкое представление о потенциале цифровых технологий для управленческого процесса, позволяющее определить преимущества и недостатки определенных цифровых технологий, их цели и задачи, на которые они ориентируются. На современном этапе в условиях отсутствия четких методических аспектов разработки стратегии цифровой трансформации и внедрения цифровых технологий в бизнес-процессы предприятий пищевой промышленности требуется структуризация применяемых на предприятиях пищевой промышленности цифровых технологий в зависимости от целей их использования и уровней управления. Основываясь на предложенной Ancín R. и др. [Ancín et al, 2022] классификации цифровых технологий, можно предложить следующую их структуру по функциям управления (табл. 1).

Таблица 1
 Table 1

Структурирование цифровых технологий по целям и уровням управления
 Structuring of digital technologies by goals and levels of management

Классификация цифровых технологий по целям управления	Цели внедрения цифровых технологий	Цифровые технологии	Уровень управления
Технологии повышения эффективности	Обработка информации для принятия обоснованных управленческих решений	Облачные вычисления, Анализ больших данных	Стратегический
Технологии отказа от посредничества	Обеспечение контроля и прозрачности проведения транзакций и обмена информацией, уменьшение издержек за счет сокращения цепочки поставок	Блокчейн, Смарт-контракты	Тактический
Технологии подключения	Сбор информации для обеспечения коммуникации и обмена данными о взаимодействии между различными устройствами, системами и сетями, обеспечение мониторинга и контроля	Интернет вещей, RFID	Оперативный
Технологии автоматизации	Повышение эффективности, сокращение времени на выполнение задач, снижение вероятности ошибок и улучшение принятия управленческих решений	ERP-системы, CRM-системы, BI-системы	Оперативный

Как видно в табл. 1, для обработки большого объема информации с целью принятия обоснованных управленческих решений на стратегическом уровне необходимо использование облачных вычислений и технологий анализа больших данных. Данный блок позволяет решать вопросы прогнозирования спроса и проведения бизнес-анализа, способствует более эффективному стратегическому принятию решений. Технологии отказа от посредничества

направлены на сокращение затрат и повышение прозрачности в цепях поставок, позволяют принимать тактические решения.

Сбор информации для обеспечения коммуникации и обмена данными о взаимодействии между различными устройствами, системами и сетями, обеспечение мониторинга и контроля реализуется посредством использования таких технологий, как Интернет вещей, RFID технологий, позволяющих обеспечить непрерывный мониторинг в режиме реального времени за производственными процессами и складскими операциями. Технологии автоматизации принятия управленческих решений имеют своей целью формирование управленческой отчетности, мониторинга показателей, а также оценки эффективности управленческих решений, их использование целесообразно на оперативном уровне.

Предложенная структура использования цифровых технологий в зависимости от целей управления, а также уровня управления позволит сформировать более четкое представление о потенциале цифровых технологий для управленческого процесса на предприятиях пищевой промышленности, определить их преимущества и недостатки в рамках разработки стратегии управления предприятием в условиях цифровой трансформации.

Заключение

Проведенное исследование показало, что внедрение цифровых технологий становится трендом развития предприятий, в том числе пищевой промышленности. Все более активно на предприятиях пищевой промышленности стали внедряться технологии анализа больших данных, облачные вычисления, RFID технологии и технологии блокчейн. Сам процесс цифровой трансформации оказывает значительное влияние на все бизнес-процессы предприятия, такие как: принятие управленческих решений, организация производственного процесса, взаимодействие с потребителями и т. д. Определяющим фактором, повлекшим увеличение количества внедряемых цифровых технологий, стала пандемия covid-19, в значительной степени поменявшая модели потребительского поведения, что соответственно потребовало от руководства предприятий изменения модели взаимодействия с потребителями и усиления цифрового присутствия. На предприятиях стали внедряться цифровые технологии, однако, как показали статистические исследования в сфере оценки предприятиями результативности внедрённых технологий, руководители предприятий не отметили ожидаемого результата. В качестве основных причин нами были отмечены следующие: недостаточная подготовка сотрудников, недостаточная интеграция с существующими системами, что вызывает проблемы с совместимостью и работоспособностью, недостаточное понимание потенциала цифровых технологий, отсутствие ясной стратегии и четкого плана по внедрению и использованию цифровых технологий, что вызывает наличие неопределенных и фрагментарных результатов. С целью снижения неопределенности в процессе принятия решений, направленных на цифровую трансформацию предприятий пищевой промышленности, необходимо более четкое понимание потенциала цифровых технологий для управленческих процессов, позволяющее определить достоинства и недостатки конкретных цифровых решений, их назначение и цели использования. В условиях отсутствия четких методических подходов по внедрению цифровых технологий в бизнес-процессы предприятий пищевой промышленности требуется их структуризация. В связи с чем в работе выявлены основные характеристики, связанные с классификацией цифровых технологий с точки зрения целей и уровней управления, дополняющие современную теорию цифровой трансформации и позволяющие обеспечить рациональный подход к выбору внедряемых цифровых технологий в рамках поставленных перед предприятием стратегических, тактических и оперативных задач.

Список источников

Росстат. 2023. Наука, инновации и технологии. Федеральная служба государственной статистики.
URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/science> (дата обращения: 07.08.2024).
Market Research Future – URL: <https://www.marketresearchfuture.com/> (дата обращения: 07.08.2024).

Список литературы

- Али Б.А. 2020 Цифровые технологии в развитии пищевой промышленности. Вестник Академии знаний, 41(6): 23–27. DOI 10.24412/2304-6139-2020-10754.
- Благовещенский И.Г., Благовещенский В.Г., Безуглов В.С. 2023. Основные перспективные направления применения цифровых технологий в пищевой промышленности. Фабрика будущего: переход к передовым цифровым интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам для отраслей пищевой промышленности : сборник научных докладов IV Международной специализированной конференции-выставки, Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)»: 97–105.
- Глинянов С.В., Глинянов М.В., Капитонова Ю.С. 2023. Интернет вещей и цифровые двойники в пищевой промышленности: преимущества и вызовы для потребителей и производителей. Экономика: вчера, сегодня, завтра, 13(4-1): 843–852. DOI 10.34670/AR.2023.54.96.099.
- Забайкин Ю.В., Глинянов С.В., Глинянов М.В., Капитонова Ю.С. 2023. Использование инновационных технологий в производстве пищевых продуктов: роль Интернета вещей и цифровых двойников в повышении эффективности и качества. Экономика: вчера, сегодня, завтра, 13(4-1): 832–842. DOI 10.34670/AR.2023.38.92.098.
- Кирясов С.С. 2023. Совершенствование маркетинговой стратегии продвижения товаров предприятия пищевой промышленности на основе цифровых технологий. Экономика: вчера, сегодня, завтра, 13(5-1): 745–750. DOI 10.34670/AR.2023.29.33.106.
- Кузнецов В.О. 2023. Цифровая трансформация в пищевой промышленности и ее роль в увеличении стоимости компании. Экономика: вчера, сегодня, завтра, 2023. 13(3-1): 619–624. DOI 10.34670/AR.2023.19.83.044.
- Кучумов А.В., Благовещенский И.Г., Благовещенский В.Г., Осташов П.И., Благовещенская М.М. 2023. Цифровизация производства пищевых продуктов. Роговские чтения: сборник докладов научно-практической конференции с международным участием, Москва, 16 декабря 2022 года. Курск: Закрытое акционерное общество «Университетская книга»: 262–270.
- Фролова А.К., Шереметьева Е.Н. 2023. Цифровизация как инструмент повышения эффективности менеджмента предприятий пищевой промышленности. Проблемы развития предприятий: теория и практика, 1(3): 71–75. DOI 10.46554/PEDTR-22-2023-3
- Чапаев Н.М., Рабаданова А.А. 2019. Цифровые технологии в пищевой промышленности. Экономика и управление: проблемы, решения, 3(12): 81–85. DOI: 10.24412/2304-6139-2020-10754
- Шаффрат Т., Шальк Г. 2019. Цифровизация в пищевой промышленности-сегодня и в будущем. Переработка молока, 5(235): 38–39. DOI: 10.18334/epp.12.5.114677.
- Ancín Rípodas M., Pindado T.E., Sánchez García, M. 2022. New trends in the global digital transformation process of the agri-food sector: an exploratory study based on Twitter. Agricultural Systems, 203: 103520. DOI: 10.1016/j.agsy.2022.103520.
- Jaouhari A., Hamidi L.S. 2024. Assessing the influence of artificial intelligence on agri-food supply chain performance: the mediating effect of distribution network efficiency. Technological Forecasting and Social Change, 200: 123149. DOI: 10.1016/j.techfore.2023.123149
- Kakani V. et al. 2020 A critical review on computer vision and artificial intelligence in food industry. Journal of Agriculture and Food Research, 2: 100033. DOI: 10.1016/j.jafr.2020.100033
- Lahane S., Paliwal V., Kant R. 2023. Evaluation and ranking of solutions to overcome the barriers of Industry 4.0 enabled sustainable food supply chain adoption. Cleaner Logistics and Supply Chain, 8: 100116. DOI: 10.1016/j.clscn.2023.100116.
- Nivornusit R., Kraiwani T., Limna P. 2024 Food delivery competition in the digital economy: Price war strategy in a developing country. Digital Business, 4(1). DOI: 10.1016/j.digbus.2024.1000
- Nuttah M.M., Roma P., Nigro G. L., Perrone G. 2023. Understanding blockchain applications in Industry 4.0: From information technology to manufacturing and operations management. Journal of Industrial Information Integration, 33: 100456. DOI: 10.1016/j.jii.2023.100456.
- Ram P.K., Pandey N., Persis J. 2024. Modeling social coupon redemption decisions of consumers in food industry: A machine learning perspective. Technological Forecasting and Social Change, 200: 123093. DOI: 10.1016/j.techfore.2023.123093.
- Santos, Francisco J., Guzmán C., Ahumada P. 2024. Assessing the digital transformation in agri-food cooperatives and its determinants. Journal of Rural Studies, 105: 103168. DOI: 10.1016/j.jrurstud.2023.103168



Vilas-Boas J.L., Rodrigues J.J., Alberti A.M. 2023. Convergence of Distributed Ledger Technologies with Digital Twins, IoT, and AI for fresh food logistics: Challenges and opportunities. *Journal of Industrial Information Integration*, 31: 100393. DOI: 10.1016/j.jii.2022.100393.

References

- Ali B.A. 2020 Digital technologies in the development of the food industry. *Bulletin of the Academy of Knowledge*, 41(6): 23–27. (in Russian). DOI 10.24412/2304-6139-2020-10754.
- Blagoveshchensky I.G., Blagoveshchensky V.G., Bezuglov V.S. 2023. Main promising areas of application of digital technologies in the food industry. *Factory of the future: transition to advanced digital, intelligent production technologies, robotic systems for the food industry: collection of scientific reports of the IV International Specialized Conference and Exhibition, Moscow: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH)": 97–105. (in Russian).*
- Glinyanov S.V., Glinyanov M.V., Kapitonova Yu.S. 2023. Internet of Things and Digital Twins in the Food Industry: Benefits and Challenges for Consumers and Producers. *Economics: yesterday, today, tomorrow*, 13(4-1): 843–852. (in Russian). DOI 10.34670/AR.2023.54.96.099.
- Zabaikin Yu.V., Glinyanov S.V., Glinyanov M.V., Kapitonova Yu.S. 2023 Using innovative technologies in food production: the role of the Internet of Things and digital twins in improving efficiency and quality. *Economics: yesterday, today, tomorrow*, 13(4-1): 832–842. DOI 10.34670/AR.2023.38.92.098.
- Kiryasov S.S. 2023 Improving the marketing strategy for promoting goods of a food industry enterprise based on digital technologies. *Economics: yesterday, today, tomorrow*, 13(5-1): 745–750. (in Russian). DOI 10.34670/AR.2023.29.33.106.
- Kuznetsov V.O. 2023. Digital transformation in the food industry and its role in increasing company value. *Economics: yesterday, today, tomorrow*, 2023. 13(3-1): 619–624. (in Russian). DOI 10.34670/AR.2023.19.83.044.
- Kuchumov A.V., Blagoveshchensky I.G., Blagoveshchensky V.G., Ostashov P.I., Blagoveshchenskaya M.M. 2023. Digitalization of food production. *Rogov Readings: collection of reports of a scientific and practical conference with international participation, Moscow, December 16, 2022. Kursk: Closed Joint Stock Company "University Book": 262–270. (in Russian).*
- Frolova A.K., Sheremetyeva E.N. 2023. Digitalization as a tool for increasing the management efficiency of food industry enterprises. *Problems of enterprise development: theory and practice*, 1(3): 71–75. (in Russian). DOI 10.46554/PEDTR-22-2023-3
- Chapaev N.M., Rabadanova A.A. 2019. Digital technologies in the food industry *Economics and management: problems, solutions*, 3(12): 81–85. (in Russian). DOI: 10.24412/2304-6139-2020-10754
- Schaffrath T., Schalk G. 2019. Digitalization in the food industry - today and in the future. *Milk Processing*, 5(235): 38–39. DOI: 10.18334/epp.12.5.114677.
- Ancín Rípodas M., Pindado T.E., Sánchez García, M. 2022. New trends in the global digital transformation process of the agri-food sector: an exploratory study based on Twitter. *Agricultural Systems*, 203: 103520. DOI: 10.1016/j.agsy.2022.103520.
- Jaouhari A., Hamidi L.S. 2024. Assessing the influence of artificial intelligence on agri-food supply chain performance: the mediating effect of distribution network efficiency. *Technological Forecasting and Social Change*, 200: 123149. DO: I10.1016/j.techfore.2023.123149
- Kakani V. et al. 2020 A critical review on computer vision and artificial intelligence in food industry. *Journal of Agriculture and Food Research*, 2: 100033. DOI: 10.1016/j.jafr.2020.100033
- Lahane S., Paliwal V., Kant R. 2023. Evaluation and ranking of solutions to overcome the barriers of Industry 4.0 enabled sustainable food supply chain adoption. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 8: 100116. DOI: 10.1016/j.clscn.2023.100116.
- Nivornusit R., Kraiwanit T., Limna P. 2024 Food delivery competition in the digital economy: Price war strategy in a developing country. *Digital Business*, 4(1). DOI: 10.1016/j.digbus.2024.1000
- Nuttah M.M., Roma P., Nigro G. L., Perrone G. 2023. Understanding blockchain applications in Industry 4.0: From information technology to manufacturing and operations management. *Journal of Industrial Information Integration*, 33: 100456. DOI: 10.1016/j.jii.2023.100456.
- Ram P.K., Pandey N., Persis J. 2024. Modeling social coupon redemption decisions of consumers in food industry: A machine learning perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, 200: 123093. DOI: 10.1016/j.techfore.2023.123093.



Santos, Francisco J., Guzmán C., Ahumada P. 2024. Assessing the digital transformation in agri-food cooperatives and its determinants. *Journal of Rural Studies*, 105: 103168. DOI: 10.1016/j.jrurstud.2023.103168

Vilas-Boas J.L., Rodrigues J.J., Alberti A.M. 2023. Convergence of Distributed Ledger Technologies with Digital Twins, IoT, and AI for fresh food logistics: Challenges and opportunities. *Journal of Industrial Information Integration*, 31: 100393. DOI: 10.1016/j.jii.2022.100393.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

Поступила в редакцию 18.06.2024

Поступила после рецензирования 09.08.2024

Принята к публикации 12.08.2024

Received June 18, 2024

Revised August 9, 2024

Accepted August 12, 2024

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Малиновский Максим Олегович, аспирант, кафедра предпринимательства и конкуренции, факультет бизнеса, Университет «Синергия», Москва, Россия

Анисимов Александр Юрьевич, кандидат экономических наук, доцент, заместитель директора по учебно-методической работе факультета информационных технологий, доцент кафедры информационного менеджмента и информационно-коммуникационных технологий им. профессора В.В. Дика, Университет «Синергия», Москва, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Maxim O. Malinovsky, Postgraduate Student, Department of Entrepreneurship and Competition, Faculty of Business, Synergy University, Moscow Russia

Alexander Y. Anisimov, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Deputy Director for Educational and Methodological the work of the Faculty of Information Technology, Associate Professor of the Department of Information Management and information and communication technologies them. professor V.V. Dick, Synergy University, Moscow, Russia

УДК 338.242.2

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-610-620

Направления совершенствования управления инновациями на предприятиях нефтегазовой отрасли

Пескова М.Е., Бурцев Д.С.

Национальный исследовательский университет ИТМО
Россия, 197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., д.49, лит. А
E-mail: mariapeskova3p@mail.ru, dsburtcev@itmo.ru

Аннотация. В данном исследовании уделяется внимание проблеме разобщенности процессов управления инновациями на предприятиях нефтегазовой отрасли, проводится анализ существующих практик управления инновационной деятельностью крупнейших отечественных компаний, на их основе формулируется укрупненный список ключевых показателей эффективности их деятельности с учетом методических рекомендаций по разработке долгосрочных программ развития Министерства экономического развития. Научная новизна исследования заключается в разработке авторских критериев и показателей для оценки эффективности управления инновациями, адаптированных к специфике нефтегазовой отрасли, и, в отличие от аналогов, учитывающих различные типы эффектов от создания, внедрения и использования инноваций. Теоретическая значимость исследования состоит в обобщении и критическом анализе существующих теоретических подходов к управлению инновациями с последующим предложением системы новых критериев, которые учитывают основные барьеры, препятствующие инновационному развитию нефтегазовой отрасли в настоящее время, и входящих в них показателей. Практическая значимость исследования проявляется в применении авторской системы критериев для повышения инновационной активности и конкурентоспособности нефтегазовых предприятий, способствуя их устойчивому развитию и импортозамещению. Результаты данного исследования являются теоретической основой для дальнейшей работы по совершенствованию методики оценки эффективности управления инновациями на предприятиях нефтегазовой отрасли.

Ключевые слова: инновации, управление, предприятие, инновационная деятельность, эффективность, нефтегазовая отрасль

Для цитирования: Пескова М.Е., Бурцев Д.С. 2024. Направления совершенствования управления инновациями на предприятиях нефтегазовой отрасли. Экономика. Информатика, 51(3): 610–620. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-610-620

Directions for Improving Innovation Management in the Oil and Gas Industry

Maria E. Peskova, Daniil S. Burtsev

ITMO National Research University
49A Kronverksky Ave, St. Petersburg 197101, Russia
E-mail: mariapeskova3p@mail.ru, dsburtcev@itmo.ru

Abstract. This study pays attention to the problem of disconnected innovation management processes at the enterprises of the oil and gas industry, analyzes the existing practices of innovation management of the largest domestic companies, and on their basis synthesizes an aggregated list of key performance indicators, taking into account the methodological recommendations for the development of long-term development programs of the Ministry of Economic Development. The scientific novelty of the research lies in the creation of original criteria and indicators for evaluating innovation management effectiveness, tailored to the specificities of the oil and gas sector and considering various impacts from the creation, implementation, and utilization of innovations. The theoretical significance of the study is in summarizing and critically analyzing existing theoretical approaches to innovation management, followed by the proposal of a new set of criteria that address

the main barriers hindering innovation development in the oil and gas industry today. The practical significance is evident in the application of the author's criteria system to enhance innovation activity and competitiveness of oil and gas enterprises, promoting their sustainable development and import substitution. The results of this study provide a theoretical foundation for further work on improving the methodology for assessing the effectiveness of innovation management in oil and gas enterprises.

Keywords: innovation, management, enterprise, innovation activity, efficiency, oil and gas industry

For citation: Peskova M.E., Burtsev D.S. 2024. Directions for Improving Innovation Management in the Oil and Gas Industry. Economics. Information technologies, 51(3): 610–620. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-610-620

Введение

В настоящее время нефтегазовая отрасль является одним из важнейших драйверов экономики Российской Федерации и оказывает значительное влияние на состояние как других отраслей, так и всего благосостояния страны в целом.

В условиях увеличения количества ограничений в данной отрасли, постоянно возрастающей сложности технологических процессов, трансформации мирового энергетического рынка, политической неопределенности и все возрастающих темпах цифровой трансформации промышленной отрасли инновационная активность становится не просто элементом стратегии, но и основой долгосрочного процветания предприятий нефтегазового комплекса, а эффективное управление инновациями – ключевым фактором повышения их конкурентоспособности и устойчивого развития.

Необходимость интенсификации инновационного развития компаний нефтегазовой отрасли отражена в Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года, которая определяет повышение конкурентоспособности как первоочередную цель отечественного топливно-энергетического комплекса на весь период действия стратегии [Распоряжение Правительства РФ «Об утверждении Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года», 2020].

Кроме того, наблюдается существенная зависимость отечественной нефтегазовой отрасли от зарубежных разработок и оборудования. Так, доля импортного программного обеспечения составляет, по разным данным, около восьмидесяти процентов, а доля импортного оборудования – 43 % [Нефтегаз. Дайджест, 2020]. Это ведет к снижению темпов инновационного развития организаций и ухудшению операционной эффективности. Из чего следует, что для развития нефтегазовой отрасли следование инновационному пути является одной из важнейших тенденций.

В рамках анализа ключевых работ ведущих ученых в области управления инновациями особое внимание уделяется совершенствованию инструментария управления инновациями, формированию инновационных экосистем и распространению механизмов открытых инноваций, что является основным объектом анализа в исследованиях [Березной, 2020; Беилин, 2020; Кузьмина, Петрова, 2022; Basoni, Almarri, 2024].

В работах [Рыбин, Лобов, 2020; Альберто, Армандо, 2021; Hansman T., Khoon Tee Tan, Zhou Ying, Wan Loh, 2022; Perrons, 2023] механизмы эффективного управления инновациями рассматриваются как основа конкурентного преимущества предприятий нефтегазовой отрасли. Первоочередной задачей исследователи выделяют разработку комплексного стратегического плана управления инновациями и разработку инновационной стратегии компаний. В исследовании [Команич, 2022] подчеркивается, что инновационная деятельность должна переоплотиться в конкретный бизнес-процесс и стать неотъемлемой частью корпоративного управления предприятия.

Несмотря на актуальность изучения исследуемой темы зарубежными и отечественными авторами на данный момент в большинстве подходов к совершенствованию процесса

управления инновациями уделяется недостаточное внимание проблеме разобщенности процессов управления инновациями.

На данный момент отсутствуют общепринятые критерии оценки эффективности процессов управления инновациями нефтегазовых компаний: указания и материалы, которые предоставляет Минэкономразвития, не учитывают отраслевые особенности и ориентированы на общие тенденции и принципы. Наиболее распространена практика внедрения на уровне отдельных корпораций самостоятельно разработанных КПЭ (ключевых показателей эффективности).

В связи с этим цель настоящего исследования заключается в анализе существующих методов управления инновациями на предприятиях нефтегазовой отрасли и разработке оригинальных критериев оценки эффективности данного процесса, учитывающих специфику и вызовы, стоящие перед предприятиями нефтегазовой отрасли.

В данном свете практическая значимость данного исследования заключается в определении перспективных направлений улучшения существующих практик стратегического управления инновациями на предприятиях нефтегазовой отрасли и применении предприятиями авторской системы критериев в процессах оценки эффективности управления инновациями с целью устранения фрагментарности данного процесса и митигации возникающих рисков в условиях осложнения внешней среды.

Теоретическая значимость исследования состоит в изучении существующей теоретической базы в области управления инновациями и выделении основных групп для подразделения критериев, которые бы вносили корректировки в уже существующие системы показателей оценки эффективности инноваций.

Научная новизна работы заключается в разработке системы критериев оценки эффективности управления инновациями, которая, в отличие от уже существующих, выделяет группы критериев в зависимости от оказываемого инновациями эффекта на деятельность предприятия, что позволит обеспечить интеграцию оценки эффективности в общий контур стратегического планирования.

Методы и материалы

Объектом данного исследования являются предприятия нефтегазовой отрасли. Предметом – управление инновациями на предприятиях нефтегазовой отрасли. В рамках исследования возникла необходимость в использовании научных методов анализа процессов в области управления инновационной деятельностью в контексте управления предприятием. Для разработки авторских критериев оценки эффективности управления инновациями использовался метод синтеза. Кроме того, в ходе написания статьи проводился контент-анализ научных работ российских и зарубежных авторов, посвященных проблематике исследования, а также оценка статистических данных.

Результаты и обсуждение

В настоящий момент бесспорным утверждением является то, что для успешного развития нефтегазовой отрасли необходим эффективный процесс управления инновациями, предоставляющий предприятиям данной сферы возможность адаптироваться к изменяющимся условиям рынка, повысить конкурентоспособность и обеспечить устойчивое развитие. Однако перед тем, как приступить к выделению критериев оценки эффективности управления инновационной деятельностью, необходимо тщательно рассмотреть основные вызовы, с которыми сталкивается нефтегазовая отрасль. Стоит выделить следующие аспекты:

- Недостаточно рациональное использование недр, что подтверждается низкими значениями коэффициента извлечения запасов нефти (25–35 %);
- Неэффективное обновление основных фондов, характеризующееся высоким уровнем коэффициента износа, который на некоторых нефтегазовых предприятиях достигает до 70 %;
- Низкая скорость внедрения новых технологий в процессах разработки и добычи;

- Зависимость от импорта инновационных технологий и уязвимость перед технологическими разрывами;
- Разрозненность действующего нормативно-правового регулирования в области инновационной деятельности, ведущая за собой отсутствие четкого стратегически ориентированного управления на всех этапах жизненного цикла инноваций;
- Риски недостаточного финансирования процесса инновационной деятельности нефтегазовыми предприятиями по причине дорогостоящей реализации нововведений и долгого срока окупаемости [Команич, 2022].

Понимание данных проблем и ключевых особенностей текущего состояния нефтегазовой отрасли, требующих наибольшего внимания, позволит определить наиболее точные критерии оценки эффективности инновационной деятельности.

На основе проведенного анализа работ отечественных и зарубежных исследователей в области управления инновационной деятельностью можно выделить некоторые неточности и расхождения в контексте понятийного аппарата анализируемой темы. Например, прослеживается неоднозначная трактовка следующих терминов: КРІ, КПЭ и КПД (ключевые показатели деятельности). Эти расхождения могут привести к недопониманию и затруднить обмен информацией между исследователями в области управления инновациями. В связи с этим было принято решение о более подробном рассмотрении ключевых понятий исследуемой темы с целью уточнения их употребления в отечественной практике.

Прежде всего, перед обсуждением оценки эффективности инноваций важно рассмотреть инновации в контексте предприятия. В литературных источниках выделяют большое количество определений данного понятия. Однако, его представление Винокуровым В.И. является наиболее предпочтительным в контексте данного исследования, так как определение объединяет в себе как отечественную практику, так и зарубежную («Руководство Осло»). Ученый обозначает инновации в виде результата инновационной деятельности, который выражается в новом или более усовершенствованном продукте, технологическом процессе, организационной форме, которая обеспечивает достаточную экономическую или общественную выгоду [Винокуров, 2005].

Под инновационной деятельностью понимается деятельность, целью которой является реализация инновационных проектов, создание инновационной инфраструктуры и процесс по обеспечению ее деятельности [Федеральный закон «О науке и государственной научно-технической политике», 1996]. Кроме того, данное понятие включает в себя как научную, так и технологическую, организационную, финансовую и коммерческую деятельность. Однако при изучении инновационной активности в нефтегазовой сфере первостепенное значение принимают именно технологические инновации (НИОКР), а также управленческие и организационные [Рыбин, Лобов, 2020].

Основными принципами, отличающими эффективный процесс управления инновациями, являются измеримость и эффективность. Первый предполагает, что любой результат деятельности, связанной с инновациями, должен быть измерим посредством количественных и качественных метрик. Эффективность же заключается в определении цели инноваций – оказании положительного эффекта на результативность предприятия, развитии конкретных конкурентных преимуществ и сравнении полученного результата с затраченными ресурсами. С помощью синтеза данных принципов была разработана особая система показателей, которая помогает компаниям в оценке своей инновационной деятельности и вклада инноваций в их развитие в целом. Построение данной системы во многом зависит от практической реализации принципа измеримости.

Благодаря опросам руководителей компаний, которые были проведены Boston Consulting Group и McKinsey, стало известно, что половина опрошенных респондентов считают необходимым измерять эффективность инноваций с помощью количественных критериев, таких как зависимость роста доходов компании от инноваций (78 %), уровень удовлетворенности клиентов (76 %), увеличение доходов благодаря запуску новой продукции (74 %), рост производительности труда (71 %).

Кроме того, важнейшей тенденцией в управлении руководители считают необходимость оценки деятельности на протяжении всего жизненного цикла инноваций. Тем не менее по данным опросов, на данный момент небольшое количество компаний занимаются разработкой и внедрением системы показателей оценки инноваций, нацеленной на следование стратегии всего предприятия: 43 % действительно измеряют инновации, 69 % респондентов отмечают, что их система оценки недостаточно эффективна [Кох, Кох, Аминова, 2022].

Применение системы показателей эффективности инновационной деятельности вносит ясность в процесс оценки следования намеченной стратегии предприятия и его целям. Данная система неразрывно связана с понятиями КПЭ и КРІ (key performance indicators), основным отличием которых является возможность оценки с помощью КРІ и эффективности деятельности (что оценивают КПЭ), и результативности. Здесь также стоит указать синонимичность другого термина – КПД, который является отечественным аналогом показателей КРІ и не обладает отличиями в употреблении.

Перечни КРІ инновационной деятельности широко используются при реализации предприятиями своих корпоративных программ по инновационному развитию. Они представляют собой количественные измерения, позволяющие провести оценку инновационной эффективности предприятия в рамках заданного временного интервала. Они служат инструментом для измерения того, насколько хорошо компания справляется с поставленными целями по сравнению с другими игроками на рынке. С помощью КРІ можно анализировать не только финансовые показатели, такие как прибыль, но и аспекты, связанные со стратегической направленностью или операционные. Кроме того, использование КРІ позволяет связать следование основным целям компании и возможность мотивации сотрудников [Twin, 2024].

В целях повышения упорядоченности и унификации процессов оценки эффективности управления инновациями, а также систем КРІ отечественных компаний, Министерством экономического развития РФ в 2014 году были предложены рекомендации по улучшению состава данных систем и целевому значению интегрального ключевого показателя для использования последнего в рамках своих долгосрочных программ развития [Методические рекомендации по разработке долгосрочных программ развития, 2014].

Для выделения ключевых направлений улучшения существующих критериев оценки инноваций следует провести сравнительный анализ используемых КПЭ в рамках программ инновационного развития крупнейших российских компаний в нефтегазовой отрасли с учетом упомянутых ранее рекомендаций. Одними из лидирующих игроков отечественного рынка нефти и газа в настоящее время являются следующие предприятия: ПАО «Газпром нефть», ПАО «НК «Роснефть», ПАО «Лукойл», ПАО «Транснефть», ПАО «НОВАТЭК».

По результатам исследования стратегических документов данных компаний были выявлены сходства в используемых показателях оценки эффективности инновационной деятельности, позволяющие вывести и представить в данном исследовании их укрупненный список КПЭ, который позволит выявить основные тенденции в инновационном развитии нефтегазовых компаний:

- затраты на финансирование НИОКР/ год (в определенной доле от выручки);
- объем затрат на НИОКР, которые удалось ввести в процесс производства, по отношению к объему всех затрат на НИОКР;
- показатель роста производительности труда в расчете на одного человека;
- количество заявок на патенты;
- уровень добычи с помощью высокотехнологичных технологий и скважин;
- уровень выбросов парниковых газов в единицу продукции, выраженный в CO₂-эквиваленте [Программа инновационного развития ПАО «Газпром нефть» до 2025; Программа инновационного развития ПАО «НК «Роснефть»; Годовой отчет ПАО «Лукойл» за 2022 год; Отчет об устойчивом развитии ПАО «НОВАТЭК» на 2022 год; Программа инновационного развития ПАО «Транснефть» на период 2022–2026 годы].

Проведя оценку соответствия данных показателей, используемых ведущими нефтегазовыми предприятиями, тем комбинациям показателей, которые входят в интегральный ключевой показатель эффективности инновационной деятельности, разработанный Минэкономразвития, стоит отметить следование компаний ключевым тенденциям в управлении инновациями.

При формировании собственных ключевых показателей компании нефтегазового сектора преследуют стратегическую цель – получение прибыли, что соответствует характеру и направленности представленных выше показателей – экономическому и ресурсному. Кроме того, представленные критерии в основном касаются оценки конечных результатов деятельности по управлению инновациями нефтегазового предприятия, относятся к этапу коммерциализации, не достаточно учитывая все стадии жизненного цикла управления инновациями.

В связи с чем возникают перспективы для дальнейшего улучшения укрупненного перечня показателей, сформулированного выше, с помощью выделения критериев эффективности управления инновациями, учитывающих вызовы, стоящие перед нефтегазовой отраслью. Но прежде всего, стоит разобраться с вопросом, на что должны опираться данные критерии.

В настоящее время предприятия сталкиваются с трудностями оценки инновационной деятельности по причине тесной взаимосвязи с другими производственными процессами. Соответственно, чтобы определить ключевые критерии эффективности управления инновациями, следует обратить внимание на то, какой эффект влечет за собой создание, внедрение и использование инноваций. В теории инновационного менеджмента выделяют шесть видов эффектов: экономический, научно-технический, финансовый, ресурсный, экологический и социальный [Пальчевская, 2021].

В связи с чем можно выделить следующие основные группы для подразделения критериев, которые бы вносили корректировки в уже существующие системы показателей оценки эффективности инноваций (табл. 1):

Таблица 1

Table 1

Критерии оценки эффективности управления инновационной деятельностью нефтегазового предприятия
Criteria for evaluating the effectiveness of innovation management of an oil and gas enterprise

Группа критериев	Ведущие показатели	Вид эффекта
1. Технологический прогресс и производственная выгода	- Доля оборудования, соответствующего современным стандартам в общем количестве оборудования предприятия, %; - Уровень использования производственных мощностей, %;	Экономический/ ресурсный
2. Финансовая привлекательность и доходность	- Рентабельность капитала, вложенного в исследования и разработки, %; - Модифицированная ЭДС – экономическая добавленная стоимость (расчет с использованием рентабельности капитала, вложенного в исследования и разработки), млн руб.; - Сокращение себестоимости от внедрения инновационных технологий и проектов, %; - Рост производительности труда, %;	Экономический/ финансовый
3. Человеческий капитал	- Доля сотрудников, обладающих компетенциями в области инновационного развития, %; - Доля работающих в НИОКР сотрудников в общей численности, %;	Научно- технический

Окончание табл. 1
 End of the table 1

Группа критериев	Ведущие показатели	Вид эффекта
4. Инновационная активность	- Количество выданных патентов, шт.; - Темп увеличения затрат на НИОКР, %; - Доля затрат на НИОКР в выручке, %; - Доля затрат на НИОКР, которые обладают положительным результатом деятельности в общей сумме затрат на НИОКР за период, %; - Коэффициенты освоения новой технологии/ произведенной продукции/ внедренной техники; - Доля продукции, произведенной с помощью применения инновационных технологий и реализации инновационных проектов, в общем объеме производства, %	Научно-технический

Источник: Составлено на основе источников [Трачук, Линдер, 2019; Пальчевская, 2021; Чекрыжова, 2021].

Source: Compiled on the basis of sources [Trachuk, Linder, 2019; Palchevskaya, 2021; Chekryzhova, 2021].

Следует отметить, что при формировании данной системы критериев было учтено такое свойство эффективности, как целесообразность с точки зрения экономики. Это повлияло на отсутствие в данной группировке показателей, отражающих социальный и экологический эффекты, с целью устранения возможного дублирования. Так, например, социальная сторона инновационной деятельности выражается в улучшении условий работы, предоставлении больших возможностей для повышения квалификации и уровня образования сотрудников, что в целом сложно поддается измерению эффективности в рамках всего предприятия. Однако данные показатели могут оказать существенное влияние на повышение производительности труда, которая уже отражена в группе критериев финансовой привлекательности и доходности [Пальчевская, 2021].

Другим примером является экологический эффект, позволяющий сократить негативное воздействие деятельности предприятия на окружающие экосистемы. Показателями тут могут выступать экономия на предотвращении возможных санкций за нарушение экологических нормативов, более высокий уровень производительности сотрудников благодаря повышению комфортности и безопасности рабочей среды. Из чего следует, что экологический эффект также находит свое отражение в критериях финансовой привлекательности.

Сформированная система критериев оценки эффективности управления инновационной деятельностью может быть использована как на этапе возникновения, так и в процессах разработки и реализации инноваций. Однако существуют определенные ограничения при внедрении данной системы, препятствующие корректному сбору данных для расчета показателей, о чем свидетельствует проведенный анализ программ инновационного развития и отчетов крупнейших российских нефтегазовых компаний, а также анализ работ известных исследователей в данной области. Рассмотрим в табл. 2 выделенные основные барьеры, создающие сложности на пути внедрения и расчета сформированных показателей, и соотнесем их с возможными мероприятиями, направленными на устранение негативного влияния данных проблем.

Соотнесем предложенные мероприятия со сформулированными в табл. 1 показателями оценки эффективности управления инновационной деятельностью. Так, внедрение детализированной стандартизации позволит унифицировать сбор данных по оборудованию и производственным мощностям, что упростит расчет показателя «Доля оборудования, соответствующего современным стандартам» на различных участках производства. Оптимизация процесса бюджетирования и управления инновационными портфелями позволит точнее контролировать затраты на инновации и минимизировать риски, что

напрямую влияет на показатели «Рентабельность капитала, вложенного в исследования и разработки» и «Модифицированная ЭДС».

Таблица 2
Table 2

Трудности в применении показателей оценки эффективности управления инновациями и мероприятия по их преодолению
Difficulties in using indicators for assessing the effectiveness of innovation management, and measures to overcome them

Группа критериев	Ключевые барьеры	Мероприятия по преодолению
1. Технологический прогресс и производственная выгода	- Недостаточный уровень стандартизации данных; - Ограниченный доступ к технологической информации;	- Проведение детализированной стандартизации данных и процессов; - Создание корпоративных баз знаний для накопления и обмена техническим опытом;
2. Финансовая привлекательность и доходность	- Высокий уровень затрат на инновационную деятельность; - Риск невозврата инвестиций;	- Повышение качества использования внутренних систем оценки эффективности инвестиций; - Оптимизация процесса бюджетирования и управления портфелями инновационных проектов;
3. Человеческий капитал	- Недостаточное количество высококвалифицированных специалистов в сфере инноваций; - Сопротивление изменениям со стороны работников;	- Проведение целевых обучений и обеспечение карьерного роста сотрудников; - Использование инструментов мотивации персонала для развития инновационной культуры;
4. Инновационная активность	- Трудности в оценке эффекта внедрения инноваций; - Влияние внешних рыночных факторов.	- Регулярный аудит и адаптация инновационных процессов; - Организация внутреннего моделирования рыночных сценариев и определение уровня их влияния на инновационную стратегию.

Источник: Составлено автором на основе обобщения источников.
Source: Compiled by the author based on a synthesis of sources.

Кроме того, целевое обучение и мотивация сотрудников напрямую увеличивает «Долю сотрудников, обладающих компетенциями в области инновационного развития», что в свою очередь повышает общую производительность труда. А регулярная проверка и корректировка инновационных процессов позволит оперативно реагировать на изменения внешних и внутренних условий, что повысит показатели «Коэффициент освоения новой технологии» и «Доля продукции, произведенной с помощью применения инновационных технологий».

Каждое из рассмотренных мероприятий способствует более точному и эффективному расчету показателей, что, в свою очередь, улучшает процесс оценки управления инновационной деятельностью и позволит принимать обоснованные решения для улучшения производственных и финансовых результатов предприятия.

Заключение

Таким образом, стремительная трансформация мирового энергетического рынка, возрастающая политическая неопределенность, сложности в реализации программ импортозамещения и зависимость от импорта высоких технологий, а также ужесточение конкуренции подчеркивают необходимость совершенствования инновационного развития

нефтегазовых предприятий. В рамках данного исследования были выделены ключевые вызовы, стоящие перед нефтегазовой отраслью и препятствующие ее инновационному развитию. А также сформулирована оригинальная система критериев оценки эффективности управления инновационной деятельностью, для разработки которой был проведен сравнительный анализ используемых ключевых показателей эффективности крупнейших российских компаний нефтегазовой отрасли с учетом рекомендаций Министерства экономического развития РФ. Благодаря чему был выведен общий перечень показателей и направления для его дальнейшего совершенствования.

На основе этого была предложена авторская система критериев оценки эффективности управления инновационной деятельностью, которая включает в себя показатели, позволяющие осуществлять оценку технологического прогресса, финансовой привлекательности и доходности, человеческого капитала и измерение инновационной активности предприятия нефтегазовой отрасли. Кроме того, в исследовании выделяются барьеры, возникающие при применении данной системы и расчете показателей на практике, и предлагается комплекс мероприятий, направленных на их преодоление.

Практическое использование выделенных показателей позволит сформировать такой механизм управления инновационной деятельностью, которой бы учитывал специфику отрасли и обеспечивал повышение инновационной активности нефтегазовых предприятий, способствуя ускорению процесса импортозамещения инновационных технологий.

Дальнейшее исследование в области управления инновациями будет посвящено углублению полученного инструментария оценки эффективности данного процесса и апробации разработанной системы критериев и показателей на статистических данных российских компаний нефтегазовой отрасли.

Список источников

- Годовой отчет 2022 ПАО «Лукойл». URL: <https://goo.su/LaIP> (дата обращения: 17.03.2024)
- Методические рекомендации по разработке долгосрочных программ развития стратегических открытых акционерных обществ и федеральных государственных унитарных предприятий, а также открытых акционерных обществ, доля Российской Федерации в уставных капиталах которых в совокупности превышает пятьдесят процентов. URL: <https://rosim.gov.ru/documents/190521> (дата обращения: 23.03.2024)
- Нефтегаз. Дайджест. 2020. Комплексная энергетическая безопасность и цифровизация ТЭК, 17 (24). URL: <https://goo.su/PmgDN7z> (дата обращения: 18.03.2024)
- Отчет об устойчивом развитии ПАО «НОВАТЭК» на 2022 год. URL: <https://goo.su/xifKN> (дата обращения: 17.03.2024)
- Паспорт Программы инновационного развития ПАО «Газпром нефть» до 2025 года. URL: <https://goo.su/vwM5r> (дата обращения: 17.03.2024)
- Паспорт Программы инновационного развития ПАО «Транснефть» на период 2022–2026 годы. URL: <https://goo.su/3jUM8> (дата обращения: 17.03.2024)
- Программа инновационного развития ПАО «НК «Роснефть». URL: <https://goo.su/J9kw> (дата обращения: 17.03.2024)
- Распоряжение Правительства РФ «Об утверждении Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года»: от 09.06.2020 N 1523-р; ред. от 28.02.2024 // Справочная правовая система «Консультант Плюс». URL: <https://goo.su/PbK6Zh> (дата обращения: 17.03.2024)
- Федеральный закон «О науке и государственной научно-технической политике»: от 23.08.1996 N 127-ФЗ; ред. от 24.07.2023 // Справочная правовая система «Консультант Плюс». URL: <https://goo.su/XRf0> (дата обращения: 23.03.2024)

Список литературы

- Альберто Г.Э., Армандо М.П. 2021. Пути совершенствования систем управления инновационным развитием организаций нефтяной промышленности. Финансовые рынки и банки, 10: 94–98.

- Березной А.В. 2020. Тенденции в финансировании и управлении инновационной и научно-исследовательской деятельностью крупнейших нефтегазовых компаний мира: Изд-во Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». 96 с.
- Беилин И.Л. 2020. Управление инновациями в региональном нефтегазохимическом комплексе: монография: КНИТУ. 204 с.
- Винокуров В.И. 2005. Основные термины и определения в сфере инноваций. *Инновации*, 4 (81): 6–21.
- Команич Н.В. 2022. Управление инновационным развитием нефтегазовой отрасли: проблемы и поддержка на основе сценарного подхода. *Управление большими системами: труды XVIII Всероссийской школы-конференции молодых ученых*, Челябинск, 05–08 сентября 2022 года. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Южно-Уральский государственный университет Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук: 585–592.
- Кох Л.В., Кох Ю.В., Аминова Ф.И. 2022. Повышение эффективности управления инновационной деятельностью предприятия. *Инновации и инвестиции*, 12: 13–17.
- Кузьмина Е.Ю., Петрова И.А. 2022. Управление инновациями как часть корпоративного управления. *Экономические системы*, 2 (57) : 111–119.
- Пальчевская Т. С. 2021. Характеристика видов эффектов от внедрения инноваций в цепях поставок. Приоритетные векторы развития промышленности и сельского хозяйства: материалы IV Международной научно-практической конференции, Макеевка, 15 апреля 2021 года. Том III. Макеевка: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донбасская аграрная академия»: 340–344.
- Рыбин М.В., Лобов Д.С. 2020. Теоретические и практические аспекты оценки инновационной деятельности в предприятиях нефтегазовой отрасли. *Экономика промышленности*, 13 (4): 531–540.
- Трачук А.В., Линдер Н.В. 2019. Инновационная деятельность промышленных компаний: измерение и оценка эффективности. *Стратегические решения и риск-менеджмент*. Т. 10 (2): 108–121.
- Чекрыжова А.Ф. 2021. Эффективность инновационной деятельности в экономическом секторе на предприятиях нефтегазового комплекса. *Инновации. Наука. Образование*, 45: 800–808.
- Basioni A., Almarri K. 2024. The Challenges Facing Adopting Innovation Process in the Context of Project Management Performance in the Oil and Gas Sector, 10: 377–387. DOI:10.1007/978-3-031-56121-4_35
- Hansman T., Khoon Tee Tan, Zhou Ying, Wan Loh. 2022. Harnessing volatility: Technology transformation in oil and gas. McKinsey & Company. URL: <https://goo.su/OyvBiV> (дата обращения: 19.03.2024)
- Perrons R. 2023. Who Are the Innovators in the Upstream Oil and Gas Industry? Highlights from the Second SPE Global Innovation Survey. *Journal of Petroleum Technology*, 75: 49-56. DOI:10.2118/0223-0049-JPT
- Twin A. 2024. KPIs: What Are Key Performance Indicators? Types and Examples. Investopedia. URL: <https://goo.su/U39qxFL> (дата обращения: 23.03.2024)

References

- Al'berto G.E., Armando M.P. 2021. Puti sovershenstvovaniya sistem upravleniya innovatsionnym razvitiem organizatsiy neftyanoy promyshlennosti [Ways to improve management systems for innovative development of oil industry organizations]. *Finansovye rynki i banki*, 10: 94–98.
- Bereznoy A.V. 2020. Tendentsii v finansirovani i upravlenii innovatsionnoy i nauchno-issledovatel'skoy deyatelnost'yu krupneyshikh neftegazovykh kompaniy mira [Trends in financing and management of innovation and research activities of the largest oil and gas companies in the world]: Izd-vo Nats. issled. un-t «Vysshaya shkola ekonomiki», 96.
- Beilin I.L. 2020. Upravlenie innovatsiyami v regional'nom neftegazokhimicheskom komplekse [Innovation management in the regional petrochemical complex]: monografiya: KNIU, 204.
- Vinokurov V.I. 2005. Osnovnye terminy i opredeleniya v sfere innovatsiy [Basic terms and definitions in the field of innovation]. *Innovatsii*, 4 (81): 6–21.
- Komanich N.V. 2022. Upravlenie innovatsionnym razvitiem neftegazovoy otrasli: problemy i podderzhka na osnove stsennarnogo podkhoda [Managing the innovative development of the oil and gas industry: problems and support based on a scenario approach]. *Upravlenie bol'shimi sistemami: trudy XVIII Vserossiyskoy shkoly-konferentsii molodykh uchenykh*, Chelyabinsk, 05–08 sentyabrya 2022 goda / Ministerstvo nauki i vysshego obrazovaniya Rossiyskoy Federatsii Yuzhno-Ural'skiy gosudarstvennyy universitet Institut problem upravleniya im. V.A. Trapeznikova Rossiyskoy akademii nauk: 585–592.



- Kokh L.V., Kokh Yu.V., Aminova F.I. 2022. Povyshenie effektivnosti upravleniya innovatsionnoy deyatelnost'yu predpriyatiya [Improving the efficiency of enterprise innovation management]. *Innovatsii i investitsii*, 12: 13–17.
- Kuz'mina E.Yu., Petrova I.A. 2022. Upravlenie innovatsiyami kak chast' korporativnogo upravleniya [Innovation management as part of corporate governance]. *Ekonomicheskie sistemy*, 2 (57): 111–119.
- Pal'chevskaya T. S. 2021. Kharakteristika vidov effektivov ot vnedreniya innovatsiy v tsepyakh postavok [Characteristics of the types of effects from the introduction of innovations in supply chains]. *Prioritetnye vektory razvitiya promyshlennosti i sel'skogo khozyaystva: materialy IV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Makeevka, 15 aprelya 2021 goda. Tom III. Makeevka: Gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya «Donbasskaya agrarnaya akademiya»*: 340–344.
- Rybin M.V., Lobov D.S. 2020. Teoreticheskie i prakticheskie aspekty otsenki innovatsionnoy deyatelnosti v predpriyatiyakh neftegazovoy otrasli [Theoretical and practical aspects of evaluating innovation activities in the oil and gas industry]. *Ekonomika promyshlennosti*, 13 (4): 531–540.
- Trachuk A.V., Linder N.V. 2019. Innovatsionnaya deyatelnost' promyshlennykh kompaniy: izmerenie i otsenka effektivnosti [Innovative activity of industrial companies: measurement and evaluation of efficiency]. *Strategicheskie resheniya i risk-menedzhment. T. 10 (2)*: 108–121.
- Chekryzhova A.F. 2021. Effektivnost' innovatsionnoy deyatelnosti v ekonomicheskom sektore na predpriyatiyakh neftegazovogo kompleksa [Efficiency of innovation activity in the economic sector at enterprises of the oil and gas complex]. *Innovatsii. Nauka. Obrazovanie*, 45: 800–808.
- Basioni A., Almarri K. 2024. The Challenges Facing Adopting Innovation Process in the Context of Project Management Performance in the Oil and Gas Sector, 10: 377–387. DOI:10.1007/978-3-031-56121-4_35
- Hansman T., Khoon Tee Tan, Zhou Ying, Wan Loh. 2022. Harnessing volatility: Technology transformation in oil and gas. McKinsey & Company. URL: <https://goo.su/0yvBiV> (дата обращения: 19.03.2024)
- Perrons R. 2023. Who Are the Innovators in the Upstream Oil and Gas Industry? Highlights from the Second SPE Global Innovation Survey. *Journal of Petroleum Technology*, 75: 49-56. DOI:10.2118/0223-0049-JPT
- Twin A. 2024. KPIs: What Are Key Performance Indicators? Types and Examples. Investopedia. URL: <https://goo.su/U39qxFL> (дата обращения: 23.03.2024)

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

Поступила в редакцию 13.05.2024

Поступила после рецензирования 08.08.2024

Принята к публикации 09.08.2024

Received May 13, 2024

Revised August 08, 2024

Accepted August 09, 2024

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Пескова Мария Евгеньевна, магистрант факультета технологического менеджмента и инноваций, Национальный исследовательский университет ИТМО, г. Санкт-Петербург, Россия

Бурцев Даниил Сергеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент факультета технологического менеджмента и инноваций, Национальный исследовательский университет ИТМО, г. Санкт-Петербург, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Maria E. Peskova, Master's student of the Faculty of Technological Management and Innovation, ITMO National Research University, Saint Petersburg, Russia

Daniil S. Burtsev, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Faculty of Technology Management and Innovation, ITMO National Research University, Saint Petersburg, Russia

ФИНАНСЫ ГОСУДАРСТВА И ПРЕДПРИЯТИЙ FINANCES OF THE STATE AND ENTERPRISES

УДК 339.138

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-621-630

Исследование предпочтений потребителей банковских продуктов и услуг на региональном рынке Белгородской области для достижений маркетинговых целей банков

Быканова Н.И.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85
E-mail: bykanova@bsu.edu.ru

Аннотация. В статье исследуются предпочтения потребителей банковских продуктов и услуг на региональном рынке Белгородской области для достижений маркетинговых целей банков. Проведенный анализ показал, что в условиях сильной конкуренции, состоящей из 61 наименования банков, представленных на рынке банковских продуктов и услуг, глубокое понимание потребностей потенциального потребителя и повышение его лояльности поможет банку скорректировать все компоненты комплекса маркетинга. Проанализирован региональный рынок банковских продуктов и услуг Белгородской области, обозначен авторский подход к определению предпочтения потребителей с позиций исследования в составе регионального рынка банковских продуктов и услуг трех стратегических групп: относительно уровня удовлетворенности сервисом банков-лидеров, услугами которых в большей степени пользуется население Белгородской области; удовлетворённости клиентов банка относительно именно банковских продуктов и услуг; удовлетворенности конкретным банковским технологическим продуктом. Отмечается, что в конкурентной среде банковского сегмента Белгородской области преимущество потребителей отдано определенному кругу банков: Сбербанк, Банк ВТБ, Газпромбанк, Альфа-Банк, Россельхозбанк, Банк «Открытие», Совкомбанк, Банк ДОМ.РФ, Росбанк, Тинькофф Банк, которое лежит в преобладании конкурентных компонентов относительно удовлетворенности сервисом Банка (отвечает ожиданиям клиентов и реальным качествам приобретенного продукта), а также определено, что немаловажную роль играет степень популярности бренда на целевом рынке. Проведено анкетирование относительно популярности услуг банков среди таких как: «деPOSIT», кредит», «SMS-банкинг», «страхование», «инвестирование», выявлены услуги-лидеры, услуги-аутсайдеры и услуги, требующие дополнительных мер по повышению спроса, а именно – услуги страхования и инвестирования. По результатам исследования обоснованы причины или проблемы, влияющие на выбор потребителей банковских услуг и возможные пути их решения.

Ключевые слова: региональный рынок банковских услуг, потребитель банковских услуг, предпочтения банковских клиентов, лояльность клиентов, модель поведения потребителя банковских услуг, удовлетворенность банковскими услугами, маркетинговые цели

Для цитирования: Быканова Н.И. 2024. Исследование предпочтений потребителей банковских продуктов и услуг на региональном рынке Белгородской области для достижений маркетинговых целей банков. Экономика. Информатика, 51(3): 621–630. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-621-630

Research of Consumer Preferences of Banking Products and Services in the Regional Market of Belgorod Region to Achieve Banks' Marketing Goals

Natalya I. Bykanova

Belgorod State National Research University
85 Pobeda St, Belgorod 308015, Russia
E-mail: bykanova@bsu.edu.ru

Abstract. The article examines the preferences of consumers of banking products and services in the regional market of Belgorod region to achieve banks' marketing goals. The analysis showed that, given the strong competition which is due to the presence of 61 banks on the market, a deep understanding of potential consumers' needs and increasing their loyalty will help the bank adjust all components of the marketing mix. The regional market of banking products and services in Belgorod region is analyzed, the author's approach to determining consumer preferences is outlined from the perspective of research within the regional market of banking products and services of three strategic groups: regarding the level of satisfaction with the service of leading banks, whose services are mostly used by the region's population; satisfaction of bank clients with banking products and services; satisfaction with a specific banking technology product. It is noted that in the competitive environment of the banking segment of Belgorod region, consumer advantage is given to a certain circle of banks: Sberbank, VTB Bank, Gazprombank, Alfa-Bank, Rosselkhozbank, Otkritie Bank, Sovcombank, Bank DOM.RF, Rosbank, Tinkoff Bank), which lies in the predominance of competitive components regarding satisfaction with the Bank's service (meeting customer expectations and the actual qualities of the purchased product). It was also established that the degree of popularity of the brand in the target market plays an important role. A survey was conducted regarding the popularity of banking services, such as: "deposit", "credit", "sms-banking", "insurance", "investment". Leading services, outsider services and services requiring additional measures to increase demand were identified, namely, insurance and investment services. Based on the results of the study, the reasons or problems affecting the consumers' choice of banking services and possible ways to solve them were substantiated.

Keywords: regional market for banking services, consumer of banking services, preferences of banking clients, customer loyalty, behavioral model of the consumer of banking services, satisfaction with banking services, marketing goals

For citation: Bykanova N.I. 2024. Research of Consumer Preferences of Banking Products and Services in the Regional Market of Belgorod Region to Achieve Banks' Marketing Goals. Economics. Information technologies, 51(3): 621–630. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-621-630

Введение

В условиях современного информационного общества потребители намного лучше осведомлены о свойствах банковских товаров и услуг, которые они потребляют, чем это было в прошлом. Поэтому они склонны действовать рационально и в случае возникновения лучших предложений у банков-конкурентов менять свой выбор. Понятно, что такое поведение потребителей может привести к изменению разных финансовых характеристик банка, в частности, его прибыли. Отсюда очевидно, что меры, которые сделают потребителей нечувствительными к разным коммуникационным сигналам банков-конкурентов, являются в сегодняшних условиях актуальными для любого банка.

В этой связи исследование потребительских предпочтений и лояльности потребителей выступает не только желаемым, но и необходимым инструментом в успешной конкурентной борьбе. Ведь глубокое понимание потребностей потенциального потребителя поможет не только предоставить рынку конкурентоспособные банковские продукты и услуги и установить оптимальные цены на них, но и скорректировать все компоненты комплекса маркетинга для достижения стратегических целей банка.

Вопросами маркетинговых направлений развития банков и сферы услуг уделяют внимание Анулин В., Муромкина И., Евтушенко Е. [Маркетинговые исследования потребительского рынка, 2004], Быканова Н.И., Мельникова Н.С. [Быканова, Мельникова, 2022]. Цединов О.А. и Бадма-Горяева Э.О. [Цединов, Бадма-Горяева, 2019] исследуют современные методы стимулирования продаж, связанных с развитием цифровых технологий, способствующих повышению лояльности постоянных клиентов и привлечению новых.

Проблемы теории и практики формирования лояльности клиентов нашли отражение в трудах таких зарубежных ученых, как А.С. Дик и К. Безу [Dick, Basu, 1994], Дж.У. Ньюман и Р.А. Вербел [Newman, Werbel, 1973.], Р. Оливер [Oliver, 1997], Ф. Райххелд [Reichheld, 1996], Дж. Теллис [Tellis, 1988.], Дж. Хофмейер [Hofmeier, 2000] и др. В России проблеме формирования лояльности потребителей преимущественно уделяют внимание маркетингологи-практики, а также такие ученые: Д. Аакер [Аакер, 2008], Бутчер С.А. [Бутчер, 2004], Голубков Е. П. [Голубков, 2008].

Ученые исследуют вопросы значения лояльности в увеличении стоимости компании и обеспечении его конкурентоспособности, определяют место лояльности в концепции маркетинга отношений, анализируют виды и составляющие лояльности. Однако эта проблематика все еще остается на стадии разработки и имеет много дискуссионных аспектов, особенно в банковской сфере.

Объекты и методы исследования

Для достижения цели в работе использованы общенаучные и специальные методы исследования: метод обобщения и группировки (для определения банков-лидеров по результатам анкетирования банковских клиентов в Белгородской области); экономико-статистический метод, метод динамического и логического анализа (для изучения тенденций развития регионального рынка банковских услуг); метод экспертных оценок и социологических опросов (для проведения исследования уровня удовлетворенности клиентов банковскими услугами и сервисами); табличный и графический методы (для визуализации результатов исследования); метод системного анализа (для выявления ключевых детерминант повышения маркетинга регионального рынка банковских услуг).

Результаты и их обсуждение

Развитие и совершенствование банковских продуктов и услуг имеют решающее значение для роста и устойчивости банковского сектора. Цифровизация, инновации, разнообразие продуктов, клиентоориентированность, качественное обслуживание, партнерские отношения и сотрудничество являются важнейшими элементами маркетинговых стратегий банков, направленных на привлечения новых и удержания действующих потребителей банковских услуг, а соответственно и увеличения своих финансовых результатов деятельности. Поскольку банковский сектор в России продолжает развиваться, эти стратегии будут иметь ключевое значение для банков и на региональном уровне для того, чтобы оставаться впереди конкурентов и удовлетворять меняющиеся потребности клиентов.

В настоящее время Белгородская область является лидером по количеству самостоятельных коммерческих банков в Центральном федеральном округе, отделение Банка России осуществляет контроль за их эмиссионной и профессиональной деятельностью. Развитие рынка банковских услуг на региональном уровне определяется, в основном, за счет уровня деловой активности отдельных экономических систем, который определяется на основе статистических данных Банка России и Росстата [Быканова, Ерофтьева, 2023]. В Белгородской области по состоянию на 01.01.2024 насчитывается 325 учреждений банковской системы, из них 1 учреждение Банка России, 3 филиала коммерческих банков, 2 представительства и 310 дополнительных офисов коммерческих банков [Статистика территориального присутствия].

На начало 2024 года коммерческие банки в Белгородской области представлены в 61 наименовании [Статистика территориального присутствия], включая 1 так называемый «региональный» банк – АО УКБ «Белгородсоцбанк» [Официальный сайт АО УКБ «Белгородсоцбанк»]. Главными игроками на рынке являются крупные банки, такие как Сбербанк, Банк ВТБ Альфа-Банк, Газпромбанк, Россельхозбанк, Тинькофф Банк и другие [Рейтинг банков Белгорода и Белгородской области по активам]. Они представлены широкой сетью филиалов и предлагают различные финансовые продукты, включая кредиты, депозиты, платежные карты и др.

Банки-лидеры активно внедряют современные информационные технологии для всех клиентов, как для юридических, так и физических лиц. Интернет-банкинг, мобильные приложения и другие инновационные разработки позволяют клиентам осуществлять операции удаленно и без лишних хлопот. Это приятный бонус для жителей области, которые могут экономить время и получать доступ к банковским услугам в любое удобное для них время.

Одной из главных задач банков в Белгородской области является оценка предпочтений и потребностей клиентов. Для эффективного анализа состояния рынка и понимания требований клиентов используются различные методы и инструменты, такие как анкетирование, фокус-группы, опросы и маркетинговые исследования.

По мнению В. Анурина, И. Муромкиной, Е. Евтушенко [Маркетинговые исследования потребительского рынка, 2004], основными факторами, влияющими на оценку предпочтений и потребностей клиентов в банковских услугах, являются уровень доходов, возраст, профессия, образование и место жительства. Клиенты ожидают от банков широкого спектра услуг, включая депозиты, кредитование, электронные платежи, инвестиции и страхование. При этом удобство использования услуг, качество обслуживания и надежность банка являются основными критериями выбора клиентами банковских услуг.

Особенностью авторского исследовательского подхода является исследование целевых клиентских групп и потоков с позиций наличия в составе регионального рынка банковских продуктов и услуг трех стратегических групп:

- относительно уровня удовлетворенности сервисом банков-лидеров, услугами которых в большей степени пользуется население Белгородской области;
- удовлетворенности клиентов банка относительно именно банковских продуктов и услуг;
- удовлетворенности конкретным банковским технологическим продуктом.

Полученные авторские исследовательские результаты для обеспечения их необходимой статистической значимости включали опрос 200 респондентов, которые являются клиентами банков-лидеров Белгородской области, представленных в таблице 1. Анкета состояла из 30 вопросов относительно именно банковских продуктов и услуг, не включая услуги финансового супермаркета, которые на сегодняшний день активно внедряют некоторые коммерческие банки.

Для реализации полевого этапа исследования использовались:

- исследовательские группы клиентов 61 банка Белгородской области;
- выборка по всем городам Белгородской области пропорционально численности населения 18–70 лет;
- критерий отбора – регулярное использование (не менее 2–3 раз в неделю);
- наличие банковских услуг и продуктов.

Следует отметить, что далее в статье представлены основные результаты анкетирования, требующие детальной проработки, но графики не отражают результаты всего анкетирования, а важнейшие его аспекты.

На рис. 1 приведены результаты опроса относительно уровня удовлетворенности сервисом банков-лидеров по десятибалльной шкале, услугами которых в большей степени пользуется население Белгородской области.

Из рисунка 1 видно, что наибольшее количество ответов сосредоточено в пределах оценки от 7 до 9 (180 ответов из 200 опрошенных). То есть можно сказать, что клиентов-

пользователей банковским сервисом в основном удовлетворяют предоставляемые возможности банков регионов. Однако возрастная группа респондентов от 18 до 25 лет, требует и ожидает большего от банков относительно улучшения их сервиса. Оценка данной возрастной группы респондентов сосредоточена в пределах 7–8 баллов. Следует отметить, что представители данной возрастной категории являются наиболее осведомленными пользователями в уровне сервиса и технологий.

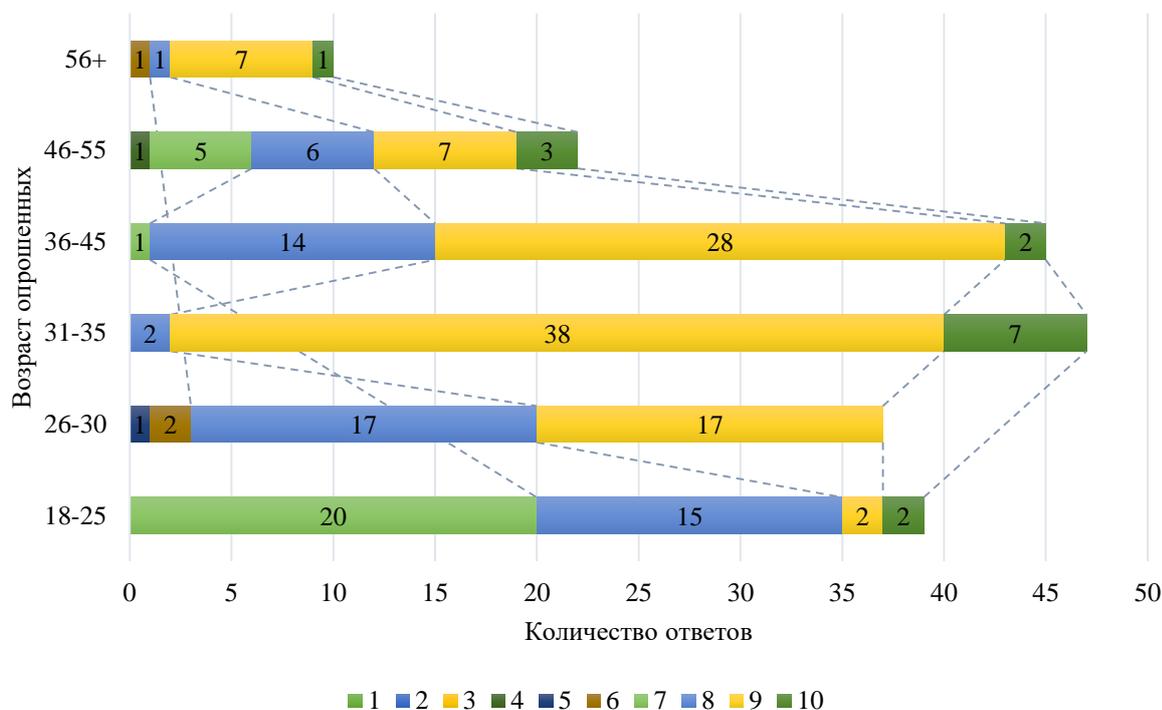


Рис. 1. Уровень удовлетворения сервисом Банка по десятибалльной шкале
 Fig. 1. Level of satisfaction with the Bank's service on a ten-point scale

Что касается удовлетворённости клиентов банка относительно именно банковских продуктов и услуг, исследование показывает, что наибольшее количество недовольных клиентов сосредоточено в возрастных группах от 26 до 55 лет. Данное явление объясняется тем, что именно эта возрастная категория людей является активными потребителями банковских продуктов и услуг, поэтому существуют некоторые услуги, которые по той или иной причине не в полной мере удовлетворяют желания и потребности клиентов (рис. 2). Из этих диаграмм можно заключить, что количество недовольных потребителей находится в пределах нормы. Но это не означает, что следует исключать данных потребителей из виду.

На рис. 3 представлены результаты исследования относительно использования и удовлетворенности потребителей наиболее популярными услугами банков, таких как: «Депозит», «Кредит», «SMS-банкинг», «Страхование жизни», «Страхование недвижимости», «Страхование авто», «Инвестирование».

Из рис. 3 можем заключить, что среди всех опрошенных услугой «Депозит» пользуется около 40 % потребителей (82 человека из 200). Сразу возникает вопрос, почему данная услуга не имеет ожидаемой популярности. Проанализируем результаты сопутствующих вопросов: одним из самых распространенных ответов на вопрос «Почему Вы не пользуетесь этой услугой?» являются ответы «Нет возможности» – 42 и «Другое» – 42, то есть такое же количество опрошенных скрывают свое финансовое состояние и свои возможности. Также присутствуют 39 ответов «Не удовлетворяют условия предоставления услуги». Если пересмотреть условия предоставления услуги, сразу можно заключить, что

клиентов банка не удовлетворяют годовые депозитные ставки. Данная ситуация обуславливает достаточно среднюю оценку среди непосредственных потребителей указанной услуги. На основании вышеперечисленного, можем предоставить рекомендацию – пересмотреть условия предоставления указанной услуги.

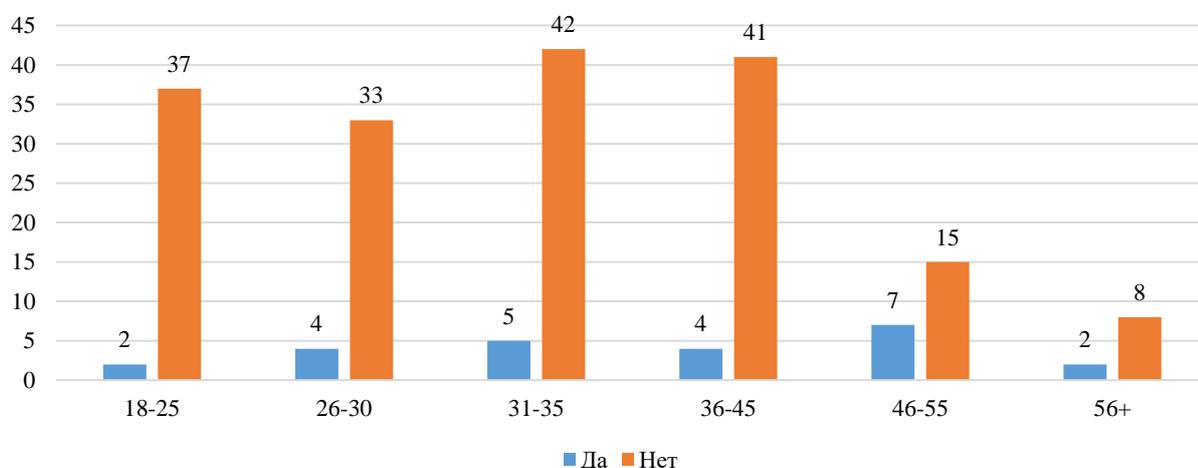


Рис. 2. Результат ответов на Вопрос 4 «Есть ли продукты или услуги Банка, которыми вы не удовлетворены по той или иной причине?»

Fig. 2. Result of answers to Question 4 “Are there any products or services of the Bank with which you are not satisfied for one reason or another?”

Следующей стоит рассмотреть услугу «Кредит»: количество пользователей данной услуги и тех, кто ей не пользуется, приблизительно равное количество из опрошенных (103 – да, 97 – нет). На вопрос «Почему Вы не пользуетесь этой услугой?» 34 человека ответили «Не вижу необходимости» и такое же количество «Не удовлетворяют условия предоставления услуги». Из 103 человек, пользователей услуги, ответили про ее необходимость в связи с жизненными ситуациями или потребностями, которые не терпят отлагательства.

Из этих диаграмм можно заключить, что количество потребителей услуги «Кредит» находится в пределах нормы.

По результатам исследования относительно употребления и удовлетворенности потребителей услугой «СМС-банкинг» можно четко увидеть, что абсолютное большинство пользователей активно пользуются данной услугой, и видят четкую необходимость и удобство использования данной услуги. 171 человек используют данную услугу и лишь 29 – нет.

Результаты исследования относительно использования и удовлетворенности пользователей услугой «Страхование Жизни/ недвижимости/авто» свидетельствуют, что услуги страхования не популярны среди клиентов банков. Как причину отказа от использования данной услуги большинство потребителей указывает «Не вижу необходимости». В данном случае это можно объяснить тем, что в России нет полноценной культуры страхования здоровья и недвижимого имущества. В качестве рекомендации можно предложить провести специальную кампанию для повышения спроса и продажи данных услуг. Для достижения данной цели можно предложить дополнительное информирование потребителей по поводу вышеуказанных услуг. Например, распространение банками электронных и бумажных брошюр, в которых должна содержаться информация о страховых случаях, механизме возмещения, и общая информация относительно услуги страхования.

Результаты исследования по употреблению и удовлетворенности потребителей услугой «Инвестирование» в основном свидетельствуют либо об отсутствии возможности, либо отсутствии необходимости, а также некоторой неосведомленности в данном вопросе:

- Нет возможности – 39 ответов из 80;
- Не вижу необходимости – 28 ответов из 80;
- Не осведомлен в этом вопросе – 14 ответов из 80.

В качестве рекомендации можно предложить такие же дополнительные информационные и обучающие кампании (как и в услугах страхования) для повышения спроса и продажи данной услуги.

Особого внимания в современных условиях цифровой трансформации экономики заслуживает анализ ответов на вопрос относительно использования и удовлетворенности потребителей мобильными приложениями банков (рис. 4).

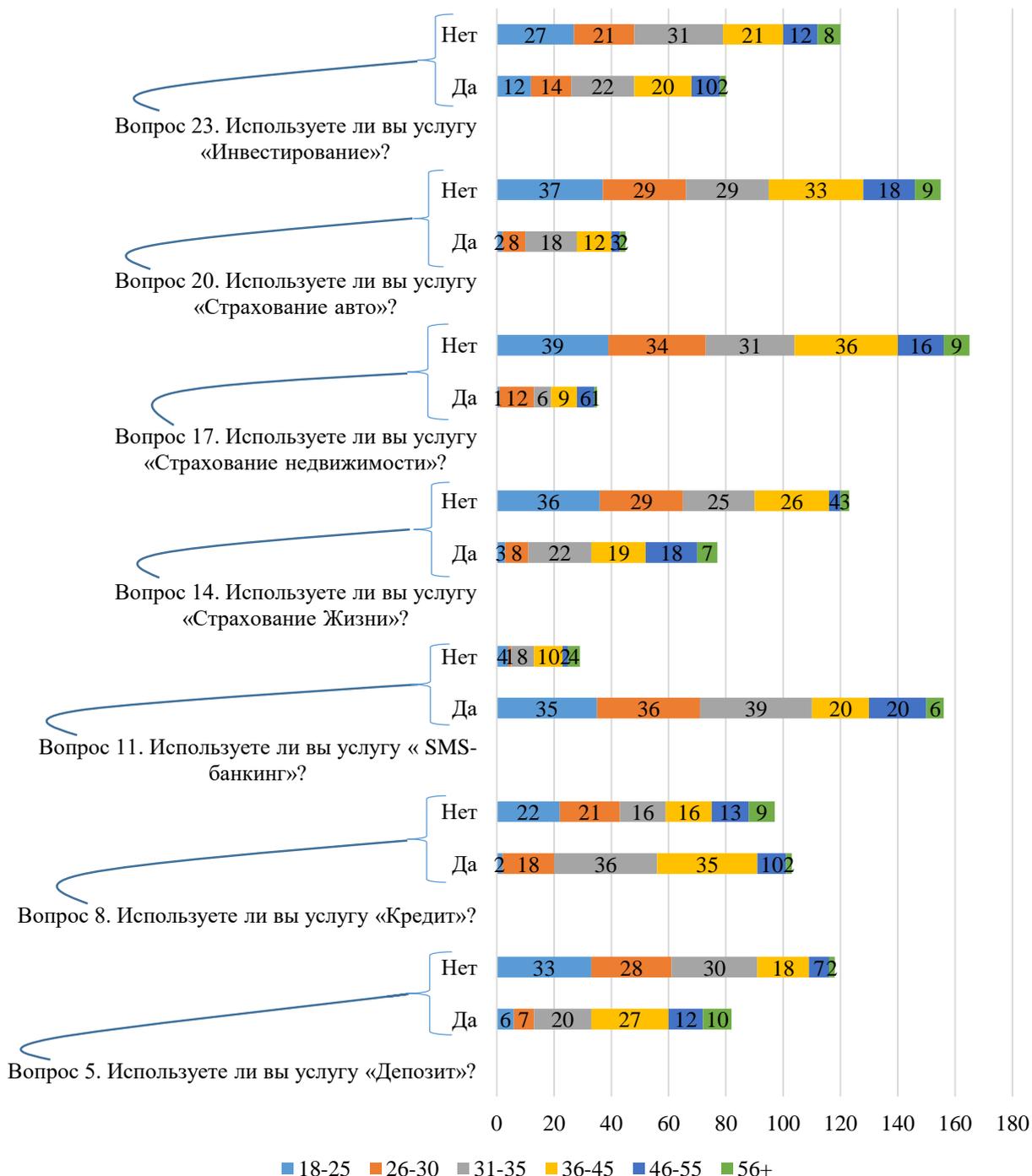


Рис. 3. Результаты исследования относительно использования и удовлетворенности потребителей услугами банков: «Депозит», «Кредит», «SMS-банкинг», «Страхование Жизни», «Страхование недвижимости», «Страхование авто», «Инвестирование»

Fig. 3. Results of the study regarding the use and satisfaction of consumers with banking services: “Deposit”, “Credit”, “SMS-banking”, “Life Insurance”, “Real Estate Insurance”, “Car Insurance”, “Investing”

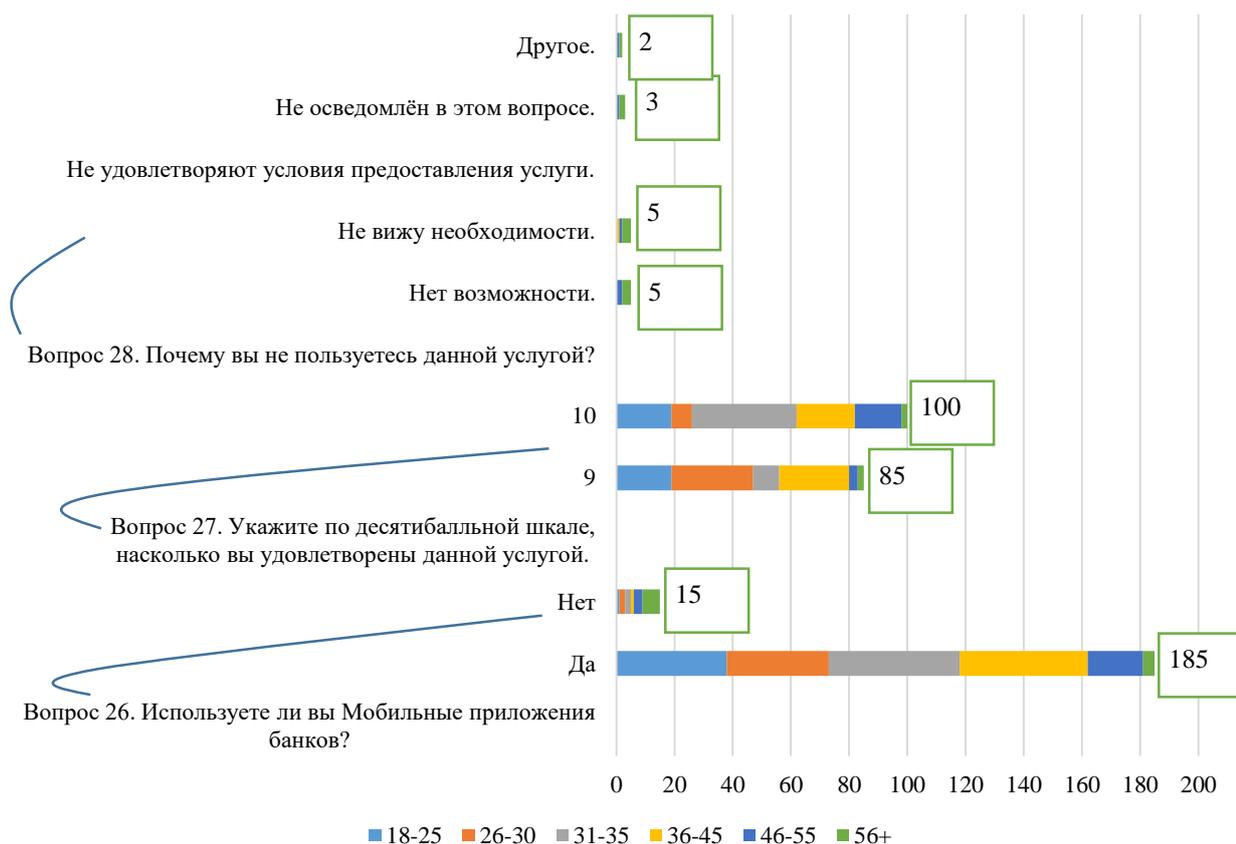


Рис. 4. Результаты исследования относительно использования и удовлетворенности потребителей мобильными приложениями банков
 Fig.4. Research results regarding the use and satisfaction of consumers with mobile banking applications

Рис. 4. свидетельствует, что всего 7 % опрошенных (15 человек из 200) не пользуются мобильными приложениями банков, из них 5 человек не имеют такой возможности в связи с отсутствием смартфона или неумением им пользоваться. К этой категории респондентов относится возрастная группа от 46 лет; не видят необходимости в использовании данного продукта 5 респондентов, которые в основном являются представителями той же возрастной группы, и не осведомлены в этом вопросе – 3 человека.

Относительно удовлетворенности данным банковским технологическим продуктом, можно отметить, что оценка 185 (или 93 %) респондентов колеблется в пределах 9 и 10 баллов, даже в большей степени (100 ответов) в пределах 10 баллов. Это говорит о достаточно высоком уровне технологического и цифрового развития исследуемых банков. В качестве рекомендаций можно предложить банкам не останавливаться на достигнутом и постоянно развивать свои цифровые возможности в соответствии с вызовами времени.

Заключение

Таким образом, на основе полученных результатов проведенного исследования были обнаружены услуги-лидеры и услуги-аутсайдеры и услуги, требующие дополнительных мер по повышению спроса, а именно – услуги страхования и инвестирования. Оценка удовлетворенности клиентов банковскими продуктами и услугами, оказываемыми на рынке банковских услуг в Белгородской области, позволяет выявить сильные и слабые стороны банков на данный момент. Результаты исследования позволяют банкам принимать более обоснованные стратегические решения в сфере маркетингового управления потребительскими предпочтениями для продвижения как своего бренда, так и отдельных продуктов и услуг.

Выявлено, что некоторые банки успешно адаптировались к изменяющимся требованиям клиентов и предлагают инновационные, удобные и надежные услуги. Однако другие банки отстают от конкурентов и не соответствуют ожиданиям клиентов. Понимание предпочтений и потребностей клиентов в банковских услугах – ключевой фактор, определяющий успех банков на региональном рынке.

Банки Белгородской области должны активно разрабатывать и внедрять инновационные продукты и услуги, учитывая требования и предпочтения своих клиентов. В результате это поможет укрепить их позиции и обеспечить устойчивое развитие в условиях жесткой конкуренции. Затронутые в статье вопросы не исчерпывающие и требуют дополнений и уточнений по созданию программы лояльности как инструмента долгосрочного взаимовыгодного сотрудничества между потребителем и банком.

Список источников

- Аакер Д. Создание сильных брендов. – М.: Издательский дом Гребенникова, 2008. – 48 с.
- Бутчер С.А. Программы лояльности и клубы постоянных клиентов – М.: Вильямс, 2004. – 81 с.
- Голубков Е.П. Маркетинговые исследования: теория, методология и практика: учеб. / Е.П. Голубков. – М.: Финпресс, 2008. – 496 с.
- Маркетинговые исследования потребительского рынка / В. Анурин, И. Муромкина, Е. Евтушенко. – СПб.: Питер, 2004. – 270 с.
- Официальный сайт АО УКБ «Белгородсоцбанк». URL: <https://belsocbank.ru/> (дата обращения: 28 января 2024).
- Рейтинг банков Белгорода и Белгородской области по активам. URL: <https://belgorod.vbr.ru/banki/raiting/> (дата обращения: 02 февраля 2024).
- Рейтинг банков Белгорода. URL: <https://mainfin.ru/banki/rating/belgorod> (дата обращения: 02 февраля 2024).
- Статистика территориального присутствия действующих кредитных организаций и их подразделений в Белгородской области. URL: https://www.cbr.ru/statistics/bank_sector/lic/ (дата обращения: 28 января 2024).

Список литературы

- Быканова Н.И., Ерофтеева Э.В. 2023. Анализ рынка банковских услуг Белгородской области. Дневник науки, 6. Режим доступа: URL: http://www.dnevniknauki.ru/images/publications/2023/6/economy/Bykanova_Erofteeva.pdf (дата обращения 25.06.2023).
- Быканова Н.И. 2023. Цифровая трансформация банковского маркетинга в современных условиях. Вестник Российского экономического университета Г.В. Плеханова, Т. 20, 4(130): 227–234.
- Мельникова Н.С., Быканова Н.И. 2022. Реализация продуктов и услуг отечественными государственными банками и проблемы их выбора. Актуальные проблемы развития экономических, финансовых и кредитных систем: сборник материалов X Международной научно-практической конференции. Белгород: ИД «БелГУ» НИУ «БелГУ»: 98–104.
- Цединов О.А., Бадма-Горяева Э.О. 2019. Развитие банковского маркетинга в условиях цифровой трансформации. Вестник Алтайской академии экономики и права, 2 (часть 1): 170–177.
- Dick Alan S., Kunal Basu. 1994. Customer Loyalty: Toward an Integrated Conceptual Framework. Journal of the Academy of Marketing Science, 22 (inter): 99–113.
- Hofmeyr J. 2000. Commitment-Led Marketing / J. Hofmeyr, B. Rice. John Wiley and Sons, 298 p.
- Newman Joseph W., Werbel Richard A. 1973. Multivariate Analysis of Brand Loyalty for Major Household Appliances. Journal of Marketing Research, 10 (November): 404–409.
- Oliver Richard L. 1997. Satisfaction: A Behavioral Perspective on the Consumer. New York: Irwin/McGraw-Hil.
- Reichheld Frederick F. 1996. The Loyalty Effect. Boston MA: Harvard Business School Press.
- Tellis Gerard J. 1988. Advertising Exposure, Loyalty, and Brand Purchase: A Two-Stage Model of Choice. Journal of Marketing Research, 25 (May): 134–144.



References

- Bykanova N.I., Erofteeva E.V. 2023. Analysis of the banking services market in the Belgorod region. *Diary of Science*, 6. Access mode: URL: http://www.dnevniknauki.ru/images/publications/2023/6/economy/Bykanova_Erofteeva.pdf (access date 06.25.2023).
- Bykanova N.I. 2023. Digital transformation of bank marketing in modern conditions. *Bulletin of the Russian Economic University G.V. Plekhanov*, V. 20, 4(130): 227–234.
- Melnikova N.S., Bykanova N.I. 2022. Sales of products and services by domestic state banks and problems of their choice. *Current problems of development of economic, financial and credit systems: collection of materials of the X International Scientific and Practical Conference*. Belgorod: Publishing House "BelSU" National Research University "BelSU": 98–104.
- Tsedinov O.A., Badma-Goryaeva E.O. 2019. Development of banking marketing in the context of digital transformation. *Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law*, 2 (part 1): 170–177.
- Dick Alan S., Kunal Basu. 1994. Customer Loyalty: Toward an Integrated Conceptual Framework. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 22 (inter): 99–113.
- Hofmeyr J. 2000. *Commitment-Led Marketing* / J. Hofmeyr, B. Rice. John Wiley and Sons, 298 p.
- Newman Joseph W., Werbel Richard A. 1973. Multivariate Analysis of Brand Loyalty for Major Household Appliances. *Journal of Marketing Research*, 10 (November): 404–409.
- Oliver Richard L. 1997. *Satisfaction: A Behavioral Perspective on the Consumer*. New York: Irwin/McGraw-Hill.
- Reichheld Frederick F. 1996. *The Loyalty Effect*. Boston MA: Harvard Business School Press.
- Tellis Gerard J. 1988. Advertising Exposure, Loyalty, and Brand Purchase: A Two-Stage Model of Choice. *Journal of Marketing Research*, 25 (May): 134–144.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

Поступила в редакцию 12.03.2024

Received March 12, 2024

Поступила после рецензирования 26.03.2024

Revised March 26, 2024

Принята к публикации 29.03.2024

Accepted March 29, 2024

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Быканова Наталья Игоревна, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры инновационной экономики и финансов, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Natalya I. Bykanova, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Innovative Economics and Finance, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

УДК 336.13

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-631-642

Информационное обеспечение финансового контроля: проблемы и пути их решения

¹Зимакова Л.А., ¹Карловская Е.А., ¹Токарь Е.В., ²Коваленко С.Н.

¹ Белгородский государственный национальный исследовательский университет
Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, 85

² Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова
Россия, 117997, Москва, Стремянный переулок, 36

E-mail: zimakova@bsu.edu.ru, karlovskaya@bsu.edu.ru, tokar_e@bsu.edu.ru, i@swkow.ru

Аннотация. Одной из основных задач государства в настоящее время является эффективное управление национальными ресурсами страны, в том числе бюджетными средствами. Контроль эффективного использования бюджетных средств проводится посредством действующей системы финансового контроля. Одной из составляющих и необходимых частей её функционирования являются информационные технологии и системы, обеспечивающие проведение результативно-ориентированного государственного финансового контроля. Именно качественное информационное обеспечение позволяет своевременно получать актуальную информацию, оперативно корректировать действия подконтрольного субъекта, проводить контрольные мероприятия и проверки в полном объеме. Комплексное применение единых информационных систем, программного обеспечения и баз данных бухгалтерского учета позволяет выполнять основные задачи результативно-ориентированного финансового контроля. В данной статье дана характеристика основных информационных источников финансового внутреннего и внешнего контроля, вскрыты проблемы оперативного получения объективных, качественных, прозрачных данных в условиях применения цифровых технологий и намечены пути их решения.

Ключевые слова: финансовый контроль, финансы государства, информационное обеспечение, эффективное использование, целевое использование, бюджетные средства

Для цитирования: Зимакова Л.А., Карловская Е.А., Токарь Е.В., Коваленко С.Н. 2024. Информационное обеспечение финансового контроля: проблемы и пути их решения. Экономика. Информатика, 51(3): 631–642. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-631-642

Information Support of Financial Control: Problems and Solutions

¹Liliya A. Zimakova, ¹Evgenia A. Karlovskaya, ¹Elena V. Tokar, ²Svetlana N. Kovalenko

¹Belgorod State National Research University
85 Pobeda St, Belgorod 308015, Russia

²Plekhanov Russian University of Economics
36 Stremyanny Lane, Moscow 117997, Russia

Email: zimakova@bsu.edu.ru, karlovskaya@bsu.edu.ru, tokar_e@bsu.edu.ru, i@swkow.ru

Abstract. One of the main tasks of the state at present is the effective management of the country's national resources, including budgetary funds. Control over the effective use of budgetary funds, compliance with the budget legislation of the Russian Federation and other normative legal acts in the field of budgetary legal relations is carried out at the expense of the current system of state financial control. This system occupies a special place in regulating the activities of state budgetary organizations. One of the components and necessary parts of its functioning is information technologies and systems that ensure the implementation of performance-oriented state financial control. It is high-quality information support that makes it possible to receive timely up-to-date information, promptly correct the actions of a controlled entity, carry out control measures and inspections in full. The use of unified information systems, software and accounting information bases allows the completion of the main tasks of performance-oriented

financial control. This article describes the main information sources of internal and external financial control, reveals problems with the prompt receipt of objective, high-quality, transparent data in the context of the use of digital technologies and outlines ways to solve them.

Keywords: financial control, state finances, information support, effective use, targeted use, budgetary funds

For citation: Zimakova L.A., Karlovskaya E.A., Tokar E.V., Kovalenko S.N. 2024. Information Support of Financial Control: Problems and Solutions. Economics. Information technologies, 51(3): 631–642. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-631-642

Введение

Организации государственного сектора и сектора государственного управления по своей природе являются подотчетными обществу, а общество очень трепетно относится как к вопросам раскрытия информации о реализуемых целях, этичности ведения деятельности, достигнутых результатах, так и вопросам контроля за финансовыми ресурсами, использованными для достижения целей. Важное место в решении данных вопросов занимает система измерения, сбора, обработки, подготовки и представления информации о различных элементах эффективности, действующая на постоянной основе. Система отчетности организаций государственного сектора обеспечивает основу для регулярной обратной связи и возможность реализации публичного финансового контроля. Но сегодня недостаточно просто информировать общество о том, куда и сколько финансовых ресурсов потрачено, люди хотят видеть сравнение текущих результатов с запланированными и ожидаемыми, тенденции показателей, с различных сторон, характеризующих подотчетные организации, а также насколько эффективны проекты бюджетного финансирования. Поэтому особую значимость приобретает результативно-ориентированный финансовый контроль, который подразумевает под собой комплекс мероприятий, проводимых государственными органами в рамках проведения внешнего и внутреннего финансового контроля, с целью многопрофильной оценки использования бюджетных средств.

Многопрофильность предполагает, во-первых, проверку направлений использования финансов на основании планов финансово-хозяйственной деятельности (далее – план ФХД), формируемых бюджетными и автономными учреждениями, бюджетных смет казенных учреждений, во-вторых, реальность приобретения, получения и рационального использования ресурсов на решение поставленных задач, в-третьих, сопоставление полученных результатов и затраченных ресурсов, в-четвертых, определение направлений совершенствования финансово-хозяйственной деятельности и определения процедур, обеспечивающих рациональное распределение ресурсов. Достижение многопрофильности оценки использования средств возможно только при наличии хорошо сформированной и слаженно функционирующей системы учетно-аналитического обеспечения управления, доступ к которой представляется в рамках осуществления контрольных процедур.

Увеличение информационных потоков, использование цифровых платформ, изменение правового регулирования социально-экономических отношений в условиях цифровизации, активное применение электронно-цифровых подписей, онлайн-технологий для получения обратной связи – все это, с одной стороны, усложняет процесс информационного обеспечения внутреннего и внешнего финансового контроля, с другой стороны – обеспечивает возможность более быстрого реагирования контролирующих структур на те или иные действия организаций государственного сектора. Поэтому цель данного исследования состоит в выявлении проблем информационного обеспечения финансового контроля и определении путей их устранения на основе цифровой трансформации государственного сектора экономики.

Объекты и методы исследования

В качестве объекта исследования выбраны организации государственного сектора – это хозяйствующие субъекты, имущество которых находится в государственной или муниципальной собственности и управляемые органами государственной власти или определенными ими лицами. С финансовой точки зрения государственный сектор включает в себя все экономические ресурсы, на которые распространяется государственная форма собственности и все организации (бюджетные, автономные, казенные), с помощью которых государство и осуществляет государственное регулирование экономикой.

В процессе написания статьи были проанализированы действующие нормативные и законодательные акты, регулирующие получение, распределение и использование государственных бюджетных средств, а также регулирующие проведение финансового контроля, рассмотрены труды отечественных и зарубежных авторов, посвященные рассматриваемой проблеме. Проведенный опрос и наблюдение позволили выявить проблемы информационного обеспечения финансового контроля в рамках использования бюджетных средств организациями государственного сектора экономики, а абстрагирование способствовало распознаванию причин их возникновения. Синтез и обобщение теоретического и практического материала позволили предложить мероприятия по устранению факторов, препятствующих улучшению качества информационно-коммуникационного пространства организаций государственного сектора, а также выявить возможности интеграции прогрессивных информационных технологий в контрольную среду.

Результаты и их обсуждение

Информационное обеспечение – это широкое понятие, которое предполагает непрерывный процесс по представлению различного рода информации. Непрерывность характеризуется постоянным обновлением, дополнением и актуализацией данных [Валова, 2022]. Важное значение в данном процессе имеют: скорость, объем и качество, которые во многом зависят от применяемых цифровых технологий. Цифровая революция привела к трансформации экономических отношений и, по мнению Исаева Э.А., стала необходимым условием для повышения эффективности контроля в финансово-бюджетной сфере [Исаев, 2022]. Мы согласны с автором и поэтому рассматриваем финансовый контроль с акцентом на изменение подходов к формированию подконтрольных данных и использованию новых инструментов при проведении контрольных мероприятий. Считаем важным выстраивание именно единообразной интегрированной системы информационного обеспечения, которая схематично представлена на рисунке 1.

Контрольная среда имеет большое значение в процессе формирования информационного обеспечения, так как она включает набор стандартов, структур и процессов, которые формируют основу осведомленности руководителей и сотрудников о контроле относительно их действий. Следовательно, стандарты, нормы, правила, кодексы можно рассматривать как первый источник информации, на основе которого косвенно устанавливаются возможности совершения или предотвращения неправомерных действий в части использования финансовых ресурсов.

Необходимость формирования и совершенствования информационного обеспечения продиктована не только современными условиями функционирования государственного контроля, но и существующей правовой системой с её законами. В соответствии с пп.3.3. ст. 32 ФЗ от 12 января 1996 г. № 7-ФЗ «О некоммерческих организациях» некоммерческие организации обязаны размещать в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» ряд документов и информации, в том числе План ФХД государственных и муниципальных учреждений и Отчет о результатах деятельности учреждения и об использовании закрепленного за ним имущества. Новая редакция данного закона, вступающая в силу в 2025 г., также содержит данный пункт.

Обратная связь – инструмент контроля, обеспечивающий взаимодействие контролируемых и контролирующих структур. Организации государственного сектора подконтрольны обществу, поэтому посредством размещения плановой и отчетной информации в открытом доступе они обеспечивают возможность реализации обратной связи.

План ФХД – это основа управления доходами и расходами бюджетного и автономного учреждения, поэтому от качества его содержания зависит не только возможность достижения поставленных целей, но и в принципе реальность функционирования субъекта. Этот формат подхода относится и к бюджетной смете казенного учреждения, что также формирует качественный состав данного документа.

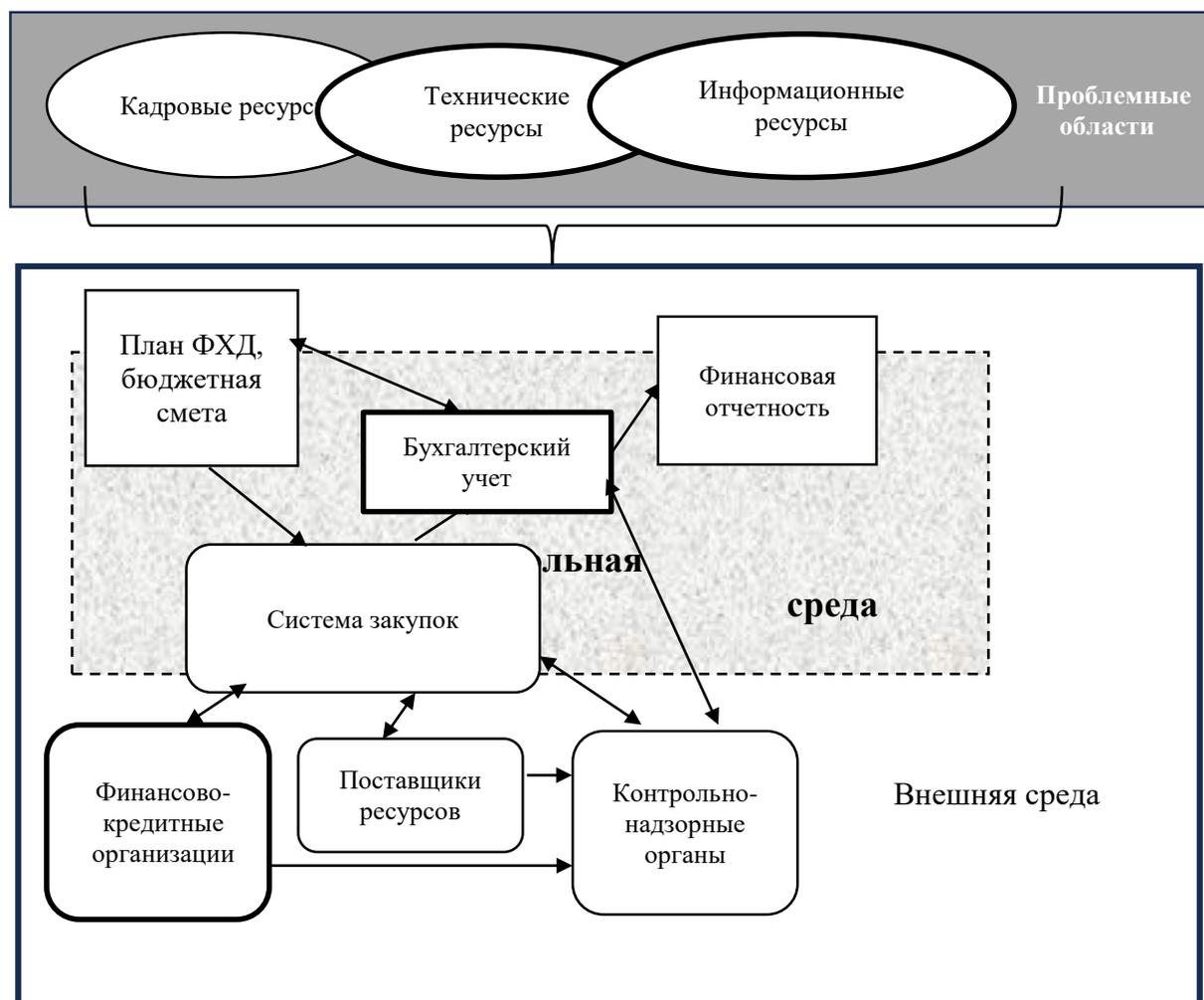


Рис. 1. Информационно-коммуникационное пространство организаций государственного сектора и проблемы информационного обеспечения финансового контроля

Fig. 1. Information and communication space of public sector organizations and problems of information support for financial control

Сегодня наиболее распространенной моделью планирования является бюджетирование, ориентированное на результат, но при этом ценность денег продолжает оставаться приоритетной при рассмотрении вопросов результативности и эффективности деятельности организаций государственного сектора. Данные организации являются подотчетными обществу и должны функционировать во взаимосвязи с общественными интересами, поэтому для них важное значение имеет улучшение качества оказываемых услуг и повышение удовлетворенности клиентов. Использование соотношения цены и качества как критерия эффективности может обеспечить хорошую основу планирования и оценки не только результатов деятельности, но и каждого принципиально важного управленческого решения.

Практика показала, что существует положительная и значимая связь между влиянием бюджетирования, основанного на результатах, эффективностью работы и ответственностью руководителей различных уровней государственных учреждений.

Мы рассматриваем план ФХД и бюджетную смету как источники информации для грамотного распределения ресурсов, обеспечивающие интеграцию всех функций субъекта для достижения поставленной цели. Эти документы содержат целевые показатели и определяют направления расходования денежных средств, поэтому они служат основой для анализа, проводимого в рамках финансового контроля. Ясность и четкость показателей плана и сметы, доведенных до исполнителей – это важная часть результата, но регулярно проводимый мониторинг промежуточных составляющих – это вторая составляющая успеха.

В процессе ведения хозяйственной деятельности организации могут сталкиваться с различного рода препятствиями, которые не были предусмотрены во время подготовки бюджета, поэтому в целях предотвращения серьезных отклонений не только в конце, но и в течение отчетного периода, нужно анализировать возникающие отклонения. Для проведения план-факт анализа используются данные бухгалтерского учета, который, с одной стороны, выступает как информационный источник контроля, с другой стороны, как контролер.

Термины «финансы и учет в государственном секторе» рассматриваются широко и включают такие процессы, как финансовый учет, бюджетирование, ответственность, подотчетность, консолидация финансовых отчетов. Они будут действенными помощниками финансового контроля только при использовании единых подходов к цифровой архитектуре планирования, учета, отчетности, обратной связи. Исследования, проведенные Д.С. Егоровым и Т.Б. Тереховой, показали, что информационная интеграция хорошо реализована на платформе Главного контрольного управления г. Москвы [Егоров, 2020]. Данная платформа обеспечивает выделение основных точек контроля, которые постоянно мониторятся:

- формирование потребности в товарах, работах и услугах (далее – ТРУ): информационные системы ведомственный структур (ведомственные системы контроля);
- планирование закупок: информационные системы АСКД (аналитическая система контрольной деятельности), ЕАИСТ (система торгов г. Москвы), АСУ ГФ (система управления городскими финансами);
- осуществление закупки: информационные платформы АСКД, ЕИС (единая информационная система);
- исполнение контракта: АСКД, ЕАИСТ, Бюджетный учет (единая «облачная» бухгалтерия), Портал поставщиков (единая база данных поставщиков), ИАС МКР (система комплексного развития), АИС Стройинвестиции (система ведения адресных инвестиционных программ).

Кроме этого, цифровой ландшафт системы контроля г. Москвы включает:

- ЕАИСТ (систему контроля осуществления закупок);
- АСУ ГФ (систему управления и контроля городскими финансами);
- ведомственные системы контроля (систему контроля обоснованности потребности);
- бюджетный учет (систему учета, контроля исполнения обязательств);
- ИАС МКР (систему учета достижения результатов национальных проектов);
- Главгосэкспертизу и Мосгосэкспертизу (систему контроля экспертизы стоимости);
- АИС Стройинвестиции (систему контроля адресной инвестиционной программы).

Комплексное использование информационных систем создает условия для работы с большими базами данных, анализируя и выделяя зоны риска закупочного процесса на любом этапе его проведения. Данный опыт необходимо популяризировать.

Финансовый мониторинг – это один из наиболее действенных и эффективных инструментов финансового контроля, он используется для принятия оперативных управленческих решений и может выступать в качестве основы для корректирующего контроля [Зацаринная, 2024]. Хотя он же выполняет функцию информационного

обеспечения управления [Кузнецова, 2021]. Поставщиком данных для оперативного и последующего финансового мониторинга является бухгалтерский учет.

Для решений задач качественного информационного обеспечения контроля в организациях государственного сектора система бухгалтерского учета должна выполнять следующие функции:

- аккумулировать всеобъемлющую и надежную информацию о государственных финансах;
- являться основой для совершенствования финансового планирования и управления;
- формировать детализированные исходные данные для анализа;
- предотвращать мошенничество и неэффективное использование финансовых средств.

Хорошо организованный бухгалтерский учет в государственном учреждении может продемонстрировать реализацию систем бюджетирования, достижение бюджетных целей и реализацию концепции эффективности. Но адекватность формируемой учетной информации во многом зависит от уровня подготовки, умений и навыков сотрудников бухгалтерской службы. Проведенный опрос старшекурсников и статистика трудоустройства выпускников экономических специальностей вузов показывает, что большинство из них стремятся в бизнес-сферу и только те, кто не трудоустраиваются в коммерческих организациях начинают свою трудовую деятельность в бухгалтерских службах государственных учреждений. Следует также учесть, что учебные программы имеют большую ориентацию именно на бизнес. Отсюда вытекает одна из проблем – недостаточно высокий уровень квалификационной подготовки экономистов, работающих в организациях государственного сектора.

Современный бухгалтер – это уже не просто регистратор фактов хозяйственной деятельности, а это юрист (проверяет правильность и законность оформления документов и операций, на основании которых совершаются хозяйственные операции), контролер (контролирует транзакции, корректность отражения хозяйственных операций на счетах бухгалтерского учета, в учетных регистрах, генерацию отчетности), экономист (проводит экономические расчеты), может выступать в качестве эксперта. В нормативных документах, регулирующих бухгалтерский учет, важное место отводится профессиональному суждению. Большинство авторов, рассматривающих вопросы подготовки квалифицированных специалистов в области бухгалтерского учета, указывают на то, что постоянные изменения в бухгалтерском и налоговом законодательстве, совершенствование автоматизированных программ для ведения учета, использование новых цифровых технологий, хранение данных в облачных хранилищах требуют постоянного повышения квалификации сотрудников бухгалтерских служб [Вандина, 2023; Лайпанова, 2021; Пашенко, 2022]. Наряду с этим, и сотрудники, которые участвуют в контрольных мероприятиях, также должны иметь высокую квалификацию и не только хорошо знать нормативную и законодательную базу, но и понимать, каким образом формируются исходные данные, уметь осуществить сквозную проверку финансовых и хозяйственных операций, придерживаться применимых руководящих принципов, знать, как составляются финансовые отчеты [Коваленко, 2024].

Одна из задач финансового мониторинга: выявление и предотвращение нарушений посредством наблюдения за процессами. Оперативное сопоставление плановых и фактических данных, получаемых из учетной системы, способствует решению этой задачи. Но проблема состоит в том, что в плане ФХД и смете определены направления и размеры финансов, направляемых на определенные цели в рамках одного отчетного периода. Возникает вопрос: «Какие процессы подвергать мониторингу?» [Зимакова, 2021].

Статистические данные свидетельствуют о том, что наиболее рискованным процессом с точки зрения рисков нарушения законодательства и совершения мошенничества является процесс снабжения, который включает распределение ресурсов, подготовку технических заданий, проведение торгов и собственно получение товаров и услуг. По официальным данным ФАС России в I полугодии 2023 года количество жалоб на нарушения в сфере закупок составило 23 655, при этом 10 177 из них признано обоснованными [ФАС России, 2024].

Отдельные этапы закупочной деятельности автоматизированы, отлажена система взаимодействия организаций, осуществляющих закупки, контролирующих органов и Федерального казначейства, и это уже дало положительные результаты [Капитонова, 2020]. Но целесообразно разрабатывать алгоритмы оперативных проверок с целью предотвращения различного рода финансовых мошеннических действий и нарушений в этой сфере уже на этапах подготовки технических заданий.

Интеграция части информационных источников финансового контроля реализована в едином информационном пространстве. Но проблема состоит в том, что статистические данные не всегда являются объективными, так как они основаны на «исторических данных», а решения по ценам на ТРУ принимаются в режиме реального времени и в сложившихся условиях, поэтому необходимо автоматизировать сравнительный анализ цен и тарифов, получая данные с сайтов различных организаций. Использование искусственной нейронной сети (далее – ИНС) существенно облегчает поставленную задачу [Зимаков, 2024]. Так, например, в рамках мониторинга деятельности городских структур и служб в г. Москве используются технологии, сформированные на базе ИНС. При этом первоначально происходит сбор данных на установленных устройствах (коммунальная техника, рейсовые автобусы, парконы), затем анализ на основе собранного «банка фотографий нарушений», после чего выявляется нарушение с помощью ИНС и в дальнейшем происходит пополнение базы и дообучение сети в отношении выявляемых нарушений.

В России создана и продолжает развиваться такая система, ее основная задача состоит в создании единого информационного пространства, обеспечивающего связь организаций государственного сектора и бизнеса, власти и людей. Ю.И. Валова, И.М. Жмуркин отмечают, что созданный государством информационный комплекс содержит достаточно большой объем данных в одном крупном ресурсе, использование которого значительно облегчает проведение финансового контроля [Валова, 2022]

Преимуществом рассматриваемой единой информационной системы, с точки зрения осуществления финансового контроля, является доступ к внешней оперативной информации, получаемой из различных органов. Так, например, данные статистических органов облегчают оценку производителей товаров и услуг, позволяют проводить анализ цен на рынке, что имеет важное значение на этапе предварительного финансового контроля закупок.

Рассмотрим несколько примеров информационных ресурсов и систем, действующих на сегодняшний день в сфере государственного финансового контроля. Одной из таких систем является государственная интегрированная информационная система (ГИИС) «Электронный бюджет». Её проект был разработан в 2011 году и одобрен Правительством Российской Федерации. Главной целью создания данной системы являлось обеспечение прозрачности и открытости данных о бюджетах различного уровня в нашей стране, а также подотчетности бюджетных учреждений и государственных органов высшим контрольно-надзорным структурам.

Однако система выполняет и ряд иных задач, отраженных на рисунке 2.

В целом данная система включает в себя три основных группы элементов, а именно: единый портал бюджетной системы РФ, централизованные и сервисные подсистемы, которые в свою очередь подразделяются на более маленькие, но не менее важные структурные единицы. Данный портал подразделяется на общедоступную информацию и разделы, которые могут использовать исключительно авторизованные пользователи.

В рамках общедоступных данных можно узнать об актуальных новостях, касающихся бюджетной системы и изменений в ней на территории РФ; о национальных проектах; принципах бюджетной системы; действующих законах в бюджетной сфере и мерах ответственности за их нарушение. Информация сайта необходима для результативно-ориентированного финансового контроля за деятельностью государственных и муниципальных казенных учреждений.



Рис. 2. Основные задачи государственной информационной системы «Электронный бюджет»
Fig. 2. The main tasks of the state information system "Electronic Budget"

Автоматизированная информационная система «Финансы» предназначена для осуществления сбора, обработки и систематизации данных, а также обеспечения взаимодействия государственных органов в рамках контрольных мероприятий между собой. Основными пользователями данной системы являются Министерство финансов, Федеральное Казначейство и его структурные подразделения, контрольно-ревизионные органы на федеральном и региональном уровнях, а также непосредственно получатели бюджетных средств [Федорова, 2020]. Данная система позволяет выполнять следующие функции:

- составление плана по формированию и использованию бюджетов различных уровней;
- осуществление мониторинга за исполнением бюджета на федеральном, региональном и муниципальном уровнях;
- управление бюджетными потоками и контроль за целевым и эффективным использованием бюджетных средств;
- сбор необходимых данных и составление отчетов о состоянии бюджетных средств, находящихся в распоряжении бюджетополучателей;
- техническое обеспечение деятельности контрольно-надзорных органов;
- обеспечение интерактивного взаимодействия всех реализаторов результативно-ориентированного финансового контроля в единой информационной базе.

Внедрение информационных систем в процесс осуществления результативно-ориентированного финансового контроля дает возможность многократно использовать единожды введенные данные для решения различных задач в ходе проведения проверок, не допуская дублирования и избегая потери данных. На сегодняшний день существует целый комплекс информационных систем, задействованных в осуществлении результативно-ориентированного финансового контроля, которые обеспечивают непрерывный обмен данными и контроль за деятельностью государственных учреждений. Однако информационное обеспечение требует постоянного совершенствования, особенно в нынешних условиях быстро изменяющихся ориентиров и целей, для того, чтобы

результативно-ориентированный финансовый контроль, осуществляемый в процессе внешнего и внутреннего контроля со стороны контрольных органов, был эффективным и целесообразным.

Для полноценной работы системы результативно-ориентированного финансового контроля используемые инструменты информационного обеспечения должны соответствовать определенным техническим критериям [Rajat, 2018].

Во-первых, своевременность получения аналитических данных и результативных показателей. То есть информация по результатам проверок передается уполномоченным лицам субъектов финансового контроля с помощью информационных систем в строго установленные сроки. Это необходимо для поддержания актуальности и ускорения реализации мероприятий по устранению нарушений бюджетополучателями, тем самым обеспечив повышение эффективности использования бюджетных средств.

Во-вторых, организованность данных. Все системы, как у субъектов, так и у объектов финансового контроля должны иметь единую архитектуру и настройки, чтобы пользователи могли ими пользоваться. Данные, касающиеся контрольных мероприятий и их результатов, должны быть четко структурированы и правильно оформлены.

В-третьих, надежность и достоверность. Информация, подгружаемая в единые информационные базы, должна быть проверена. Именно данный критерий обеспечивает возможность полноценного контроля за эффективностью деятельности бюджетных учреждений.

В-четвертых, интеграция внутренних данных с внешними информационными платформами, на которых размещаются отчеты организаций государственного сектора в открытом доступе.

Ранее уже отмечалось, что отчетность учреждений государственного сектора также используется в качестве информационного источника контроля. При этом ее задача не просто показать, как тратятся государственные деньги, но продемонстрировать способности использовать финансы экономно, эффективно и результативно. В соответствии с действующими правилами и стандартами финансовая отчетность должна составляться своевременно с максимальной точностью и содержать надежную информацию. Поэтому важно, чтобы в бухгалтерском учете и финансовой отчетности поддерживалась согласованность.

Технические ресурсы обеспечивают возможность реализации информационных технологий, поэтому являются важным компонентом информационного обеспечения контроля. Сегодня в России реализуется государственная политика, нацеленная на повышение эффективности, поддержание и совершенствование материальной базы организаций государственного сектора. Но проблема с состоянием и технической оснащенностью организаций, находящихся удаленно от центров федеральных округов, продолжает оставаться. В частности, имеется дефицит современных технических средств, обеспечивающих возможности беспрепятственного обмена информацией, не хватает мощностей по обработке, хранению и передаче информации, сократились возможности закупки некоторых видов оборудования.

Конечно же все проблемы, связанные с информационным обеспечением финансового контроля, не могут быть быстро устранены, но важно стремиться к преодолению препятствий.

Заключение

Цифровые технологии играют важную роль в процессе подготовки данных, используемых в рамках проведения финансового контроля, потому что при их оптимальном использовании не только увеличивается объем аккумулируемых данных и улучшается качество, но и ускоряется их обработка, повышается точность расчетов, снижаются затраты на хранение данных.

Рост социальной ответственности организаций государственного сектора активизирует использование бюджетирования, ориентированного на результат, внедрение механизмов повышения эффективности работы. Формирование ясных и прозрачных целей и оценочных показателей в планах ФХД и сметах создает более благоприятную среду для оперативного внутреннего и внешнего финансового контроля. Особая сложность состоит в контроле эффективности использования бюджетных средств, так как использование концепции соотношения цены и качества, очень часто основано на субъективной оценке качества.

Бухгалтерский учет является важным информационным источником, обеспечивающим получение оперативных данных, он усиливает связь между исполнением бюджета, подотчетностью, результативностью и эффективностью. Но для того чтобы получать качественную и прозрачную многопрофильную информацию, необходимо изменить приоритеты в кадровой политике в части сотрудников экономических служб. Вести работу по постоянному повышению их квалификации и совершенствованию навыков работы с цифровыми платформами. На периферии много требующих решения проблем связано с техническими ресурсами. В рамках проектов государственной информатизации следует внедрять в процесс государственного контроля более совершенные информационные технологии, которые бы позволяли непрерывно отслеживать использование бюджетных средств со стороны бюджетополучателей и оценивать эффективность и результативность их деятельности.

Список источников

- Федеральный закон от 12 января 1996 г. № 7-ФЗ «О некоммерческих организациях» URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8824/ (Дата обращения (18.03.2024)).
- Единый портал бюджетной системы Российской Федерации. – URL: <https://www.budget.gov.ru/> (Дата обращения 05.06.2024).
- Официальный сайт Единой информационной системы в сфере закупок. – URL: <https://zakupki.gov.ru/epz/main/public/home.html>. (Дата обращения 04.03.2024).
- Официальный сайт Счетной палаты. – URL: <https://ach.gov.ru/>. (Дата обращения 05.07.2024)
- Официальный сайт Федерального Казначейства России. – URL: <https://roskazna.gov.ru/>. (Дата обращения 15.05.2024)
- Официальный сайт ФАС России. – URL: <https://fas.gov.ru/news/32695> (Дата обращения 21.06.2024)

Список литературы

- Валова Ю.И., Жмуркин И.М. 2022. Информационное обеспечение органов государственной власти РФ. Экономика. Информатика, 2: 242–255.
- Вандина О.Г. 2023. Трансформация – рецепт бухгалтерского учета в условиях цифровизации. Журнал денежно-кредитной экономики и менеджмента, 3: 204–208.
- Егоров Д.С., Терехова Т.Б. 2020. Развитие государственного финансового контроля в условиях цифровизации. Образование и право, 1: 137–142
- Зацаринная Е.И., Коваленко С.Н. 2024. Контроль и ответственность заказчиков за нарушения законодательства о закупках товаров, работ, услуг. Управленческий учет, 3: 55–62. – EDN ESVHVG
- Зимаков М.А. 2023. Применение искусственного интеллекта: преимущества и недостатки. IV Международная научная конференция по междисциплинарным исследованиям: сборник статей. – Екатеринбург: Издательство: ООО «Институт Цифровой Экономики и Права»: 507–511. EDN RONBWT
- Зимакова Л.А. 2021. Трансляция опыта проведения налогового мониторинга на таможенную сферу (таможенный мониторинг). Вестник Российской таможенной академии, 4(57): 103–116. DOI 10.54048/20727240-2021-04-103.
- Исаев Э.А. 2022. Актуальные вопросы к цифровизации контроля в финансово-бюджетной сфере. Вестник ГУУ, 8: 139–144.
- Капитонова Т.С. 2020. Направления совершенствования финансового контроля в сфере государственных закупок. Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки, 5: 307–309

- Коваленко С.Н., Коваленко Ю.Н. 2024. Аудит эффективности использования государственных ресурсов в системе закупок. Бухгалтерский учет и налогообложение в бюджетных организациях, 1: 39–47. – EDN UTZCCD
- Лайпанова З.М., Байкулова Ф.А. 2021. Роль бухгалтера в современном обществе. Тенденции развития науки и образования, 80-1: 146–149.
- Пашченко Т.В. 2022. Подготовка бухгалтеров-экспертов: мировой опыт и проблемы начала XXI в. Вестник ПГУ. Серия: Экономика, 1: 125–138.
- Федорова И.Ю., Фрыгин А.В., Седова М.В., Прокофьев М.Н. 2020. Государственные и муниципальные закупки как инструмент повышения эффективности расходов бюджетов: монография. Москва: Дашков и К: 242.
- Rajat Deb. 2018. Financial Audit or Forensic Audit? Government Sector Panorama. Indian Journal of Corporate Governance, 15: 6–9.

References

- Valova Yu.I., Zhmurkin I.M. 2022. Informatsionnoe obespechenie organov gosudarstvennoy vlasti RF [Information support of state authorities of the Russian Federation]. Ekonomika. Informatika, 2: 242–255.
- Vandina O.G. 2023. Transformatsiya – retsept bukhgalterskogo ucheta v usloviyakh tsifrovizatsii [Transformation is a recipe for accounting in the context of digitalization]. Zhurnal denezhno-kreditnoy ekonomiki i menedzhmenta, 3: 204–208.
- Egorov D.S., Terekhova T.B. 2020. Razvitie gosudarstvennogo finansovogo kontrolya v usloviyakh tsifrovizatsii [The development of state financial control in the context of digitalization]. Obrazovanie i pravo, 1: 137–142
- Zatsarinnaya E.I., Kovalenko S.N. 2024. Kontrol' i otvetstvennost' zakazchikov za narusheniya zakonodatel'stva o zakupkakh tovarov, rabot, uslug [Control and responsibility of customers for violations of the law on procurement of goods, works, and services]. Upravlencheskiy uchets, 3: 55–62. – EDN ESVHGB
- Zimakov M.A. 2023. Primenenie iskusstvennogo intellekta: preimushchestva i nedostatki [The use of artificial intelligence: advantages and disadvantages]. IV Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya po mezhdistsiplinarnym issledovaniyam: sbornik statey. – Ekaterinburg: Izdatel'stvo: OOO "Institut Tsifrovoy Ekonomiki i Prava": 507–511. EDN ROHBWT
- Zimakova L.A. 2021. Translyatsiya opyta provedeniya nalogovogo monitoringa na tamozhennuyu sferu (tamozhennyy monitoring) [Translation of the experience of tax monitoring in the customs sphere (customs monitoring)]. Vestnik Rossiyskoy tamozhennoy akademii, 4(57): 103–116. DOI 10.54048/20727240-2021-04-103.
- Isaev E.A. 2022. Aktual'nye voprosy k tsifrovizatsii kontrolya v finansovo-byudzhethnoy sfere [Topical issues of digitalization of control in the financial and budgetary sphere]. Vestnik GUU, 8: 139–144.
- Kapitonova T.S. 2020. Napravleniya sovershenstvovaniya finansovogo kontrolya v sfere gosudarstvennykh zakupok [Directions for improving financial control in the field of public procurement]. Gumanitarnye, sotsial'no-ekonomicheskie i obshchestvennye nauki, 5: 307–309
- Kovalenko S.N., Kovalenko Yu.N. 2024. Audit effektivnosti ispol'zovaniya gosudarstvennykh resursov v sisteme zakupok [Audit of the effectiveness of the use of public resources in the procurement system]. Bukhgalterskiy uchets i nalogooblozhenie v byudzhethnykh organizatsiyakh, 1: 39–47. – EDN UTZCCD
- Laypanova Z.M., Baykulova F.A. 2021. Rol' bukhgaltera v sovremennom obshchestve [The role of an accountant in modern society]. Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya, 80-1: 146–149.
- Pashchenko T.V. 2022. Podgotovka bukhgalterov-ekspertov: mirovoy opyt i problemy nachala XXI v [Training of expert accountants: world experience and problems of the beginning of the XXI century]. Vestnik PGU. Seriya: Ekonomika, 1: 125–138.
- Fedorova I.Yu., Frygin A.V., Sedova M.V., Prokof'ev M.N. 2020. Gosudarstvennye i munitsipal'nye zakupki kak instrument povysheniya effektivnosti raskhodov byudzhetov [State and municipal procurement as a tool to increase the efficiency of budget expenditures]: monografiya. Moskva: Dashkov i K: 242.
- Rajat Deb. 2018. Financial Audit or Forensic Audit? Government Sector Panorama. Indian Journal of Corporate Governance, 15: 6–9.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

Поступила в редакцию 03.08.2024

Поступила после рецензирования 03.09.2024

Принята к публикации 09.09.2024

Received August 03, 2024

Revised September 03, 2024

Accepted September 09, 2024

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Зимакова Лилия Александровна, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры инновационной экономики и финансов, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Карловская Евгения Анатольевна, доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры инновационной экономики и финансов, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Токарь Елена Викторовна, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры инновационной экономики и финансов, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Коваленко Светлана Николаевна, кандидат экономических наук, доцент, доцент базовой кафедры финансового контроля, анализа и аудита Главного контрольного управления города Москвы, Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, г. Москва, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Liliya A. Zimakova, Doctor of Economic Sciences, Professor, Professor of the Department of Innovative Economics and Finance, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

Evgenia A. Karlovskaya, Doctor of Economic Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Innovative Economics and Finance, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

Elena V. Tokar, Doctor of Economic Sciences, Professor, Professor of the Department of Innovative Economics and Finance, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

Svetlana N. Kovalenko, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Basic Department of Financial Control, Analysis and Audit of the Main Control Department of the City of Moscow, Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ COMPUTER SIMULATION HISTORY

УДК 004.942

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-643-656

Моделирование и прогнозирование показателей динамики заболевания жителей Красноярского края коронавирусом COVID-19 на примере отдельного ЛПУ

¹ Шеломенцева И.Г., ² Ченцов С.В., ¹ Краснораменская И.С.

¹ Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого
Россия, 660022, г. Красноярск, ул. Партизана Железняка, 1

² Сибирский федеральный университет
Россия, 660041, Красноярск, проспект Свободный, 79
E-mail: inga.shell@yandex.ru

Аннотация. Принятие обоснованных решений в здравоохранении требует наличия информации о распространении эпидемий. Большинство существующих моделей прогнозирования распространения COVID-19 фокусируются на национальном или региональном уровне, данное исследование предлагает решение для прогнозирования на уровне отдельных лечебно-профилактических учреждений (ЛПУ). Целью данного исследования является разработка и оценка точности моделей прогнозирования динамики ключевых локальных показателей распространения COVID-19 на уровне отдельного лечебно-профилактического учреждения, которые позволят оптимизировать распределение медицинских ресурсов. В работе использованы методы регрессионного анализа, экспоненциального сглаживания, долгосрочной кратковременной памяти (LSTM), деревья решений XGBoost, модель Prophet. Для построения моделей использованы данные о заболеваемости коронавирусом Красноярской краевой больницы с марта 2020 по декабрь 2023. Исследованные модели позволяют оценить динамику распространения коронавирусной инфекции в отдельно взятом лечебно-профилактическом учреждении, что позволит использовать технологии балансировки нагрузки и распределения ресурсов как внутри лечебно-профилактического учреждения, так и между другими ЛПУ.

Ключевые слова: COVID-19, регрессионная модель, экспоненциальные модели, библиотека Prophet, LSTM, машинное обучение, прогнозирование

Для цитирования: Шеломенцева И.Г., Ченцов С.В., Краснораменская И.С. 2024. Моделирование и прогнозирование показателей динамики заболевания жителей Красноярского края коронавирусом COVID-19 на примере отдельного ЛПУ. Экономика. Информатика, 51(3): 643–656. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-643-656

Modeling and Forecasting of COVID-19 Dynamics in Krasnoyarsk Krai Residents Using a Single Healthcare Institution as an Example

¹ Inga G. Shelomentseva, ² Sergej V. Chentsov, ¹ Irina S. Krasnoramenskaja

¹ Prof. V.F. Voino-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University
1 Partizan Zheleznyak ave, Krasnoyarsk 660022, Russia

² Siberian Federal University, 79 Svobodny ave, Krasnoyarsk 660041, Russia
E-mail: inga.shell@yandex.ru

Abstract. Making informed decisions in healthcare requires information about the spread of epidemics. While most existing models for forecasting COVID-19 spread focus on national or regional levels, this

study proposes a solution for prediction at the level of individual healthcare institutions (LHIs). The aim of this research is to develop and evaluate the accuracy of models that predict the dynamics of key local indicators of COVID-19 spread within a single LHI, ultimately aiding in optimizing the allocation of medical resources. This research employs methods of regression analysis, exponential smoothing, long short-term memory (LSTM), XGBoost decision trees, and the Prophet model. Data on COVID-19 cases from the Krasnoyarsk Regional Hospital from March 2020 to December 2023 was utilized for model construction. The investigated models allow for assessing the dynamics of coronavirus infection within a single LHI, enabling the implementation of load balancing and resource allocation technologies both within the LHI and across other LHIs.

Keywords: COVID-19, Regression model, Exponential models, Prophet library, LSTM, Machine learning, Forecasting

For citation: Shelomentseva I.G., Chentsov S.V., Krasnoramenskaja I.S. 2024. Modeling and Forecasting of COVID-19 Dynamics in Krasnoyarsk Krai Residents Using a Single Healthcare Institution as an Example. *Economics. Information technologies*, 51(3): 643–656. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-643-656

Введение

Использование математических моделей позволяет прогнозировать спрос на разнообразные ресурсы в системах здравоохранения с учетом эпидемиологических процессов, демографических изменений и обеспечивает эффективное управление ресурсами. Среди методов оптимизации медицинских ресурсов можно выделить статистические методы, имитационные модели и системы балансировки нагрузки, исходя из локальных моделей прогнозирования. Статистические модели, опирающиеся на официальные статистические данные и применяющие разнообразные математические и статистические методы для их обработки, отличаются проверенными временем методиками, обеспечивающими достоверность и надежность прогнозов. Однако их зависимость от данных прошлых периодов снижает эффективность в периоды пандемий и эпидемиологических вспышек [Омельяновский и др., 2020]. Имитационные модели, применяемые для оптимизации бизнес-процессов путем имитации объектов или процессов, отличаются долговечностью и точностью прогнозов, но требуют значительных вычислительных ресурсов и основательной подготовки, включающей в себя несколько подходов [Шалаева, 2020]. Системы балансировки нагрузки основаны на технологии балансировки с интегрированными графами и выбранным ядром оптимизации, что делает их универсальными и применимыми к любым ресурсам [Lacasa, 2020]. Однако методика не гарантирует нахождения абсолютного оптимального решения, так как не охватывает все возможные варианты.

При этом для задач краткосрочного и среднесрочного прогнозирования развития маркетинговых, экономических и эпидемиологических ситуаций широко используются модели временных рядов [Захаров, Балыкина, 2021]. Например, модели временных рядов успешно применяются для прогнозирования развития инфекционных заболеваний сезонного гриппа [Adhikari, Agrawal, 2013; Yin et al., 2020; Lee, Agrawal, Choudhary, 2017], для прогнозирования развития течения ковидной инфекции [Hu et al., 2020; Fanelli, Piazza, 2020; Petropoulos, Makridakis, 2020].

В качестве моделей и методов временных рядов при этом используются статистические методы для предсказания количества смертей, количества коек и аппаратов интенсивной терапии [IHME COVID-19 Forecasting Team, 2021], методы экспоненциального сглаживания для предсказания количества смертей от COVID-19 [Petropoulos, Makridakis, 2020], сети LSTM, модели линейной регрессии и XBoost [Zhang et al., 2021], методы обработки временных рядов Facebook's Prophet [Taylor, 2018].

В отличие от большинства моделей, прогнозирующих распространение COVID-19 на уровне стран или регионов, данное исследование предлагает подход, позволяющий прогнозировать распространение инфекции на уровне конкретных лечебно-

профилактических учреждений (ЛПУ). В условиях пандемии коронавируса остро встала задача оптимизации использования медицинских ресурсов. Для принятия обоснованных решений требуется глубокое понимание динамики распространения вируса. Исследование направлено на моделирование этой динамики на локальном уровне, анализируя ключевой показатель распространения эпидемии – количество заболевших.

Материалы и методы

В качестве материалов исследования выступают данные о заболеваемости новой коронавирусной инфекцией (COVID-19) КГБУЗ ККБ № 2, поликлиники № 2 в период с марта 2020 года до декабря 2023 года. Данные были взяты из таблицы NASA, расположенной на портале КГБУЗ ККБ № 2, доступ к которой имеется у всех медицинских работников данной организации. Данные ведутся с момента регистрации первых заболевших новой коронавирусной инфекцией с марта 2020 года по сегодняшний день.

Данные выгружаются в общедоступную для медицинских работников данной организации таблицу NASA, в которой отображаются данные о заболевшем – ФИО, дата рождения, ФИО и дата рождения контактных, адрес фактического места проживания, дата забора мазка, номер мазка, дата открытия листа нетрудоспособности, при его наличии, исход заболевания – выздоровление, госпитализация, смерть. Пациенты, госпитализированные в стационар, выделяются в таблице цветом.

Забор мазка на COVID-19 осуществляется у любого пациента, обратившегося с симптомами ОРВИ. В основном это происходит в условиях кабинета неотложной помощи, либо бригадой СМП, которая выезжает на вызовы к пациентам с признаками ОРВИ. За каждым пациентом, у которого лабораторно подтверждено заболевание, устанавливается дистанционное наблюдение на 7 дней с момента забора мазка на НКВИ.

Исходные данные в периоде с марта 2020 по декабрь 2023 визуализированы на рис. 1 в виде графика динамики заболеваемости, на котором можно наблюдать несколько волн коронавирусной инфекции среди пациентов Красноярской краевой клинической больницы.

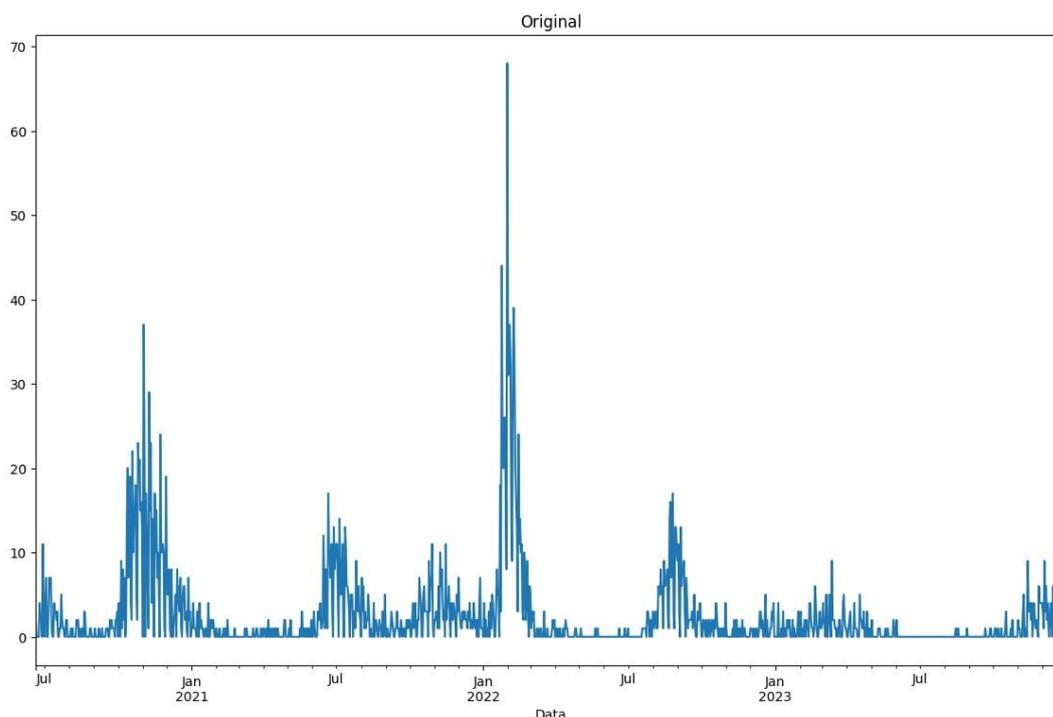


Рис. 1. График заболеваемости коронавирусной инфекцией пациентов Красноярской краевой клинической больницы в динамике
Fig. 1. Graph of the incidence of coronavirus infection in patients of the Krasnoyarsk Regional Clinical Hospital in dynamics

Математические модели на базе временных рядов характеризуются тем, что объект исследования упорядочен во времени, а класс решаемых задач представлен задачами классификации и прогнозирования (1). Преимуществом использования моделей временных рядов является получение дополнительных сведений об объекте за счет упорядочения информации во временной шкале, недостатком их использования – ограниченность данных, которые должны быть измерены строго последовательно и в одинаковых промежутках времени.

$$y_{T+d} = f(y_0, y_1, \dots, y_T, \theta, d), \quad (1)$$

где

y_0, y_1, \dots, y_T – действительные значения объекта исследования, измеренные через одинаковый временной интервал;

θ – параметры модели временного ряда;

D – горизонт прогнозирования, $d \in 1 \dots D$.

Основными понятиями теории временных рядов являются понятия тренда, сезонности, цикла, шума и стационарности. Тренд – это долгосрочная устойчивая тенденция, которая показывает общее направление изменения данных с течением времени. Сезонность – параметр, который отражает периодические колебания в данных – ежедневные, еженедельные, месячные или годовые. Понятие цикла отличается от понятия сезонности тем, что отражает долгосрочные изменения во временных рядах, длительностью от нескольких лет, до нескольких десятилетий. Шум – это случайный компонент в данных, который не имеет никакой закономерности, причиной которого могут быть ошибки или неучтенные факторы. Стационарность – это свойство временного ряда, когда его среднее значение и дисперсия остаются постоянными со временем. В стационарном временном ряду отсутствует тренд (линейное или нелинейное изменение среднего значения ряда со временем), сезонность и изменение дисперсии ряда [Криворотько и др., 2020].

При использовании регрессионных моделей на основе авторегрессии и автокорреляции большое значение имеет стационарность исследуемого ряда данных. Стационарность временного ряда можно проверить с помощью различных методов. Первым из них является визуальный анализ, при котором необходимо построить график ряда и оценить наличие тренда или изменения дисперсии. Другой метод – использование статистических тестов, таких как тесты Дики – Фуллера (Dickey-Fuller test), тест КПСС (KPSS test) и тест Адфулла (Augmented Dickey-Fuller test), которые проверяют стационарность временного ряда по наличию единичных корней. Также эффективным методом является разложение ряда на тренд и остатки: если остатки не обнаруживают систематического поведения, то это может указывать на стационарность ряда. Наконец, расчёт статистических метрик, таких как среднее и дисперсия по разным подинтервалам, поможет определить постоянство этих характеристик с течением времени и, соответственно, стационарность ряда [Криворотько и др., 2020]. В случае, если временной ряд не является стационарным, можно применить различные методы преобразования, например, дифференцирование или логарифмирование, преобразование Фурье.

Существует три основных подхода к прогнозированию временных рядов: модели фильтрации, которые включают вейвлет-декомпозицию, экспоненциальное сглаживание, модель Хольта – Винтерса и фильтр Калмана, регрессионные модели, которые включают модели ARIMA, SARIMA, ARMA, модель Серфлинга, модели машинного обучения, которые включают байесовские сети, основанные на скрытых марковских моделях, и рекуррентные нейронные сети [Криворотько и др., 2020]. Анализ литературы определяет еще несколько моделей, используемых авторами для прогнозирования на базе временных рядов – модели линейной регрессии и XBoost, библиотеку временных рядов Prophet.

Среди моделей фильтрации в исследовании представлены модели экспоненциального сглаживания и модель Хольта – Винтерса. Для расчета простой скользящей средней для

расчета следующего члена ряда используется среднее от предыдущих n значений (2). Для расчета взвешенной скользящей средней используется формула для расчета простой скользящей средней, при этом наблюдениям придаются разные весовые коэффициенты, которые в сумме дают 1, и более поздние наблюдения имеют больший вес. Такой подход отражает точку зрения, при которой более поздние наблюдения более актуальны при построении тренда, нежели более ранние (3):

$$\hat{y}_t = \frac{1}{k} \sum_{n=0}^{k-1} y_{t-n}, \quad (2)$$

$$\hat{y}_t = \sum_{n=1}^k w_n y_{t-n}, \quad (3)$$

где

\hat{y}_t – прогнозируемое значение временного ряда;

y_t – текущее значение временного ряда;

w_n – вес слагаемого временного ряда, чем более позднее наблюдение, тем выше весовой коэффициент.

Расширением взвешенной скользящей средней является экспоненциальное сглаживание, при котором учитываются все наблюдения, и веса уменьшаются экспоненциально, начиная с самых поздних (4) [Wei et al., 2023]

$$\hat{y}_t = \alpha * y_t + (1 - \alpha) * \hat{y}_{t-1}, \quad (4)$$

где

\hat{y}_t – прогнозируемое значение временного ряда;

\hat{y}_{t-1} – предыдущее модельное значение;

y_t – текущее значение временного ряда;

α – вес, который определяет скорость экспоненциального сглаживания – чем меньше альфа, тем сильнее сглаживается ряд.

Кроме экспоненциального сглаживания существует двойное и тройное экспоненциальное сглаживание. При двойном экспоненциальном сглаживании для предсказания, кроме уровня ряда l , используется еще одна компонента – тренд b (5)-(7). При тройном экспоненциальном сглаживании, кроме уровня ряда l и тренда b , используется сезонная компонента – сезонность s [Wei et al., 2023]. Сезонность характеризуется периодом – временем, по прошествии которого начинаются повторения колебаний:

$$l_t = \alpha y_t + (1 - \alpha)(l_{t-1} + b_{t-1}), \quad (5)$$

$$b_t = \beta(l_t - l_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}, \quad (6)$$

$$\hat{y}_t = l_t + b_t, \quad (7)$$

где

\hat{y}_t – прогнозируемое значение временного ряда;

l_t – текущее значение временного ряда;

b_t – текущее значение тренда временного ряда;

α и β – веса экспоненциального сглаживания.

Расширением подхода экспоненциального сглаживания является модель Хольта – Винтерса (Holt-Winters), которая для прогнозирования использует компонент уровня ряда α , компонент тренда b и компонент сезонности s (8)-(10) [Xian et al., 2023]. Компонент сезонности характеризуется длиной периода, после которого начинают повторяться колебания временного ряда.

$$\hat{y}_{min_z} = \alpha_{z-1} + b_{z-1} + s_{z-T} - m \cdot d_{t-T}, \quad (8)$$

$$\hat{y}_{min_z} = \alpha_{z-1} + b_{z-1} + s_{z-T} + m \cdot d_{t-T}, \quad (9)$$

$$d_t = \gamma |y_t - \hat{y}_t| + (1 - \gamma) d_{t-T}, \quad (10)$$

где T – длина сезона, d – предсказанное отклонение.

Кроме статистического подхода, используются регрессионные модели AR(p) – модель авторегрессии с параметром лага p , MA(q) – модель регрессии со скользящим средним с порядком скользящего окна q , ARMA(p,q) – модель регрессии с параметром лага p и s

порядком скользящего окна q , SARMA(p, q, P, Q) – модель ARMA с добавлением сезонных авторегрессионных компонент P и сезонных компонент Q , модель ARIMA, включающая в себя кроме вышеописанных компонент порядок разности d и использующая (11)-(14) [Xian et al., 2023]

$$y_t = \alpha + \theta_1 y_{t-1} + \theta_2 y_{t-2}, \dots, \theta_p y_{t-p} + \varepsilon_t, \quad (11)$$

$$y_t = \alpha + \gamma_1 \varepsilon_{t-1} + \gamma_2 \varepsilon_{t-2}, \dots, \gamma_p \varepsilon_{t-p} + \varepsilon_t, \quad (12)$$

$$y_t = \alpha + \theta_1 y_{t-1} + \theta_2 y_{t-2}, \dots, \theta_p y_{t-p} + \gamma_1 \varepsilon_{t-1} + \gamma_2 \varepsilon_{t-2}, \dots, \gamma_p \varepsilon_{t-p} + \varepsilon_t, \quad (13)$$

$$y_t = \alpha + \theta_1 y_{t-1} + \theta_2 y_{t-2}, \dots, \theta_p y_{t-p} + \theta_{s1} y_{t-s} + \theta_{s2} y_{t-2s}, \dots, + \theta_{ps} y_{t-ps} + \gamma_1 \varepsilon_{t-1} + \gamma_2 \varepsilon_{t-2}, \dots, \gamma_p \varepsilon_{t-p} + \gamma_s \varepsilon_{t-s} + \gamma_{2s} \varepsilon_{t-2s}, \dots, \gamma_{qs} \varepsilon_{t-qs} + \varepsilon_t, \quad (14)$$

$\alpha, \theta_i, \gamma_i$ – параметры модели.

ARIMA, или AutoRegressive Integrated Moving Average, представляет собой метод прогнозирования будущих тенденций на основе исторических данных временных рядов. Эта модель является регрессионным анализом, где каждая буква в названии ARIMA имеет определенное значение: AR (AutoRegressive) – этот компонент модели учитывает влияние предыдущих значений переменной на ее текущее значение, I (Integrated) – этот компонент подразумевает применение дифференцирования к исходным данным, что преобразует временной ряд в стационарный, MA (Moving Average) – этот компонент моделирует зависимость между текущим наблюдением и ошибками модели скользящего среднего, которая представляет собой среднее значение предыдущих ошибок [Xian et al., 2023]. Для проверки стационарности ряда в рамках исследования использовался тест Дики – Фуллера, а для преобразования ряда в стационарный ряд – преобразование Бокса-Кокса.

Сеть LSTM (Long Short-Term Memory – долговременная краткосрочная память) является рекуррентной нейронной сетью, предназначенной для фиксации долгосрочных зависимостей в последовательных данных [Luo et al., 2021]. Сети LSTM состоят из ячеек, которые имеют специальную структуру и отвечают за долговременное хранение информации. Ячейка памяти сети LSTM включает в себя три вида вентиля: входной клапан контролирует входной поток информации в базовую ячейку, клапан забывания контролирует процесс сброса информации, выходные ворота контролируют поток долгосрочной информации, который выходит из ячейки памяти. Выходной сигнал клапанов лежит в диапазоне от 0 до 1, где 0 означает блокировку, а 1 – полное прохождение информации через клапан – (15)-(18). Преимуществами сетей LSTM является улучшенная способность изучать последовательные и долгосрочные зависимости. Недостатками сетей LSTM является вычислительная сложность и вероятность переобучения

$$f_t = \sigma(\omega_f \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_f), \quad (15)$$

$$i_t = \sigma(\omega_i \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_i), \quad (16)$$

$$o_t = \sigma(\omega_o \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_o), \quad (17)$$

$$C_t = f_t * C_{t-1} + i_t * \tilde{C}_t, \quad (18)$$

где f_t, i_t, o_t – клапаны забывания, выходные и входные ворота, σ – сигмоида, ω_y – веса соответствующего клапана, h_{t-1} – результат вычислений в предыдущий момент времени, x_t – текущий входной вектор, b_y – нейроны смещения, C_t – текущее и предыдущее состояния ячейки памяти, \tilde{C}_t – кандидат на состояние ячейки, $*$ – поэлементное умножение векторов.

XGBoost является реализацией ансамблевого обучения на базе деревьев решений, использующей методологию оптимизации градиентного спуска и минимизацию функции потерь при помощи структурного подхода, различных методов регуляризации и большого набора настраиваемых гиперпараметров [Zhang et al., 2021]. При обучении XGBoost использует жадный алгоритм поиска для оптимизации своей древовидной структуры и поддерживает параллельные вычисления.

Prophet является библиотекой прогнозирования временных рядов, которая основывается на аддитивной модели, которая моделирует тренд при помощи кусочно-линейной функции, а сезонность – с помощью рядов Фурье (19) [Papastefanopoulos et al., 2020]. Преимуществом использования данной модели является ее устойчивость к выбросам, сезонности и наличию аномальных данных

$$y(t) = g(t) + s(t) + h(t) + \varepsilon(t), \quad (19)$$

где $g(t)$ – параметры тренда, $s(t)$ – параметры сезонности, $h(t)$ – аномальные данные, $\varepsilon(t)$ – ошибки.

Каждый из описанных подходов и моделей прогнозирования на базе временных рядов имеет свое преимущество: линейные модели обеспечивают простоту конечных приложений, LSTM эффективен для моделирования долгосрочных зависимостей, Prophet обеспечивает гибкость в работе с сезонностью.

Вычислительный эксперимент

В качестве критериев для оценки эффективности каждой модели временных рядов были использованы критерии MAE (среднее абсолютное отклонение между предсказанными и фактическими значениями) и MSE (среднее квадратичное отклонение между предсказанными и фактическими значениями). Оценка моделей по указанным критериям производилась на период с сентября 2023 по декабрь 2023 включительно, а оценка качества прогноза производилась путем сравнения с реальными данными на период с января по май 2024.

Параметр α экспоненциального сглаживания исследовался в диапазоне от 0.05 до 0.5, было установлено, что значение $\alpha = 0.3$ обеспечивает наилучшие результаты сглаживающего эффекта. При таком значении α полученные данные экспоненциального сглаживания наиболее близко соответствуют исходным данным (рис. 2).

Параметры α и β двойного экспоненциального сглаживания исследовались в диапазоне 0.02 до 0.9, было установлено, что параметры $\alpha = 0.9$ и $\beta = 0.05$ обеспечивают наилучшие результаты сглаживающего эффекта. При таком значении параметров полученные данные наиболее близко соответствуют исходным данным (рис. 2).

При использовании модели Хольта – Винтерса для подбора оптимального набора параметров использовался сокращенный сопряженный градиент Ньютона (TNCG) – алгоритм оптимизации, который использует итерационный метод сопряженных градиентов для минимизации квадратичной модели целевой функции. Алгоритм TNCG подобрал следующие параметры: компонент уровня ряда $\alpha = 0.00994$, компонент тренда $b = 0.01141$ и компонент сезонности $s = 0.03316$.

Для обучения модели Хольта – Винтерса использовалась кросс-валидация на скользящем окне, которая использует обучающие отрезки ряда для построения прогнозов на n шагов вперед, расширяя выборку на следующие n шагов и строя новый прогноз, перестраивая модель с учетом расширенной обучающей выборки. В результате получается несколько прогнозов и ошибок, соответствующих разным тестовым отрезкам временного ряда. Сглаживание исходных данных при помощи использования модели Хольта – Винтерса представлено на рис. 2.

Сглаживание исходных данных при помощи использования модели ARIMA представлено на рис. 3. Для преобразования ряда к стационарному виду использовалось преобразование Бокса-Кокса, проверка ряда на стационарность осуществлялась при помощи теста Дики – Фуллера.

Полученная модель ARIMA показала дисперсию ошибок модели равной 0.1797, и проверка остатков ряда на автокорреляцию при помощи теста Ljung-Box показала значение автокорреляции равной 0.02, что демонстрирует состоятельность модели ARIMA.

В рамках данной работы также были исследованы модель решающих деревьев XGBoost и модель линейной регрессии. Эти модели хорошо работают для небольшого

количества признаков в случае необходимости быстро построить прогноз, так как экспоненциальные модели не дают большой глубины прогноза, а модели ARIMA требуют частого переобучения на новых данных. Модель XGBoost представлена на рис. 4.

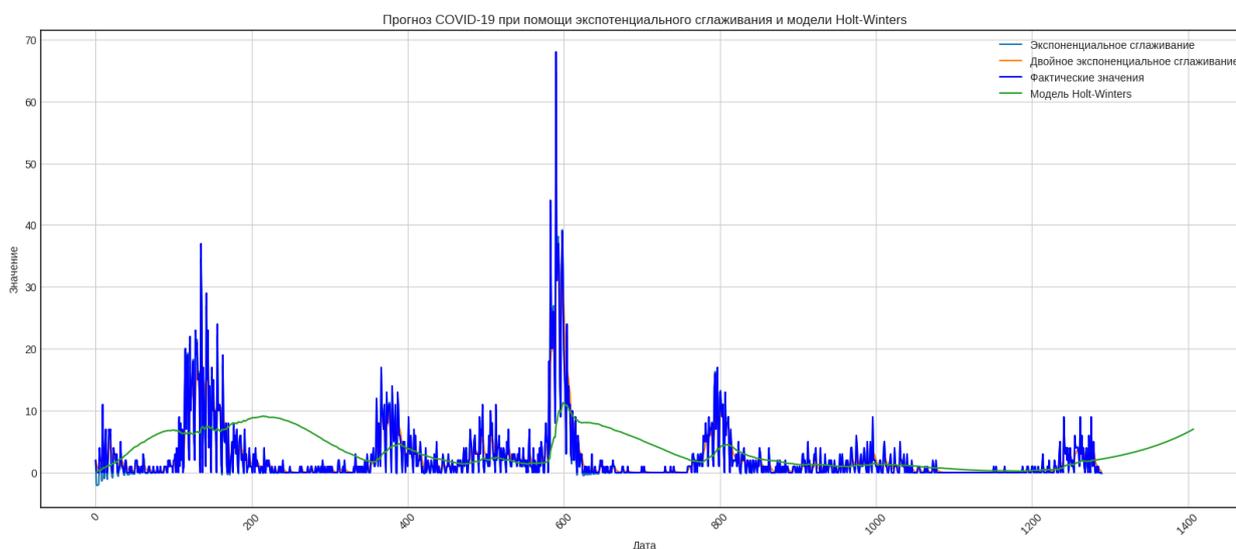


Рис. 2. Прогнозирование заболеваемости коронавирусной инфекцией пациентов Красноярской краевой клинической больницы в динамике при помощи моделей экспоненциального сглаживания, двойного экспоненциального сглаживания, модели Хольта – Винтерса
Fig. 2. Predicting the incidence of coronavirus infection in patients of the Krasnoyarsk Regional Clinical Hospital in dynamics using exponential smoothing models, double exponential smoothing, Holt Winters model

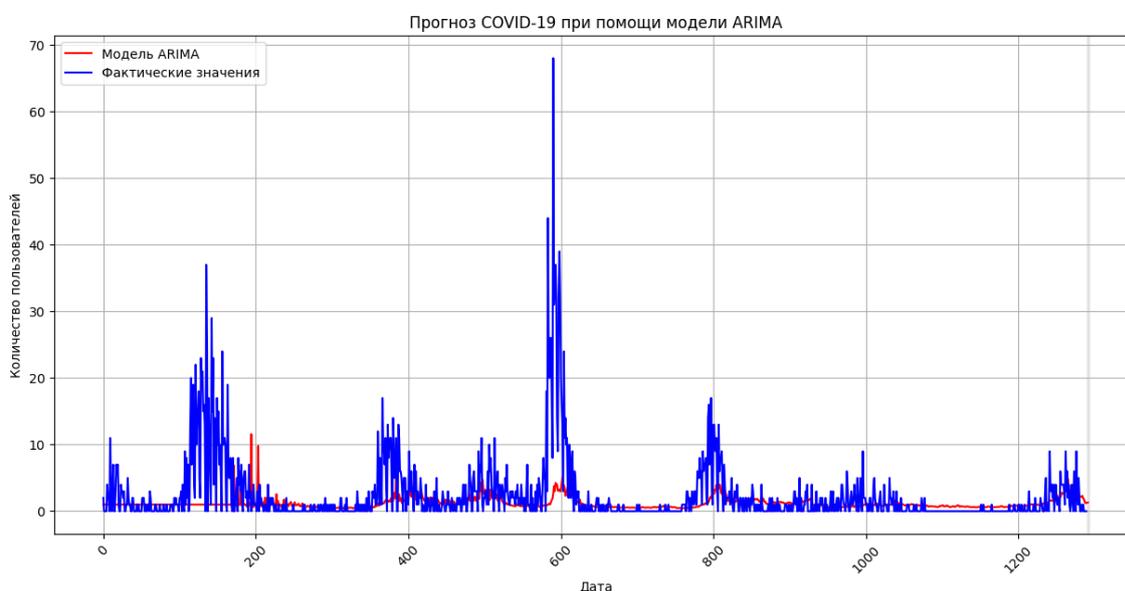


Рис. 3. Прогнозирование заболеваемости коронавирусной инфекцией пациентов Красноярской краевой клинической больницы в динамике при помощи модели ARIMA
Fig. 3. Predicting the incidence of coronavirus infection in patients of the Krasnoyarsk Regional Clinical Hospital in dynamics using the ARIMA model

Нейронные сети были представлены моделью LSTM, а также исследовалась библиотека временных рядов Prophet. Модель LSTM анализировалась с различными гиперпараметрами: количество нейронов в LSTM-слое варьировалось от 10 до 128, длина последовательности временного ряда – от 10 до 30, в качестве оптимизатора был выбран

оптимизатор Adam, в качестве функции ошибки – критерий MSE, количество эпох обучения равнялось 100. В модели Prophet был отключен параметр, учитывающий праздничные дни, тип тренда задан как линейный, максимальное количество точек изменения тренда варьировалось от 10 до 30, сезонность учитывалась по всем параметрам. Результаты применения этих методик представлены на рис. 5 и 6.

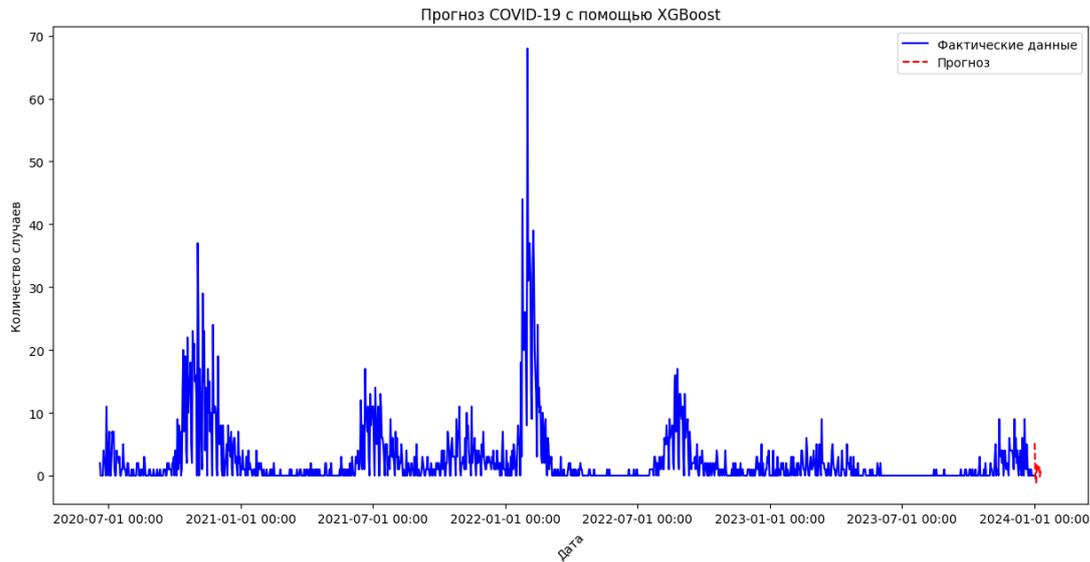


Рис. 4. Прогнозирование заболеваемости коронавирусной инфекцией пациентов Красноярской краевой клинической больницы в динамике при помощи модели XGBoost
Fig. 4. Predicting the incidence of coronavirus infection in patients of the Krasnoyarsk Regional Clinical Hospital in dynamics using the XGBoost model

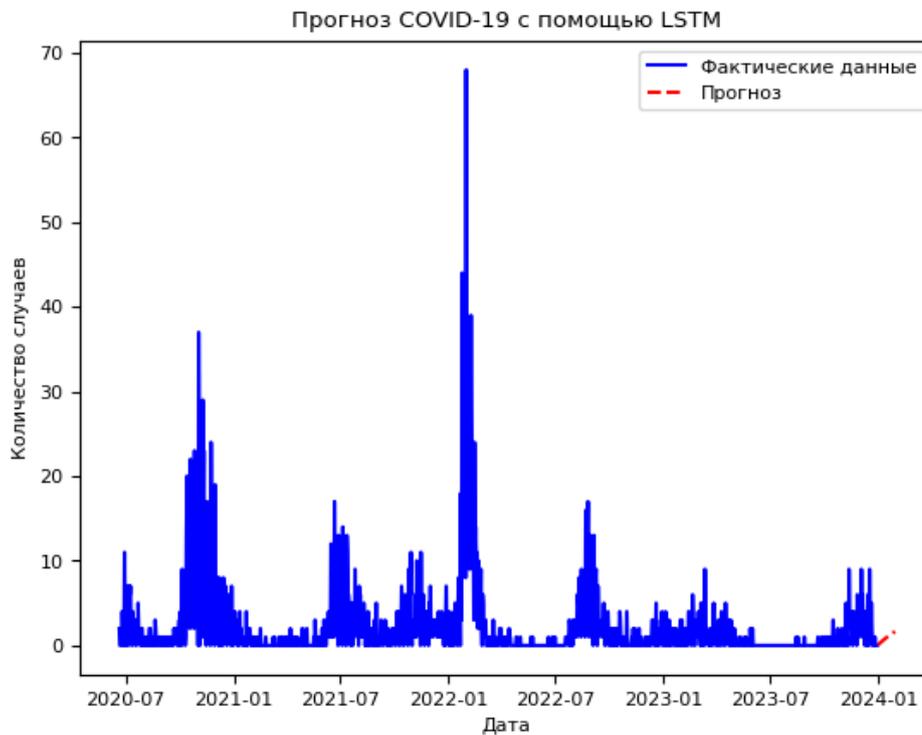


Рис. 5. Прогнозирование заболеваемости коронавирусной инфекцией пациентов Красноярской краевой клинической больницы в динамике при помощи модели LSTM
Fig. 5. Predicting the incidence of coronavirus infection in patients of the Krasnoyarsk Regional Clinical Hospital in dynamics using the LSTM model

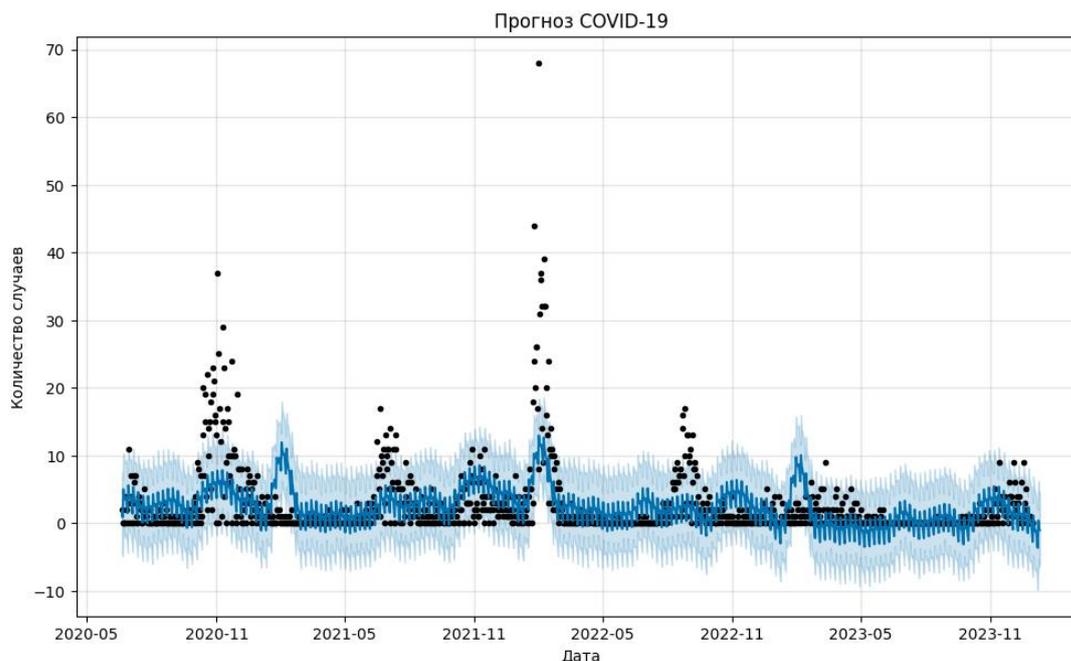


Рис. 6. Прогнозирование заболеваемости коронавирусной инфекцией пациентов Красноярской краевой клинической больницы в динамике при помощи библиотеки Prophet

Fig. 6. Predicting the incidence of coronavirus infection in patients of the Krasnoyarsk Regional Clinical Hospital in dynamics using the Prophet library

В табл. 1 представлены результаты вычислительного эксперимента применения выбранных моделей для экспериментальных данных. Минимальное значение критерия MSE, равное 2,39, показала модель Хольта – Винтерса, максимальное значение критерия MSE, равное 7,88, показала модель Prophet. Критерий MAE всех моделей лежит в диапазоне от 1 до 2, при этом минимальный критерий MAE показывает модель Хольта – Винтерса.

Таблица 1

Table 1

Результаты вычислительного эксперимента применения выбранных моделей для экспериментальных данных
 The results of a computational experiment using selected models for experimental data

	MAE	MSE
Holt-Winters	0,97	2,395
ARIMA	1,13	2,62
Linear regressions	1,68	3,70
XGBoost	2,00	3,45
LTSM	1,49	3,36
Prophet	1,48	7,88

В таблице 2 представлены результаты прогнозирования разработанных моделей на 10, 30 дней и на 128 дней. Реальные значения при этом равны по одному зарегистрированному случаю на 10 января 2024 года и на 1 февраля 2024 года, и 3 зарегистрированных случая на 7 мая 2024.

Ближе всего значения к реальным данным показала модель Хольта – Винтерса (2, 2 и 4 случая соответственно). Ближе всего значения к реальным данным при прогнозировании на краткосрочный период (10 и 30 дней) показала экспоненциальная модель и модель ARIMA, однако при долгосрочном прогнозировании значения уменьшены в сравнении с истинными. Прогнозируемы значения, полученные при помощи моделей Linear regressions

и XGBoost, а также LSTM и Prophet хоть лежат в нужном диапазоне, но отличаются более низкой точностью в сравнении с реальными данными.

Таблица 2
Table 2

Результаты прогнозирования исследуемых моделей на 10, 30 дней и на 128 дней
The results of forecasting the studied models for 10, 30 days and 128 days

Модель	Прогноз на 10 дней	Прогноз на 30 дней	Прогноз на 128 дней
Экспоненциальное сглаживание	1,79	0,99	0,04
Двойное экспоненциальное сглаживание	-0,04		
Holt-Winters	2,10		
ARIMA	0,74	0,54	0,39
Linear regressions	-0,87	-1,78	-1.10
XGBoost	0,27	-0,03	0,90
LSTM	0,39	0,66	8,64
Prophet	0,53	0,50	0,35

Результаты и их обсуждение

В результате проведенного исследования построены несколько моделей временных рядов для прогнозирования заболеваемости коронавирусной инфекцией на примере отдельного ЛПУ. Для проверки качества моделей использовались критерии MAE и MSE, а также сравнивались результаты модельного прогнозирования с реальными данными. Было установлено, что модель Хольта – Винтерса демонстрирует наилучшую точность при моделировании динамики локальных ключевых показателей распространения эпидемии коронавируса на всех периодах прогнозирования. Модель показала минимальное значение критерия MSE (2,39) и MAE (1), а также наиболее точно среди представленных моделей предсказывала реальные данные в краткосрочной и долгосрочной перспективе. Несмотря на то, что экспоненциальная модель и модель ARIMA показали лучшую точность при прогнозировании на краткосрочный период (10 и 30 дней), их прогнозируемые значения при долгосрочном прогнозировании оказались заниженными. Модель LSTM показала большую точность среди своих результатов при долгосрочном прогнозировании. Линейная регрессия и XGBoost привлекают своей скоростью обработки данных и простотой использования, однако они уступают в точности как краткосрочного, так и долгосрочного прогноза. Модель Prophet для достижения высокой точности прогнозирования нуждается в наличии четко выраженных каникулярных и сезонных паттернов в данных, которых, вероятно, не хватало в исследуемом наборе данных.

Ключевой целью исследования было изучение эффективности инструментов прогнозирования на базе временных рядов, чтобы обеспечить их готовность к внедрению в практику медицинских учреждений и широкому применению. Исследователи стремились получить данные о том, насколько эффективно эти инструменты способны справляться с прогнозированием спроса на ресурсы, планированием стратегических мер по предотвращению заболеваний и оптимизацией распределения персонала на локальном уровне лечебно-профилактического учреждения.

Авторы предлагают особое внимание уделить изучению возможностей трех классов моделей прогнозирования: Хольта – Винтерса, LSTM и ARIMA. Модель Хольта – Винтерса может показать свою эффективность как в прогнозировании спроса на медицинские ресурсы, например, на тест для определения РНК коронавируса (SARS-CoV-2), так и для оптимизации распределения медицинского персонала и ресурсов в периоды эпидемий. Модель LSTM, в свою очередь, является ценным инструментом для раннего выявления

трендов распространения заболеваний, где точность прогноза менее важна, чем выявление тренда, что позволит медицинским работникам своевременно принимать необходимые меры по их предотвращению. В то же время модель ARIMA должна оказаться наиболее эффективной для оптимизации распределения медицинского персонала и ресурсов в периоды эпидемий, например, во время пандемии. Модель экспоненциального сглаживания показала результаты, аналогичные модели ARIMA, но она менее универсальна, больше зависит от конкретных данных, поэтому эту модель можно использовать для проверки результатов краткосрочного прогнозирования при помощи других методов.

Модели временных рядов имеют ряд преимуществ в своем использовании: эти модели позволяют оценить исследуемый процесс в динамике, тогда как стандартные методики планирования медицинских ресурсов опираются на статистические данные о численности населения или потребности в медицинских ресурсах, позволяют учитывать региональные особенности заболеваемости, так как COVID-19 не распространяется равномерно, могут быть интегрированы с другими источниками данных, например, с данными о погоде или вакцинации, что может обеспечить более точный прогноз.

Список литературы

- Захаров В.В., Балыкина Ю.Е. 2021. Балансовая модель эпидемии COVID-19 на основе процентного прироста. Информатика и автоматизация, 20(5): 1034–1065.
- Криворотько О.И., Кабанихин С.И., Зятков Н.Ю., Приходько А.Ю., Прохошин Н.М., Шишленин М.А. 2020. Математическое моделирование и прогнозирование COVID-19 в Москве и Новосибирской области. Сибирский журнал вычислительной математики, 23(4): 395–414.
- Омельяновский В.В., Семёнова Т.В., Лукьянцева Д.В., Федяев Д.В., Шалаева Е.А. 2020. Разработка методики расчета потребности во врачебных кадрах в здравоохранении Российской Федерации с использованием математической модели. Фармакоэкономика. Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология, 13(4): 427–437.
- Adhikari R., Agrawal R.K. 2013. An introductory study on time series modeling and forecasting. arXiv preprint arXiv:1302.6613.
- ИМЭ COVID-19 Forecasting Team. 2021. Modeling COVID-19 scenarios for the United States. Nature medicine, 27(1): 94–105.
- Fanelli D., Piazza F. 2020. Analysis and forecast of COVID-19 spreading in China, Italy and France. Chaos, Solitons & Fractals, 134: 109761.
- Grober T., Grober O., Savchenko O. 2020. An innovative approach to the study of the model of a medical institution. In E3S web of conferences, 210:11002.
- Hu Z., Ge Q., Li S., Jin L., Xiong M. 2020. Artificial intelligence forecasting of covid-19 in China. arXiv preprint arXiv:2002.07112.
- Lacasa L., Challen R., Brooks-Pollock E., Danon L. 2020. A flexible method for optimising sharing of healthcare resources and demand in the context of the COVID-19 pandemic. PLoS ONE, 15(10): e0241027.
- Lee K., Agrawal A., Choudhary A. 2017. Forecasting influenza levels using real-time social media streams. IEEE International Conference on Healthcare Informatics (ICHI): 409–414.
- Luo J., Zhang Z., Fu Y., Rao F. 2021. Time series prediction of COVID-19 transmission in America using LSTM and XGBoost algorithms. Results in Physics, 27: 104462.
- Papastefanopoulos V., Linardatos P., Kotsiantis S. 2020. COVID-19: a comparison of time series methods to forecast percentage of active cases per population. Applied sciences, 10(11): 3880.
- Petropoulos F., Makridakis S. 2020. Forecasting the novel coronavirus COVID-19. PloS one. 15(3): e0231236.
- Taylor S.J., Letham B. 2018. Forecasting at scale. The American Statistician, 72(1): 37–45.
- Wei W., Wang G., Tao X., Luo Q., Chen L., Bao X., Liu Y., Jiang J., Liang H., Ye L. 2023. Time series prediction for the epidemic trends of monkeypox using the ARIMA, exponential smoothing, GM (1, 1) and LSTM deep learning methods. Journal of General Virology, 104(4): 001839.
- Xian X., Wang L., Wu X., Tang X., Zhai X., Yu R., Qu L., Ye M. 2023. Comparison of SARIMA model, Holt-winters model and ETS model in predicting the incidence of foodborne disease. BMC Infectious Diseases, 23(1): 803.

- Yin R., Luusua E., Dabrowski J., Zhang Y., Kwoh C.K. 2020. Tempel: time-series mutation prediction of influenza A viruses via attention-based recurrent neural networks. *Bioinformatics*, 36(9): 2697–2704.
- Zhang L., Bian W., Qu W., Tuo L., Wang Y. 2021. Time series forecast of sales volume based on XGBoost. In *Journal of Physics: Conference Series*, 1873 (1): 012067.

References

- Zaharov V.V., Balykina Ju.E. 2021. Balansovaja model' jepidemii COVID-19 na osnove procentnogo prirosta [COVID-19 Epidemic Balance Model Based on Percentage Growth] *Informatika i avtomatizacija [Informatics and Automation]*, 20(5): 1034–1065.
- Krivorot'ko, O.I., Kabanihin, S.I., Zjat'kov, N.Ju., Prihod'ko, A.Ju., Prohoshin, N.M., Shishlenin, M.A. 2020. Matematicheskoe modelirovanie i prognozirovanie COVID-19 v Moskve i Novosibirskoj oblasti [Mathematical Modeling and Prediction of COVID-19 in Moscow and Novosibirsk Oblast]. *Sibirskij zhurnal vychislitel'noj matematiki [Siberian Journal of Computational Mathematics]*, 23(4): 395–414.
- Omel'janovskij, V.V., Semjonova, T.V., Luk'janceva, D.V., Fedjaev, D.V., Shalaeva, E.A. 2020. Razrabotka metodiki rascheta potrebnosti vo vrachebnyh kadrah v zdavoohranenii Rossijskoj Federacii s ispol'zovaniem matematicheskoy modeli. [Development of a methodology for calculating the need for medical personnel in healthcare of the Russian Federation using a mathematical model]. *Farmakoekonomika. Sovremennaja farmakoekonomika i farmakojepidemiologija [Farmakoekonomika. Modern Pharmacoeconomics and Pharmacoepidemiology]*, 13(4): 427–437.
- Adhikari R., Agrawal R.K. 2013. An introductory study on time series modeling and forecasting. *arXiv preprint arXiv:1302.6613*.
- IHME COVID-19 Forecasting Team. 2021. Modeling COVID-19 scenarios for the United States. *Nature medicine*, 27(1): 94–105.
- Fanelli D., Piazza F. 2020. Analysis and forecast of COVID-19 spreading in China, Italy and France. *Chaos, Solitons & Fractals*, 134: 109761.
- Grober T., Grober O., Savchenko O. 2020. An innovative approach to the study of the model of a medical institution. In *E3S web of conferences*, 210:11002.
- Hu Z., Ge Q., Li S., Jin L., Xiong M. 2020. Artificial intelligence forecasting of covid-19 in China. *arXiv preprint arXiv:2002.07112*.
- Lacasa L., Challen R., Brooks-Pollock E., Danon L. 2020. A flexible method for optimising sharing of healthcare resources and demand in the context of the COVID-19 pandemic. *PLoS ONE*, 15(10): e0241027.
- Lee K., Agrawal A., Choudhary A. 2017. Forecasting influenza levels using real-time social media streams. *IEEE International Conference on Healthcare Informatics (ICHI)*: 409–414.
- Luo J., Zhang Z., Fu Y., Rao F. 2021. Time series prediction of COVID-19 transmission in America using LSTM and XGBoost algorithms. *Results in Physics*, 27: 104462.
- Papastefanopoulos V., Linardatos P., Kotsiantis S. 2020. COVID-19: a comparison of time series methods to forecast percentage of active cases per population. *Applied sciences*, 10(11): 3880.
- Petropoulos F., Makridakis S. 2020. Forecasting the novel coronavirus COVID-19. *PloS one*. 15(3): e0231236.
- Taylor S.J., Letham B. 2018. Forecasting at scale. *The American Statistician*, 72(1): 37–45.
- Wei W., Wang G., Tao X., Luo Q., Chen L., Bao X., Liu Y., Jiang J., Liang H., Ye L. 2023. Time series prediction for the epidemic trends of monkeypox using the ARIMA, exponential smoothing, GM (1, 1) and LSTM deep learning methods. *Journal of General Virology*, 104(4): 001839.
- Xian X., Wang L., Wu X., Tang X., Zhai X., Yu R., Qu L., Ye M. 2023. Comparison of SARIMA model, Holt-winters model and ETS model in predicting the incidence of foodborne disease. *BMC Infectious Diseases*, 23(1): 803.
- Yin R., Luusua E., Dabrowski J., Zhang Y., Kwoh C.K. 2020. Tempel: time-series mutation prediction of influenza A viruses via attention-based recurrent neural networks. *Bioinformatics*, 36(9): 2697–2704.
- Zhang L., Bian W., Qu W., Tuo L., Wang Y. 2021. Time series forecast of sales volume based on XGBoost. In *Journal of Physics: Conference Series*, 1873 (1): 012067.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.



Поступила в редакцию 18.06.2024

Received June 18, 2024

Поступила после рецензирования 03.09.2024

Revised September 03, 2024

Принята к публикации 06.09.2024

Accepted September 06, 2024

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Шеломенцева Инга Георгиевна, кандидат технических наук, доцент кафедры медицинской кибернетики и информатики, Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск, Россия

Inga G. Shelomentseva, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Medical Cybernetics and Informatics, Prof. V.F. Voino-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University, Krasnoyarsk, Russia

Ченцов Сергей Васильевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры систем автоматизации, автоматизированного управления и проектирования, Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия

Sergej V. Chentsov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Automated Control Systems, Automated Management, and Design, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

Краснораменская Ирина Сергеевна, магистрант кафедры медицинской кибернетики и информатики, Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск, Россия

Irina S. Krasnoramenskaja, Master's student of the Department of Medical Cybernetics and Informatics of Prof. V.F. Voino-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University, Krasnoyarsk, Russia

УДК: 514.182.7

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-657-669

Алгоритмы построения перспективной сетки для анализа ДТП

¹Наджаджра М.Х., ²Черных В.С., ²Жукова Н.А.,
³Жихарев А.Г., ³Лазарев Д.А., ²Мартон Н.А.

¹ Университет Аль-Истикляль, Палестина, г. Иерихон, ул. Хишам Палас, д. 10

² Белгородский государственный национальный исследовательский университет
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, д. 85

³ Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова д. 46

E-mail: mnajajra@pass.ps

Аннотация. Следователи отдела по расследованию дорожно-транспортных происшествий сталкиваются с значительными затруднениями в своей работе. В настоящее время они вынуждены использовать несколько различных программ для анализа ДТП, что существенно усложняет процесс и снижает его эффективность. Более того, многие программы, которые ранее предоставляли все необходимые функции в едином решении, больше не доступны на рынке из-за санкций. Это создает значительный пробел в инструментах, доступных следователям, и усложняет выполнение их задач по расследованию и анализу дорожных происшествий. В данной статье описывается метод построения перспективной сетки с использованием одной или двух точек схода на мерном объекте. Этот подход является эффективным решением для следователей отдела по расследованию дорожно-транспортных происшествий, так как позволяет точно измерять расстояния и пропорции объектов на фотографии. Разработанный метод представляет собой первый шаг в решении указанной проблемы, интегрируя ключевые функции анализа в одном программном решении и улучшая тем самым эффективность и точность работы следователей.

Ключевые слова: перспективная сетка, мерный объект, вычисление расстояний, точки схода, одноточечная перспектива, двухточечная перспектива

Для цитирования: Наджаджра М. Х., Черных В.С., Жукова Н.А., Жихарев А.Г., Лазарев Д.А., Мартон Н.А. 2024. Алгоритмы построения перспективной сетки для анализа ДТП. Экономика. Информатика, 51(3): 657–669. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-657-669

Methods of Constructing a Perspective Grid for Accident Analysis

¹Mohammed H. Najajra, ²Vladimir S. Chernykh, ²Natalya A. Zhukova,
³Alexander G. Zhikharev, ³Dmitry A. Lazarev, ²Nikita A. Marton

¹ Al-Istiqal University, 10 Hisham Palace St., Jericho, Palestine

² Belgorod State National Research University, 85 Pobedy St., Belgorod 308015, Russia

³ Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

46 Kostyukova St., Belgorod 308012, Russia

E-mail: mnajajra@pass.ps

Abstract. The investigators of the Traffic Accident Investigation Department face significant difficulties in their work. Currently, they are forced to use several different programs to analyze accidents, which significantly complicates the process and reduces its effectiveness. Moreover, many programs that previously provided all the necessary functions in a single solution are no longer available on the market due to sanctions. This creates a significant gap in the tools available to investigators and complicates their tasks of investigating and analyzing traffic accidents. This article describes a method for constructing a perspective grid using one or two vanishing points on a dimensional object. This approach is an effective solution for the investigators of the Traffic Accident Investigation Department, as it allows an accurate measurement of the distances and proportions of objects in a photo. The developed method represents the first step in solving this problem by integrating key analysis functions into a single software solution and thereby improving the efficiency and accuracy of the investigators' work.

Keywords: perspective grid, dimensional object, distance calculation, vanishing points, single-point perspective, two-point perspective

For citation: Najajra M.H., Chernykh V.S., Zhukova N.A., Zhikharev A.G., Lazarev D.A., Marton N.A. 2024. Methods of Constructing a Perspective Grid for Accident Analysis. Economics. Information technologies, 51(3): 657–669. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-657-669

Введение

В современном мире технологий расследование дорожно-транспортных происшествий (ДТП) стало сложной и многосторонней задачей, требующей точных данных и профессиональных инструментов для анализа [Новиков и др., 2024; Зинин и др., 2022]. Одним из ключевых аспектов этого процесса является использование перспективных сеток для точного измерения расстояний и анализа объектов на фотографиях с мест происшествия [Никонов, 2016]. Особенно важно разработать методику, которая была бы эффективной и удобной для следователей, работающих в этой области.

Следователи отдела по расследованию ДТП часто сталкиваются с трудностями из-за необходимости использовать несколько различных программных решений для выполнения своих задач, что замедляет процесс и снижает его эффективность. Особенно остро стоит проблема доступа к программам, предоставляющим необходимые функции, так как некоторые из них стали недоступны на рынке из-за санкций.

Цель работы состоит в разработке метода и алгоритмов построения перспективной сетки с использованием одной или двух точек схода на мерном объекте для анализа ДТП. Этот метод направлен на упрощение и улучшение точности работы следователей, предоставляя инструмент, который позволяет точно измерять расстояния и пропорции объектов на фотографиях, сделанных на месте происшествия.

Статья описывает процесс построения перспективной сетки для обоих вариантов – с одной и двумя точками схода. Включены шаги определения углов объекта, нахождения точек схода, построения и расширения сетки, а также преобразования в 2D проекцию для более удобных вычислений расстояний. Каждый шаг сопровождается пояснениями и иллюстрациями, что делает метод доступным для практического применения и обучения.

Разработанный метод представляет собой значимый шаг в направлении решения актуальных проблем, с которыми сталкиваются следователи ДТП. Интеграция ключевых функций анализа в единое программное решение упрощает и ускоряет процесс работы, способствуя более точным результатам в расследованиях дорожных происшествий.

Построение перспективной сетки при 2 точках схода на мерном объекте

Перспективная сетка – это метод рисования, используемый для создания иллюзии глубины и трёхмерного пространства на плоской поверхности [Ратничин, 1982]. Перспективная сетка из квадратов дает точное представление о глубине пространства изображения [Барышников, 1955]. В данном случае рассматривается построение перспективной сетки с двумя точками схода, применяя её к мерному объекту – пластмассовой плитке размером 30x30 см, разукрашенной в шахматный узор (рис. 1).

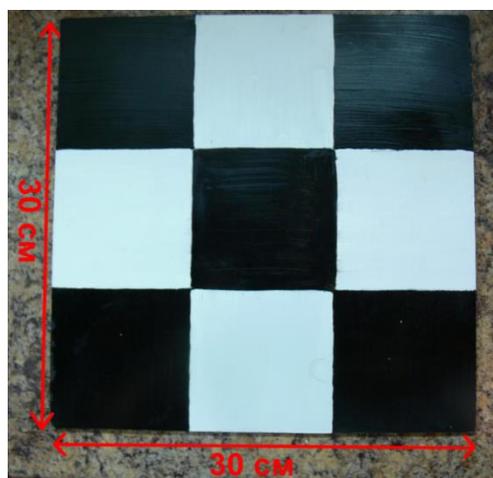


Рис. 1. Мерный объект (пластмассовая плитка с шахматным узором)

Fig. 1. Dimensional object (plastic tile with a checkerboard pattern)

Рассмотрим подробнее алгоритм построения перспективной сетки на примере при двух точках схода на мерном объекте.

Шаг 1: Определение углов объекта на фотографии

Для начала необходимо отметить четыре угла объекта на фотографии, чтобы иметь точные границы для дальнейших построений (рис. 2).



Рис. 2. Тестовое фото с расставленными точками углов объекта
Fig. 2. Test photo with the points of the corners of the object

Предполагается, что данный шаг будет осуществляться конечным пользователем программного обеспечения.

Шаг 2: Нахождение точек схода

Следующим шагом является нахождение точек схода. Для этого нужно найти пересечения прямых, проходящих через противоположные стороны отмеченного объекта. Эти пересечения и будут нашими точками схода (рис. 3) [Шешко, 1981]. Точки схода используются для создания реалистичной перспективы и помогают точно передать глубину пространства на плоской поверхности [Саунина, Саунина. 2021].

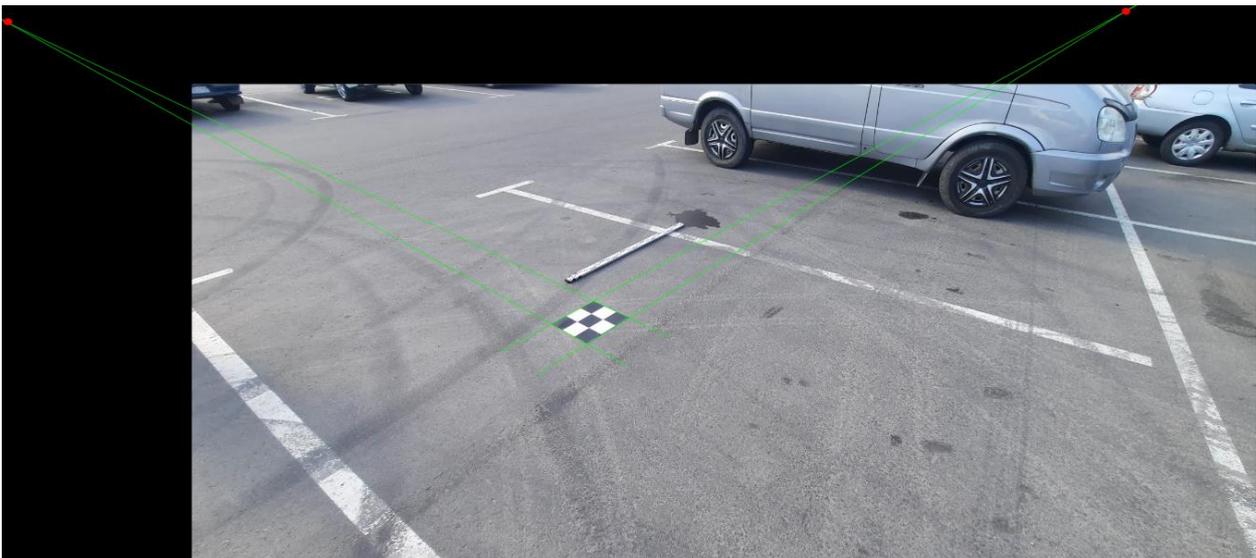


Рис. 3. Нахождение точек схода по отмеченным точкам
Fig. 3. Finding vanishing points by marked points

Данный этап реализуется соответствующими функциями программного обеспечения и не требует участия конечного пользователя.

Шаг 3: Построение новых клеток вокруг отмеченной области [Макарова, 2005]

Чтобы расширить отмеченную область, следует выполнить действия, согласно блок-схеме алгоритма, представленного на рис. 4.



Рис. 4 Процесс расширения перспективной сетки
Fig. 4. The process of expanding the perspective grid

Процесс вычисления координат новых точек для перспективной сетки показан на рис. 5.

После выполнения всех вышеперечисленных операций на изображение накладывается перспективная сетка, показанная на рис. 6.

Шаг 4: Преобразование в 2D проекцию для вычисления расстояний

Для более точного вычисления расстояний на перспективной сетке можно преобразовать выбранную область в 2D проекцию при помощи OpenCV [Howse, Minichino, 2022; Kaehler, Bradski, 2016], аналогичную виду сверху. Для этого нужно выполнить действия, описанные блок-схемой алгоритма на рис. 7.

В результате описанных выше преобразований получим изображение выделенной области «вид сверху», как показано на рис. 9.

На полученной проекции легче вычислять расстояния, однако точки всё равно будут отмечаться на оригинальном фото. Это означает, что все отрезки, поставленные на оригинальном фото, будут переноситься в 2D проекцию для точного измерения.

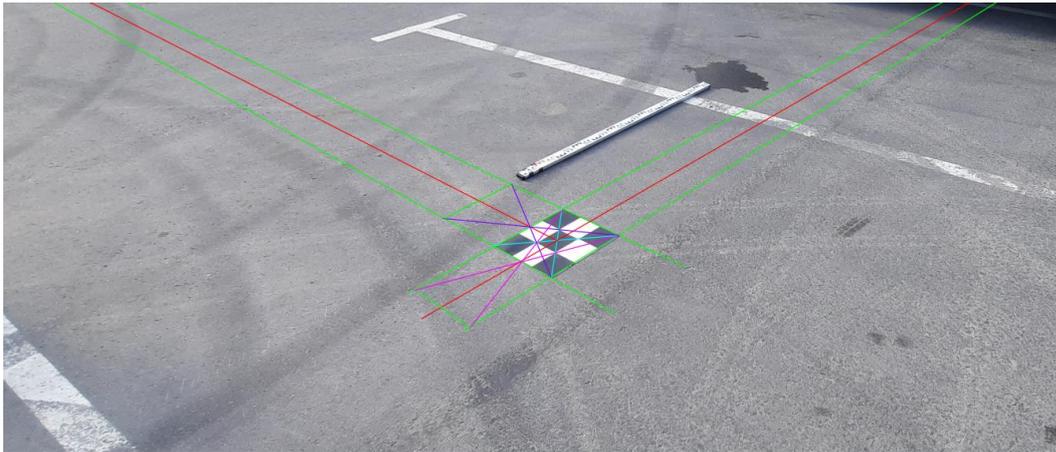


Рис. 5. Нахождение новых точек перспективной сетки
Fig. 5. Finding new perspective grid points



Рис. 6. Расширенная перспективная сетка на 2 клетки
Fig. 6. Extended perspective grid for 2 cells

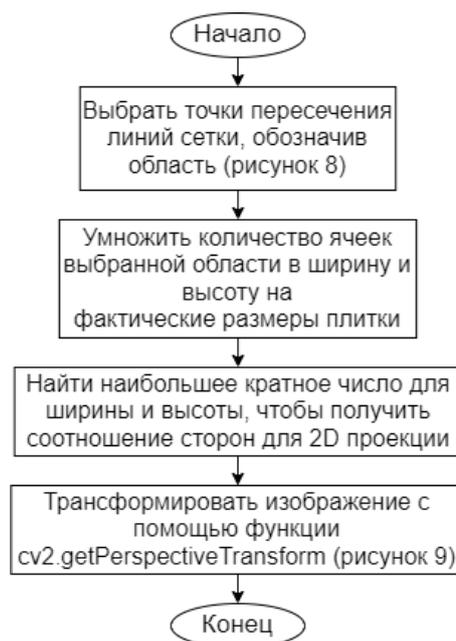


Рис. 7. Процесс преобразования в 2D проекцию
Fig. 7. The process of converting to a 2D projection



Рис. 8. Выделенная область перспективной сетки
Fig. 8. The selected area of the perspective grid



Рис. 9. Трансформированная 2D проекция выделенной области
Fig. 9. Transformed 2D projection of the selected area

Шаг 5: Вычисление расстояний на 2D проекции

Для точного вычисления расстояний необходимо точки перенести с перспективной сетки на 2D проекцию, блок-схема алгоритма данного процесса представлена на рис. 10 [Петрова, 2020].

Зная процентное соотношение, можно перенести её в 2D проекцию, как показано на рис. 11.

Пример: Измерение расстояния линейки

На примере линейки (рис. 12) можно продемонстрировать описанный метод и алгоритмы. Расставив точки на концах линейки, программа переносит эти точки на 2D проекцию и вычисляет расстояние, которое составляет 100.56 см. Это значение соответствует фактическому с очень малой погрешностью (рис. 13).

Таким образом, метод построения перспективной сетки с двумя точками схода позволяет не только создавать реалистичное изображение, но и точно измерять расстояния на плоской поверхности, используя 2D проекцию для более удобных вычислений.



Рис. 10. Процесс переноса с перспективной сетки на 2D проекцию
Fig. 10. The process of transferring from a perspective grid to a 2D projection

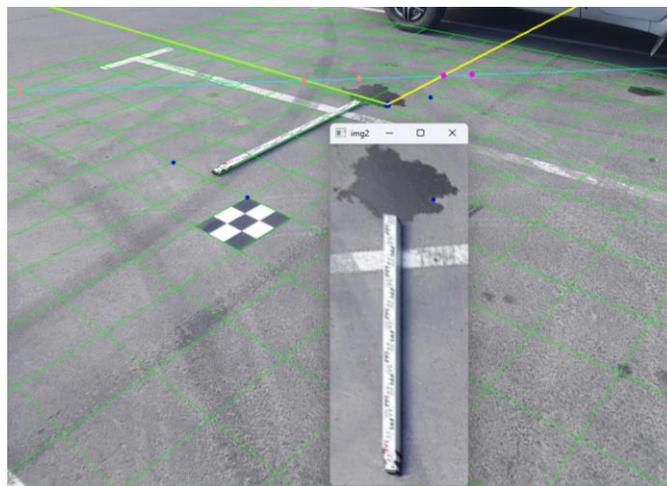


Рис.11. Определение точки на выделенной области
Fig. 11. Defining a point on the selected area



Рис. 12. Линейка
Fig. 12. Ruler



Рис. 13. Результат измерения расстояния на 2D проекции
Fig. 13. The result of measuring the distance on a 2D projection

Построение перспективной сетки при 1 точке схода на мерном объекте

В данном случае рассматривается построение перспективной сетки с одной точкой схода или же линейной фронтальной перспективы [Саунина, 2018], применяемое к мерному объекту. Одноточечная перспектива используется для изображения объектов, расположенных фронтально к зрителю, когда все линии, параллельные глубине, сходятся в одной точке на линии горизонта [Norling, 2012]. Это позволяет точно передать пропорции и перспективу объекта, создавая реалистичное и правдоподобное изображение на плоской поверхности. В качестве мерного объекта выступает пластмассовая плитка размером 30x30 см, разукрашенная в шахматный узор.

Построение перспективной сетки при одной точке схода во многом похоже на метод с двумя точками схода, однако есть несколько ключевых различий. В одноточечной перспективе все линии, параллельные глубине объекта, сходятся в одной точке на линии горизонта, что упрощает процесс построения сетки [Соловьёв, 1980].

Шаг 1: Определение углов объекта на фотографии

Сначала, как и в случае с двумя точками схода, необходимо отметить четыре угла объекта на фотографии, чтобы точно определить границы для дальнейших построений [Robertson, Bertling, 2013].

Шаг 2: Нахождение точки схода

Для одноточечной перспективы находим только одну точку схода на линии горизонта, куда сходятся все линии, параллельные глубине объекта. Эту точку определяем путём продолжения линий, до их пересечения [Cole, 2012].

Шаг 3: Построение новых клеток вокруг отмеченной области

Чтобы расширить отмеченную область, следует выполнить следующие действия:

1. Проложить новые точки от точки схода, повторить те же действия, что и в шаге 3 при 2 точках схода
2. Для линий, параллельных ширине или высоте объекта, достаточно перемещать точки на такое же расстояние, что и на параллельных отрезках в исходной области. Например, если на грани отмеченной области ширина клетки составляет 30 пикселей, то новое деление также будет 30 пикселей.

Эти шаги повторяются до тех пор, пока не будет создана желаемая сетка (рис. 14).

Шаг 4: Преобразование в 2D проекцию для вычисления расстояний

Шаг 4 аналогичен шагу 4 из предыдущего примера. Мы выбираем область и преобразуем её в 2D проекцию, чтобы облегчить процесс вычисления расстояний [D'Amelio, 2004].



Рис. 14. Расширенная перспективная сетка на 2 клетки
Fig. 14. Extended perspective grid for 2 cells

Шаг 5: Вычисление расстояний на 2D проекции

Вычисление расположения точек на 2D проекции будет отличаться от предыдущего примера, так как найти координаты по оси Y не удастся тем же способом. Поэтому используем следующий метод на рисунке 15 [Attebery, 2018]:

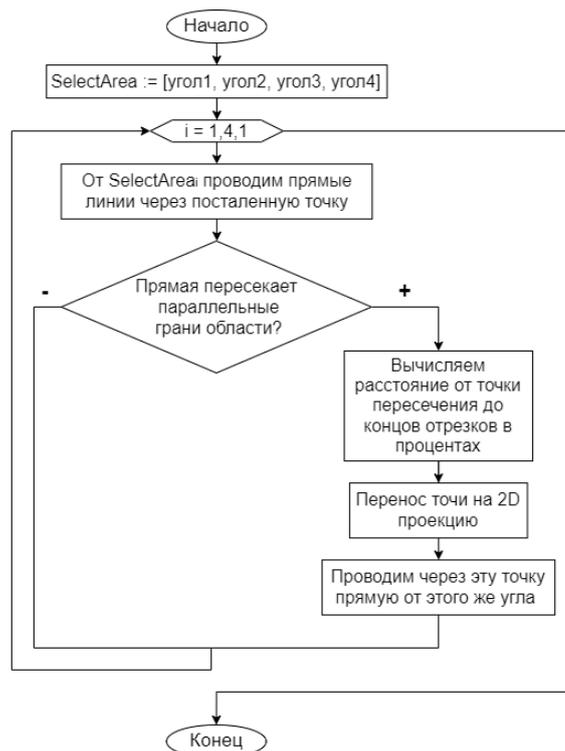


Рис. 15. Процесс переноса с перспективной сетки на 2D проекцию
Fig. 15. The process of transferring from a perspective grid to a 2D projection

Этот метод позволяет точно определить координаты точек на 2D проекции, обеспечивая правильное соотношение и точное измерение расстояний.

Пример: Измерение расстояния линейки

На примере линий разметки можно продемонстрировать описанный метод. Отметив точки на концах линий разметки, программа переносит их на 2D проекцию и вычисляет расстояние, которое составляет 253.58 см (рис. 17). Это значение соответствует фактическому с минимальной погрешностью (рис. 18).



Рис. 16. Определение точки на выделенной области
Fig. 16. Defining a point on the selected area

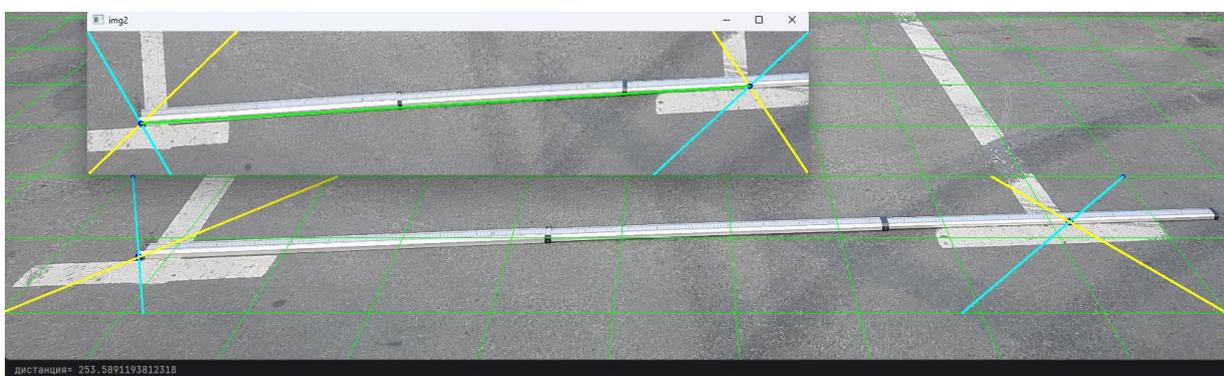


Рис. 17. Результат измерения расстояния на 2D проекции
Fig. 17. The result of measuring the distance on a 2D projection



Рис. 18. Фактическая длина парковки
Fig. 18. The actual length of the parking lot

Заклучение

Методы построения перспективной сетки с использованием одной или двух точек схода на мерном объекте представляют собой значимый инструмент для анализа дорожно-транспортных происшествий. Они позволяют создавать изображения, передающие пропорции и перспективу объектов на фотографиях, а также точно измерять расстояния на плоскости изображения. Эти методы упрощают процесс расследования и анализ ДТП, обеспечивая следователям необходимые инструменты для более эффективной работы.

Интеграция ключевых функций в единое программное решение повышает точность и эффективность работы следователей, сокращая зависимость от нескольких программных средств. В настоящее время тестируются возможности обнаружения следов на фотографиях с помощью алгоритма сегментирования YOLOv8 [Redmon, Divvala, Girshick, Farhadi 2016; Luo, Kou, Han, Wu 2023]. Дальнейшее развитие этих методов может улучшить технологии анализа ДТП и повысить качество заключений экспертов, способствуя безопасности дорожного движения.

Список литературы

- Барышников А.П. 1955. Перспектива М.: Искусство, 204.
- Зинин А.М., Вашко П.И., Кудалин А.П., Юмозапов Р.С. 2022. Фототехническая экспертиза: Методические рекомендации. М.: ЭКЦ МВД России, 81.
- Макарова М.Н. 2005. Практическая перспектива: Учебное пособие для студентов высших учебных заведений. М.: Академический Проект, 400.
- Никонов В.Н. 2016. Измерение по фотографии. Как правильность заключения специалиста была закреплена судом. URL: <https://pravorub.ru/articles/73408.html>
- Новиков И.А., Лазарев Д.А., Зиборова Е.И., Жихарев А.Г. 2024. Совершенствование дорожно-транспортной экспертизы в сфере безопасности дорожного движения путем внедрения методологии комплексного определения составляющих механизма дорожно-транспортных происшествий. Мир транспорта и технологических машин. № 1-3 (84): 71–81.
- Петрова В.В. 2020. Линейная перспектива и тени: электронное учебное пособие. Тольятти: Изд-во ТГУ, 157.
- Ратничин В.М. 1982. Перспектива. Киев: Вища школа, 232.
- Саунина В.М. 2018. Рисунок. Основы изобразительной грамоты для начинающих. Екб.: Ridero, 140.
- Саунина В.М., Саунина У.Н. 2021. О рисунке. Основы изобразительной грамоты для начинающих. Екб.: Издательские решения, 62.
- Соловьёв С.А. 1980. Перспектива М.: Просвещение, 143.
- Шешко И.Б. 1981. Построение и перспектива рисунка. Учеб. Пособие для студентов пед. ин-тов по спец. № 2121 «Педагогика и методика нач. обучения». 3-е изд., доп. Мн.: Выш. школа, 136.
- Attebery C. 2018. The Complete Guide to Perspective Drawing: From One-Point to Six Point. Routledge, 370.
- Cole R.V. 2012. Perspective for Artists. Courier Corporation, 288.
- D'Amelio J. 2004. Perspective Drawing Handbook. Dover Publications, 96.
- Howse J., Minichino J. 2022. Learning OpenCV 5 Computer Vision with Python. Packt Publishing Ltd., 93.
- Kaehler A., Bradski G. 2016. Learning OpenCV 3: Computer Vision in C++ with the OpenCV Library. O'Reilly Media, Inc., 1024.
- Luo B., Kou Z., Han C., Wu J. 2023. A “Hardware-Friendly” Foreign Object Identification Method for Belt Conveyors Based on Improved YOLOv8. Applied Sciences, 13(20): 11464.
- Norling E.R. 2012. Perspective Made Easy. Courier Corporation, 224.
- Redmon J., Divvala S., Girshick R., Farhadi A. 2016. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 779–788.
- Robertson S., Bertling T. 2013. How to Draw: Drawing and Sketching Objects and Environments from Your Imagination. Design Studio Press, 208.

References

- Baryshnikov A.P. 1955. Perspektiva M.: Iskusstvo, 204.
- Zinin A.M., Vashko P.I., Kudalin A.P., Yumozhapov R.S. 2022. Phototechnical expertise: Methodological recommendations. M.: ECC of the Ministry of Internal Affairs of Russia, 81.



- Makarova M.N. 2005. Practical perspective: A textbook for students of higher educational institutions. M.: Academic Project, 400.
- Nikonov V.N. 2016. Measurement by photo. How was the correctness of the expert's conclusion fixed by the court. URL: <https://pravorub.ru/articles/73408.html>
- Novikov I.A., Lazarev D.A., Ziborova E.I., Zhikharev A.G. 2024. Improvement of road transport expertise in the field of road safety through the introduction of a methodology for the comprehensive determination of the components of the mechanism of road accidents. The world of transport and technological machines. No. 1-3(84): 71–81.
- Petrova V.V. 2020. Linear perspective and shadows: an electronic textbook. Tolyatti: Publishing House of TSU, 157.
- Ratnichin V.M. 1982. Perspective. Kiev: Vishcha shkola, 232.
- Saunina V.M. 2018. Drawing. Fundamentals of visual literacy for beginners. Ecb.: Ridero, 140.
- Saunina V.M., Saunina U. N. 2021. About the drawing. Fundamentals of visual literacy for beginners. Ekb.: Publishing solutions, 62.
- Solovyov S.A. 1980. Perspektiva M.: Enlightenment, 143.
- Sheshko I.B. 1981. The construction and perspective of the drawing. [Studies. Manual for students of pedagogical institutes on spec. No. 2121 "Pedagogy and methods of primary education"]. 3rd ed., additional edition: Higher School, 136.
- Attebery C. 2018. The Complete Guide to Perspective Drawing: From One-Point to Six Point. Routledge, 370.
- Cole R.V. 2012. Perspective for Artists. Courier Corporation, 288.
- D'Amelio J. 2004. Perspective Drawing Handbook. Dover Publications, 96.
- Howse J., Minichino J. 2022. Learning OpenCV 5 Computer Vision with Python. Packt Publishing Ltd., 93.
- Kaehler A., Bradski G. 2016. Learning OpenCV 3: Computer Vision in C++ with the OpenCV Library. O'Reilly Media, Inc., 1024.
- Luo B., Kou Z., Han C., Wu J. 2023. A "Hardware-Friendly" Foreign Object Identification Method for Belt Conveyors Based on Improved YOLOv8. Applied Sciences, 13(20): 11464.
- Norling E.R. 2012. Perspective Made Easy. Courier Corporation, 224.
- Redmon J., Divvala S., Girshick R., Farhadi A. 2016. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 779–788.
- Robertson S., Bertling T. 2013. How to Draw: Drawing and Sketching Objects and Environments from Your Imagination. Design Studio Press, 208.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

Поступила в редакцию 15.07.2024

Received July 15, 2024

Поступила после рецензирования 04.09.2024

Revised September 04, 2024

Принята к публикации 06.09.2024

Accepted September 06, 2024

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Наджджра Мухаммед Хассан, кандидат технических наук, профессор кафедры информационных систем управления, Университет Аль-Истикляль, Палестина, г. Иерихон

Mohammed H. Najajra, Candidate of Technical Sciences, Professor, Department of Management Information Systems, Al-Istiqlal University, Palestine, Jericho

Черных Владимир Сергеевич, студент 2 курса магистратуры, кафедры прикладной информатики и информационных технологий, институт инженерных и цифровых технологий, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Vladimir S. Chernykh, 2nd year Master's student, Department of Applied Informatics and Information Technology, Institute of Engineering and Digital Technologies, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

Жукова Наталья Алексеевна, кандидат юридических наук, доцент, заведующая кафедрой судебной экспертизы и криминалистики, Белгородский государственный национальный исследовательский университет г. Белгород, Россия

Natalya A. Zhukova, Candidate of Law Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Forensic Science and Criminalistics, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

Жихарев Александр Геннадиевич, доктор технических наук, доцент, доцент кафедры программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

Alexander G. Zhikharev, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Computer Engineering and Automated Systems Software, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russia

Лазарев Дмитрий Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации и организации движения автотранспорта, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

Dmitry A. Lazarev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Operation and Organization of Motor Transport, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russia

Мартон Никита Андреевич, студент 2 курса магистратуры, кафедры прикладной информатики и информационных технологий, институт инженерных и цифровых технологий, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Nikita A. Marton, 2nd year Master's student, Department of Applied Informatics and Information Technology, Institute of Engineering and Digital Technologies, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia



УДК 004.89;004.94

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-670-681

Гибридная технология синтеза транспортно-логистических систем на основе машинного обучения и имитационного моделирования

Неупокоева Е.О., Быстров В.В., Шишаев М.Г.

Институт информатики и математического моделирования им. В.А. Путилова КНЦ РАН
Россия, Мурманская обл., 184209, г. Апатиты, ул. Ферсмана, д. 24А
E-mail: neupokoeva@iimm.ru, bystrov@iimm.ru, shishaev@iimm.ru

Аннотация. В настоящее время наблюдается мировой тренд в использовании интеллектуальных технологий в комбинации с компьютерным моделированием для решения сложных прикладных задач. Текущая работа посвящена созданию программных инструментов для информационно-аналитической поддержки управления транспортно-логистическими системами. В статье рассматривается гибридная технология синтеза транспортно-логистических систем на основе машинного обучения и имитационного моделирования, позволяющая формировать и анализировать конфигурации сложных транспортно-логистических систем с большим количеством компонентов. Приводится краткий обзор нейросетевых методов и технологий, применяемых для решения прикладных задач оперативного управления и планирования в транспортной логистике. Авторы предлагают формализацию задачи планирования конфигурации транспортно-логистической системы в общей постановке и в частном случае. Рассматривается разработанная компьютерная модель имитации сценариев реализации плана движения транспортных средств на заданной конфигурации транспортно-логистической сети.

Ключевые слова: машинное обучение, искусственные нейронные сети, имитационное моделирование, транспортно-логистическая система, железнодорожный транспорт

Для цитирования: Неупокоева Е.О., Быстров В.В., Шишаев М.Г. 2024. Гибридная технология синтеза транспортно-логистических систем на основе машинного обучения и имитационного моделирования. Экономика. Информатика, 51(3): 670–681. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-670-681

Hybrid Technology for Synthesis of Transport-Logistics Systems Based on Machine Learning and Simulation

Elena O. Neupokoyeva, Vitaliy V. Bystrov, Maksim G. Shishaev

Putilov Institute for Informatics and Mathematical Modeling of the Federal Research Center
“Kola Science Center”

24A Fersman St, Apatity 184209, Murmansk Region, Russia

E-mail: neupokoeva@iimm.ru, bystrov@iimm.ru, shishaev@iimm.ru

Abstract. The article raises the issues of integration of intelligent information technologies and computer modeling for solving complex applied problems. The authors propose to use the flexible capabilities of modern artificial neural networks and simulation in the tasks of planning transport and logistics systems. In particular, the task of developing software tools for information and analytical support of transport logistics management of a distributed production association is considered. The article focuses on solving the applied problem of planning effective configurations of the railway transport and logistics system. To solve this problem, the authors propose an original hybrid technology for the synthesis of multicomponent transport and logistics systems based on machine learning and simulation modeling. A brief overview of neural network methods and technologies used to solve applied problems of operational management and

planning in transport logistics is provided. The authors propose a formalization of the task of planning the configuration of a transport and logistics system in a general formulation and in a particular case. The developed computer model for simulating scenarios for the implementation of a vehicle traffic plan on a given configuration of a transport and logistics network is considered.

Keywords: machine learning, artificial neural networks, simulation, transport and logistics system, railway transport

For citation: Neupokoyeva E.O., Bystrov V.V., Shishaev M.G. 2024. Hybrid Technology for Synthesis of Transport-Logistics Systems Based on Machine Learning and Simulation. Economics. Information technologies, 51(3): 670–681 (in Russian). DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-670-681

Введение

Задачи формирования и управления транспортно-логистическими системами (ТЛС) представляют собой весьма обширный класс. Выделяются различные подклассы рассматриваемой задачи – планирования перевозок, маршрутизации в различных постановках и т. п. В общем случае такие задачи обладают высокой размерностью, что усложняет поиск точного оптимального решения и создает предпосылки для применения к их решению «мягких» методов, подразумевающих получение приближенного решения, не гарантирующего строгой оптимальности рассматриваемого критерия. К таким «мягким» подходам следует отнести применение методов машинного обучения (обучения по прецедентам), в частности – искусственных нейронных сетей (ИНС) различных архитектур. Основным фактором, сдерживающим широкое применение машинного обучения для решения задач синтеза и анализа ТЛС, является необходимость в обучающих выборках, требуемый объем которых находится в прямой зависимости от числа переменных в модели исследуемого объекта. В случае крупных ТЛС с большим количеством компонентов и, соответственно, моделируемых параметров, обеспечить достаточное количество наблюдений для формирования обучающей выборки чаще всего невозможно. В этой ситуации эффективным решением может стать комбинированное применение машинного обучения и имитационного моделирования, рассматриваемое далее в данной статье.

Практика применения ИНС в задачах формирования и управления транспортно-логистическими системами

Можно выделить два уровня применения искусственных нейронных сетей (ИНС) в рамках задач формирования и управления транспортно-логистическими системами:

1. решение различных частных задач формирования и управления ТЛС в прикладной постановке: предсказание трафика, управление светофорами, идентификация транспортных средств и т. п. Подобные ТЛС принято называть интеллектуальными транспортными системами (Intelligent Transport Systems, ITS);

2. решение задач в более общей постановке: как правило, это задачи комбинаторной оптимизации (КО) различного вида (задача коммивояжера, задача о ранце, задача о раскраске графа и др.). В рамках данной статьи рассматривается задача планирования конфигурации ТЛС, которую можно отнести к данному направлению.

Прорыв в результативности решения прикладных задач формирования ТЛС с применением ИНС возник с появлением глубоких ИНС [Ketabchi Haghighat at al., 2020; Nguyen at al., 2018]. Практически всё многообразие глубоких архитектур ИНС находит применение в транспортно-логистических системах – многослойные полносвязные сети прямого распространения [Hu, 2020], сверточные сети [Khajeh Hosseini, Talebpour, 2019], рекуррентные ИНС [Liu at al., 2017; Zhang, Kabuka, 2018], автоэнкодеры [Dong at al., 2018; El Natri, Boumhidi, 2018.], генеративно-состязательные сети [Sun at al., 2021; Yilun at al.,

2019], трансформеры [Goyal at al., 2023; Liang at al., 2022]. Также широко используется обучение с подкреплением [Genders, Razavi, 2018; Shi at al., 2018].

С помощью ИНС решаются задачи предсказания различных характеристик состояния транспортных линий [Huang at al., 2014; Hu at al., 2020; Sun at al., 2021], распознавания визуальных образов (от идентификации отдельных элементов транспортной инфраструктуры до комплексных систем оценки дорожной ситуации в беспилотных транспортных средствах [Dairi at al., 2017]), управление работой светофоров [Liang at al., 2019] и предсказание спроса (пассажиропотока) в рамках публичных ТЛС.

С другой стороны, задачи формирования (планирования) ТЛС носят более формальный характер и сводятся к тем или иным задачам комбинаторной оптимизации (задача коммивояжера, укладка ранца, раскраска графа и т. п.). Эти задачи относятся к NP-трудным [Bengio at al., 2020]. Существует большое количество алгоритмов решения задач КО в различных постановках, но для их применения в реальной ситуации, как правило, необходима подстройка параметров алгоритма и/или задачи для снижения вычислительной сложности или улучшения качества решения. В результате многократного решения схожих задач, таким образом, накапливается некоторая «коллективная интуиция», что открывает возможность автоматизации процессов генерации упомянутых эвристик с помощью машинного обучения (в частности – с помощью ИНС).

В работе [Bengio at al., 2020] приведен анализ возможных направлений применения методов машинного обучения (МО) для решения задач комбинаторной оптимизации и выделено два основных направления применения методов МО: (а) аппроксимация известного алгоритма с целью уменьшения вычислительной сложности задачи и (б) поиск новых «политик» решения задачи – выбор алгоритма и/или его параметров, обеспечивающих наибольший положительный эффект.

С точки зрения места МО в общем процессе поиска решения комбинаторной задачи выделяются три основных варианта использования моделей машинного обучения:

1. обучение модели непосредственно поиску решения – используется в простых, хорошо формализованных задачах [Bello at al., 2016];
2. модель МО используется для формирования дополнительной информации, используемой затем при решении задачи КО, например, параметризации алгоритма [Bonami at al., 2018; Kruber at al., 2017];
3. модель МО используется параллельно с основным алгоритмом поиска для решения частных подзадач [Lodi, Zarpellon, 2017].

Таким образом, можно заключить, что искусственные нейронные сети находят широкое применение при решении задач формирования и управления ТЛС. При этом основным фактором, ограничивающим возможность широкого применения машинного обучения для решения задач формирования и управления, является отсутствие достаточного объема наблюдений, позволяющего сформировать обучающие выборки для тренировки моделей МО в условиях большого числа параметров модели.

В связи с этим, в рамках данной работы прорабатывался вопрос создания гибридной технологии формирования эффективных ТЛС на основе комбинированного применения генеративно-сопоставительных искусственных нейронных сетей (GAN) и имитационного моделирования. Концепция решения заключается в том, чтобы с помощью GAN, натренированных на упрощенных моделях ТЛС и обучающих прецедентах малого объема, формировать «правдоподобные» (упрощенные) конфигурации ТЛС, которые затем оцениваются по более точной имитационной модели с учетом уже всех значимых ограничений предметной области и взаимосвязей параметров модели, а также по заданным критериям эффективности. Конфигурации, прошедшие проверку на допустимость, предъявляются эксперту для окончательной их оценки с точки зрения заданных критериев эффективности (в общем случае, таковых может быть несколько). Схема предлагаемого подхода представлена на рис. 1.

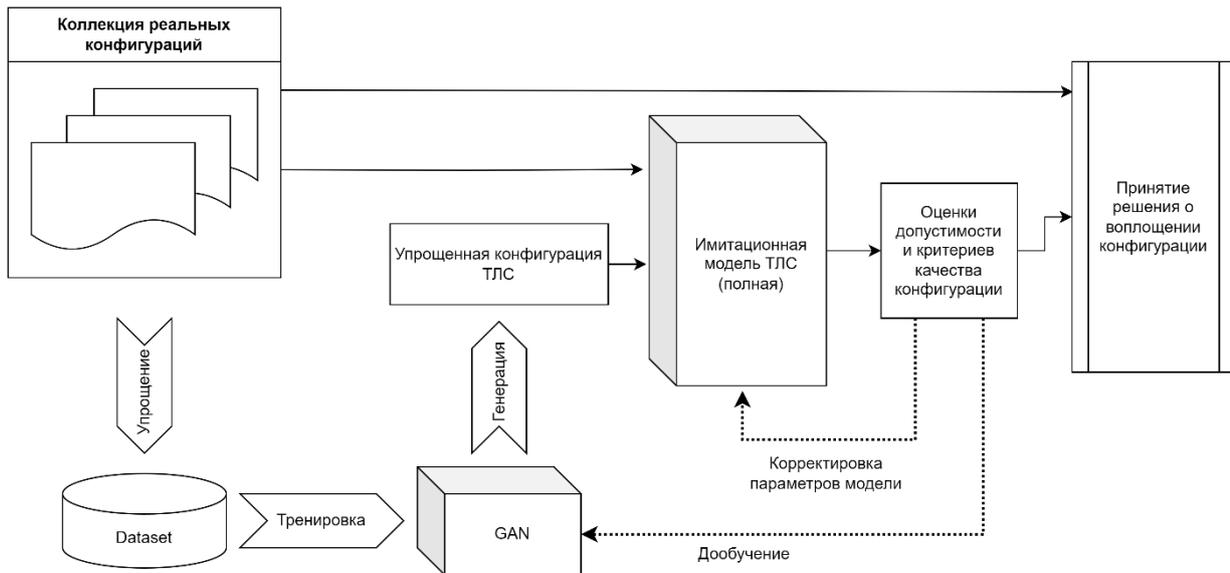


Рис. 1. Схема комбинированного подхода к формированию ТЛС
 Fig. 1. Combined approach scheme for the formation of a transport and logistics system

Формализация задачи управления транспортной логистикой крупной компании

В самом общем виде задача управления транспортно-логистической системой формулируется следующим образом. Имеется множество элементов транспортно-логистической системы O , в качестве которых могут рассматриваться компоненты подвижного состава, транспортные линии, грузы, планы перевозок и другие элементы, образующие составные части некоторой конфигурации ТЛС s из множества всевозможных конфигураций S :

$$s : B(O) \rightarrow S,$$

где $B(O)$ – булеан множества O .

На множестве конфигураций заданы функции, определяющие критерий качества ТЛС и ограничения на допустимые конфигурации:

$$c : S \rightarrow R,$$

$$r_i : S \rightarrow \{0,1\},$$

где R – множество возможных значений критерия качества (как правило, это вещественные числа, но возможны и иные формулировки критерия, имеющие областью значений множества с заданным на них отношением порядка);

$r_i, i = \overline{1, N}$ – множество функций, возвращающих признак допустимости конфигурации – 0 или 1;

N – общее количество ограничений.

Задача формирования ТЛС заключается в том, чтобы найти s , доставляющее экстремум функции c и удовлетворяющее ограничениям r_i .

В зависимости от вида критерия и рассматриваемых в рамках задачи видах объектов O , выделяются различные подклассы данной задачи.

В качестве примера прикладной задачи формирования и управления транспортно-логистическими системами рассматривалась прикладная задача управления железнодорожной логистикой крупной компании. В рассматриваемом случае задачу можно отнести к разновидности задач маршрутизации запасов (Inventory Routing Problem, IRP) [Bertazzi, Speranza, 2012] с неограниченным дополнительным ресурсом. Рассмотрим формальную постановку задачи.



Дано множество подвижных средств (ПС) C , каждый из которых характеризуется текущим местоположением (локацией), состоянием (порожний/тип груза; доступен/движение в направлении локации x , и т. д.), техническими параметрами. При этом компания располагает некоторым множеством собственных подвижных средств и неограниченным количеством арендованных ПС. Дано множество локаций L . Дан план отгрузки (Shipment plan) продукции и сырья из локаций в виде записей, задающих транзакцию перевозки:

$$\langle l^s, l^d, cargo_type, volume, date1, date2, options \rangle,$$

где $l^s, l^d \in L$ – локация отправления (source) и назначения (destination) соответственно; прочие компоненты – тип груза, объем, даты отправки и прибытия, опции. В качестве опций могут быть явно заданы требования к типу ПС, необходимых для перевозки соответствующего груза (например, контейнеровоз).

Каждое ПС может находиться в одном из состояний, описываемых набором свойств:

$$S^1 \text{ – движение с грузом: } S^1(c) = \langle l^s, l^f, t^s, t^d, cargo_type, volume \rangle;$$

$$S^2 \text{ – движение без груза: } S^2(c) = \langle l^s, l^f, t^s, t^d \rangle;$$

$$S^3 \text{ – готовность (ожидание без груза): } S^3(c) = \langle l, t^s, t^f \rangle;$$

$$S^4 \text{ – стоянка с грузом: } S^4(c) = \langle l, t^s, t^f, cargo_type, volume \rangle;$$

$$S^5 \text{ – ремонт: } S^5(c) = \langle l, t^s, t^f \rangle;$$

S^6 – за пределами ТЛС (наемное ПС выведено из аренды; собственное ПС отправлено в утиль и т. п.).

Для удобства введем обозначение: $property(object)$ – значение свойства «property» объекта «object» в момент времени t . Например, $t^s(S(c))$ – начальное время нахождения ПС c в состоянии S .

Необходимо сформировать последовательность ежедневных планов перевозок на временной горизонт T . План перевозок с горизонтом T в момент времени t – это множество последовательностей состояний подвижных средств, задействованных в плане:

$$P^{t,T} = \{p^{t,T}(c_i)\},$$

где

$\{c_i\}$ – множество ПС, задействованных в плане $P^{t,T}$;

$$p^{t,T}(c_i) = \{S_1(c_i), S_2(c_i), \dots, S_N(c_i)\};$$

$$t^s(S_j(c_i)) = t^f(S_{j-1}(c_i)), t^s(S_1(c_i)) \leq t < t^s(S_2(c_i)), t^f(S_N(c_i)) \geq t + T \geq t^s(S_{N+1}(c_i)). \quad (1)$$

Условие (1) определяет «связность» (каждое следующее состояние начинается сразу же по завершении текущего) последовательности состояний i -го ПС, а также положение границ плана на оси времени относительно начального и конечного состояний ПС.

Далее приведена формальная постановка задачи маршрутизации запасов с неограниченным дополнительным ресурсом в виде оптимизационной задачи. При этом сделано упрощение – тип и объем перевозимого груза считается одинаковым для всех состояний ПС.

Параметры размерности задачи:

- int: N – количество ПС, являющихся объектами управления;
- int: K – горизонт планирования, в днях;
- int: L – количество локаций.

Управляемые переменные (decision variables):

- $X = \{x_{ij}\}$ – матрица $N \times K, i = \overline{1, N}, j = \overline{1, K}$, каждый элемент которой – это структура

вида:

$$x_{ij} = \langle ls, lf \rangle,$$

где

ls – стартовая локация;

lf – конечная локация.

При этом для вагонов, не находящихся в движении, справедливо равенство $ls=lf$.

Запись вида $state(x)$, $ls(x)$, ... или $x.state$, $x.ls$, ... интерпретируется как значение соответствующего поля структуры x .

Элемент матрицы – это состояние вагона i в день j .

- X_0 – начальная матрица X («базовый» план перевозок).

Параметры (general variables):

- const int: $price$ – цена перевозки 1 ПС на «дистанцию» 1 день;

- const int: $rent$ – стоимость аренды 1 ПС в день;

- const int: u – среднее время, требуемое на погрузку/разгрузку ПС;

- int: $T = \{T^{kl}\}$ – симметричная матрица $L \times L$ с нулевой диагональю (альтернативная

запись: $T(l^k, l^l) = T^{kl}$) – матрица «расстояний» между локациями;

- int: $D = \{D_{klj}\}$ – 3-мерная матрица $L \times L \times K$ с нулевой диагональю – потребность в ПС в день j в локациях k , предназначенных к отправке в локацию l ;

- int: $S(X) = \{S_j^k\}$ – матрица $L \times K$ – количество ПС x_{ij} в локациях k в день j (вспомогательная структура, производная от X), где

$$S_j^k = \sum_i [x_{ij}.ls = x_{ij}.lf = k], j = \overline{1, K}, k = \overline{1, L}.$$

Здесь и далее [...] – скобка Айверсона;

- int: $C = \{C^{kl}\}$ – симметричная матрица $L \times L$ с нулевой диагональю (альтернативная запись: $C(l^k, l^l) = C^{kl}$), $C^{kl} = price * T^{kl}$ – матрица стоимости перегона между локациями k и l (предполагаем, что стоимость линейно зависит от расстояния);

- $\hat{S}_j^{kl}(X) = \sum_i [x_{ij}.lf \neq x_{i,j-1}.lf] [x_{ij}.ls = k] [x_{ij}.lf = l] [k \neq l]$ – количество собственных вагонов, стартовавших в день j из локаций k в локацию l ;

- int: $R(X) = \{R_j^{kl}\}$ – 3-мерная матрица $L \times L \times K$ – количество арендованных вагонов, отправленных из локаций k в локацию l в день j , при этом:

$$R_j^{kl} = \begin{cases} D_j^{kl} - \hat{S}_j^{kl}, & \text{если } D_j^{kl} - \hat{S}_j^{kl} \geq 0; \\ 0, & \text{если } D_j^{kl} - \hat{S}_j^{kl} < 0 \end{cases};$$

- $Cost(X) = \sum_{i,j} C(x_{ij}.ls, x_{ij}.lf) [x_{ij}.lf \neq x_{i,j-1}.lf]$ – стоимость реализации транспортного плана;

- $Rent(X, D) = \sum_{j,k,l} 2 * (C^{kl} + rent) * T^{kl} * R_j^{kl}, j = \overline{1, K}; k, l = \overline{1, L}$ – суммарная стоимость аренды ПС при заданном транспортном плане (предполагается, что арендованные ПС всегда возвращаются в станцию отправления).

Ограничения:

- $x_{ij}.lf \neq x_{i,j-1}.lf \rightarrow \bar{x}_{ij} = \bar{x}_{i,j+1} = \dots = \bar{x}_{i,j+m}$, где $m = T(x_{ij}(ls), x_{ij}(lf))$ – если состояние ПС меняется, то оно сохраняется до достижения конечной локации;

- $(x_{ij}.state = 1 \text{ and } x_{i,j-1}.state = 0 \text{ and } x_{ij}.ls = k \text{ and } x_{ij}.lf = l) \rightarrow x_{i,j+C^{kl}}.ls = x_{i,j+C^{kl}+u}.ls = l$ – если ПС стартовал из локаций k в локацию l , то по прибытии в l (через C^{kl} дней) его стартовая локация должна быть равна l и сохраняться таковой еще u дней после финиша (u – время на разгрузку);



- $not \exists x_{ik}^0 : (k < j \wedge x_{ik}^0 \cdot ls = x_{ik}^0 \cdot lf), j = \overline{1, K} \rightarrow x_{ij} \cdot ls = x_{ij}^0 \cdot ls, x_{ij} \cdot lf = x_{ij}^0 \cdot lf$ – правило

генерации «стартовых» ограничений для движущихся ПС.

При этом производится минимизация целевой функции $F_g(X)$ суммарных затрат на реализацию транспортного плана:

$$F_g(X) = Cost(X) + Rent(X) \xrightarrow{X} \min .$$

В качестве подхода к решению такого типа задачи можно использовать парадигму программирования в ограничениях (constraint programming) [Küçük, Topaloglu Yildiz, 2022]. В этом случае условие на минимизацию целевой функции суммарной стоимости реализации транспортного плана можно заменить на ограничение следующего вида:

$$Cost(X) + Rent(X) \leq Cost(X^0) - Benefit ,$$

где

$Cost(X^0)$ – стоимость воплощения базового (текущего) плана;

$Benefit$ – желаемый экономический эффект.

Программирование в ограничениях позволяет решать рассматриваемую задачу не только как поиск оптимального решения, но и нахождение множества допустимых решений, удовлетворяющих сформированным ограничениям. Как показывают вычислительные эксперименты, данный подход демонстрирует хорошие результаты на малоразмерных задачах комбинаторной оптимизации. Но с ростом размерности задачи эффективность программирования в ограничениях резко падает.

Как отмечалось ранее, задача формирования ТЛС имеет высокую комбинаторную сложность, что ограничивает возможность применения прямых методов поиска оптимального или даже допустимого решения. Вместе с тем в ряде случаев прикладная задача заключается не в формировании ТЛС «с чистого листа», а в поиске возможных улучшений в смысле заданного критерия уже существующей системы. Таким образом, на практике обычно имеется сформированный в результате опыта эксплуатации набор наблюдений (прецедентов), что создает предпосылки для использования машинного обучения с целью поиска оптимальных или улучшенных вариантов конфигурации ТЛС.

Имитационное моделирование транспортно-логистических систем (на примере внешней железнодорожной логистики предприятия)

В рамках имитационного блока гибридной технологии синтеза транспортно-логистических систем предполагается использование комбинации нескольких подходов:

1. агентное моделирование (представление структуры модели);
2. системная динамика (для имитации процессов накопления и изменения балансов);
3. дискретно-событийное моделирование (для описания поведения агентов и взаимодействия объектов модели между собой).

В рамках реализации технологии был разработан прототип имитационной модели внешней железнодорожной логистики крупной компании. Для создания модели использовалась инструментальная среда Anylogic 8.7 и ее специализированные библиотеки (ж/д транспорт и управление процессами). На рис. 2 представлена общая схема работы имитационной модели. Внешние данные (план-график, ограничения и пр.) считываются при инициализации модели из внешней базы данных. Работа модели заканчивается, когда все данные о маршрутах обработаны и визуализированы в соответствии с временным распределением или в случае соответствующего выбора пользователя при возникновении ошибки.

В модели используются 8 типов агентов, представляющих различные компоненты ТЛС. Отношение агентов модели представлено в диаграмме классов (рис. 3).



Рис. 2. Общая схема работы имитационной модели
 Fig. 2. General workflow scheme of a simulation model

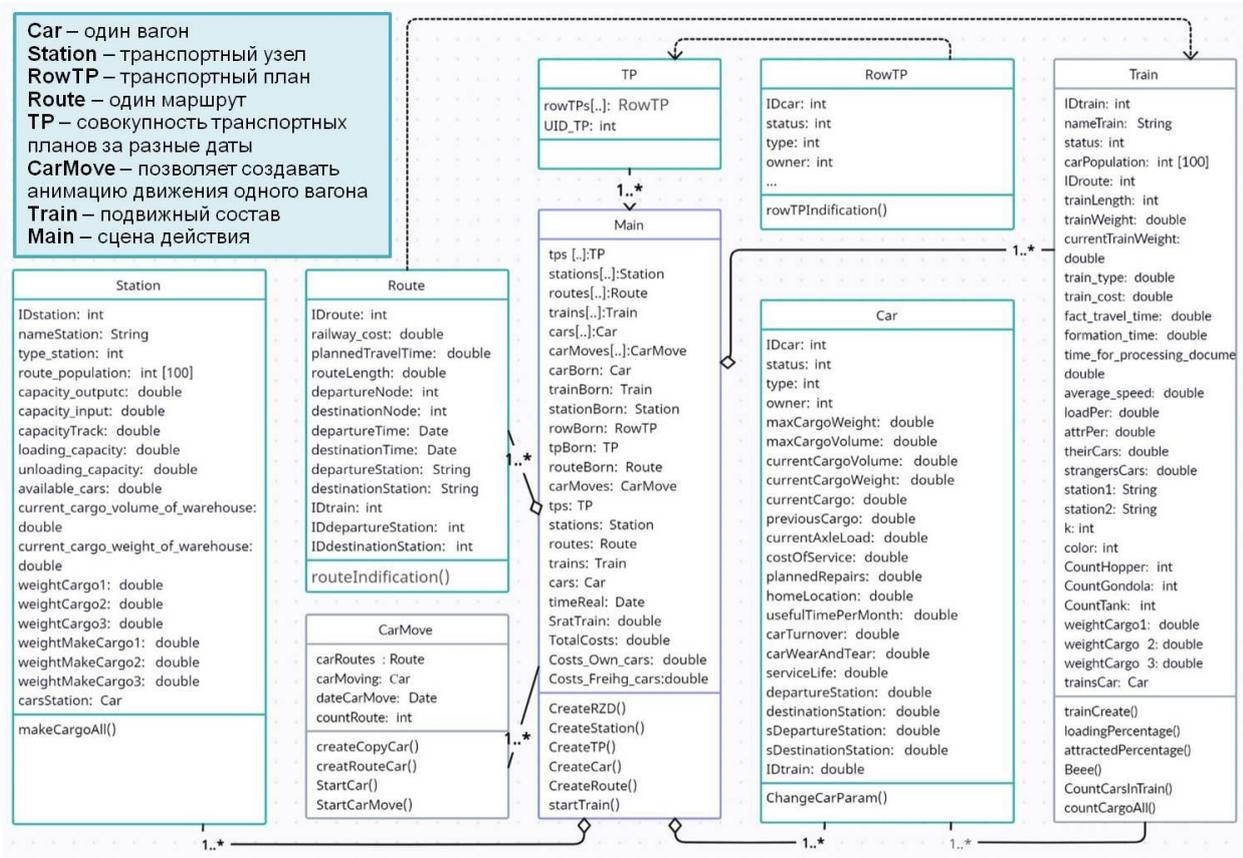


Рис. 3. Представление диаграммы классов модели
 Fig. 3. Class diagram of a simulation model

Графический интерфейс разработанного прототипа имитационной модели представляет из себя интерактивную схему (рис. 4) расположения транспортных узлов и путей между ними.

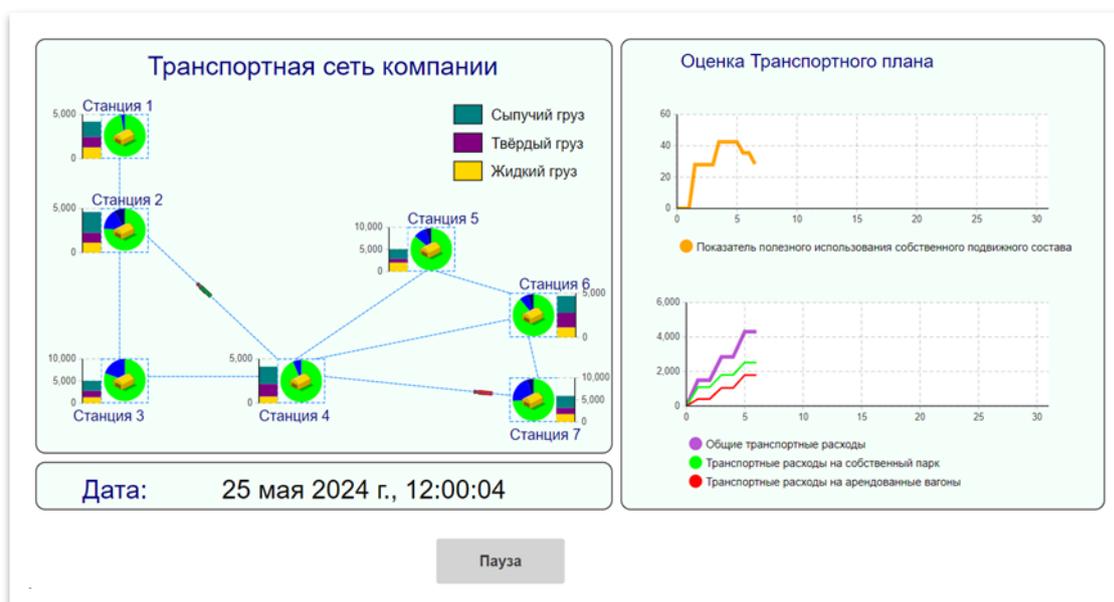


Рис. 4. Графический интерфейс модели (агент Main)
 Fig. 4. Graphical User Interface of the model (agent Main)

Интерактивный графический интерфейс разработан для агентов *Main*, *Car*, *Station*, *Train*. Для визуального изображения данных используются различные виды графиков и диаграмм. Навигация между элементами интерфейса осуществляется с помощью интерактивных кнопок.

Разработанная имитационная модель позволяет оператору контролировать корректность и качество моделируемой конфигурации ТЛС. Наряду с визуальным контролем обеспечивается проверка ограничений модели на каждом шаге моделирования и, в случае их нарушения, выдается предупреждающее сообщение. На следующих этапах работы над проектом планируется реализовать функцию автоматической локальной оптимизации отдельных параметров моделируемой конфигурации ТЛС с помощью метода Монте-Карло.

Заключение

Искусственные нейронные сети различных архитектур находят широкое применение при решении задач формирования и управления транспортно-логистическими системами. При этом ИНС используются для решения задач как в прикладной (управление отдельными компонентами ТЛС), так и в общей постановке (решение задач комбинаторной оптимизации).

Общей проблемой использования ИНС в задачах формирования и управления ТЛС является высокая сложность задачи при малом количестве наблюдений. Для решения этой проблемы предложена двухэтапная гибридная технология применения генеративно-состязательных сетей для комбинаторной оптимизации на примере задач транспортной логистики.

На первом этапе технологии осуществляется генерация допустимых конфигураций транспортно-логистических систем, представленных в упрощенном виде, с помощью генеративно-состязательной сети, натренированной на имеющихся прецедентах реализации ТЛС в прошлом. На втором этапе осуществляется проверка сгенерированных

вариантов конфигурации на имитационной модели с учетом всего комплекса значимых параметров и ограничений ТЛС.

Сдерживающим фактором для использования МО является малое количество имеющихся прецедентов на фоне большого числа параметров модели. Возможным решением представляется использование многоэтапного подхода: упрощение модели (снижение числа параметров) до уровня, адекватного объему имеющихся наблюдений, генерация на ее основе упрощенных решений и их финальная проверка с помощью имитационного моделирования.

Список литературы

- Bello I., Pham H., Le Q., Norouzi M., Bengio S. 2016. Neural Combinatorial Optimization with Reinforcement Learning, Under review as a conference paper at ICLR 2017, arXiv.
- Bengio Y., Lodi A., Prouvost A. 2020. Machine Learning for Combinatorial Optimization: a Methodological Tour d'Horizon, *European Journal of Operational Research*, 290(2): 405–421.
- Bertazzi L., Speranza M.G. 2012. Inventory routing problems: An introduction, *EURO Journal on Transportation and Logistics*, 1: 307–326.
- Bonami P., Lodi A., Zarpellon G. 2018. Learning a Classification of Mixed-Integer Quadratic Programming Problems, *Integration of Constraint Programming, Artificial Intelligence, and Operations Research*: 595–604.
- Dairi A., Harrou F., Mohamed S., Sun Y. 2017. Unsupervised obstacle detection in driving environments using deep-learning-based stereovision, *Robotics and Autonomous Systems*, 100: 287–301.
- Dong C., Shao C., Xiong Z. 2018. An Improved Deep Learning Model for Traffic Crash Prediction, *Journal of Advanced Transportation*, 2018: 1–13.
- El Hatri C., Boumhidi J. 2018. Fuzzy deep learning based urban traffic incident detection, *Cognitive Systems Research*, 50: 206–213.
- Genders W., Razavi S. 2018. Evaluating reinforcement learning state representations for adaptive traffic signal control, *Procedia Computer Science*, 130: 26–33.
- Goyal A., Bhatia A., Yadav A., Sharma D. K. 2023. Misbehavior Detection in Cooperative Intelligent Transportation Systems using Temporal Fusion Transformer, *Proceedings of the 24th International Conference on Distributed Computing and Networking (ICDCN '23)*. Association for Computing Machinery: 431–437.
- Hu W.-C., Wu H.-T., Cho H.-H., Tseng F.-H. 2020. Optimal Route Planning System for Logistics Vehicles Based on Artificial Intelligence, *Journal of Internet Technology*, 21(3): 757–764.
- Huang W., Song G., Hong H., Xie K., 2014, Deep Architecture for Traffic Flow Prediction: Deep Belief Networks With Multitask Learning, *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* 15(5): 2191–2201.
- Ketabchi Haghighat A., Ravichandra Mouli V., Chakraborty P., Esfandiari Y., Arabi, S., Sharma A. 2020. Applications of Deep Learning in Intelligent Transportation Systems, *Journal of Big Data Analytics in Transportation*, 2(11): 115–145.
- Khajeh Hosseini M., Talebpour A. 2019. Traffic Prediction using Time-Space Diagram: A Convolutional Neural Network Approach, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2673(1): 425–435.
- Kruber M., Lübbecke M.E., Parmentier A. 2017. Learning When to Use a Decomposition, *Integration of AI and OR Techniques in Constraint Programming*: 202–210.
- Küçük M., Topaloglu Yildiz S. 2022. Constraint programming-based solution approaches for three-dimensional loading capacitated vehicle routing problems, *Computers & Industrial Engineering*, 171: 108505.
- Liang J., Zhu H., Zhang E., Zhang J. 2022. Stargazer: A Transformer-based Driver Action Detection System for Intelligent Transportation, *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*: 3159–3166.
- Liang X., Du X., Wang G., Han Z. 2019. A Deep Reinforcement Learning Network for Traffic Light Cycle Control, *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 68(2): 1243–1253.
- Liu Y., Wang Y., Yang X., Zhang L. 2017. Short-term travel time prediction by deep learning: A comparison of different LSTM-DNN models, *IEEE 20th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*: 1–8.



- Lodi A., Zarpellon G. 2017. On learning and branching: a survey, *TOP*, 25(2): 207–236.
- Nguyen H., Kieu M., Wen T. Cai C. 2018. Deep learning methods in transportation domain: A review, *IET Intelligent Transport Systems*, 12(9): 998–1004.
- Shi D., Ding J., Errapotu S., Yue H., Xu W., Zhou X., Pan M., 2018, Q-Network Based Route Scheduling for Transportation Network Company Vehicles, *IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM) 2018 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM)*: 1–7.
- Sun T., Sun B., Jiang Z.-H., Hao R., Xie J. 2021. Traffic Flow Online Prediction Based on a Generative Adversarial Network with Multi-Source Data, *Sustainability*, 13: 12188.
- Yilun L., Dai X., Li L. 2019. Pattern Sensitive Prediction of Traffic Flow Based on Generative Adversarial Framework, *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 20: 2395–2400.
- Zhang D., Kabuka M. 2018. Combining Weather Condition Data to Predict Traffic Flow: A GRU Based Deep Learning Approach, *IET Intelligent Transport Systems*, 12(7): 578–585.

References

- Bello I., Pham H., Le Q., Norouzi M., Bengio S. 2016. Neural Combinatorial Optimization with Reinforcement Learning, Under review as a conference paper at ICLR 2017, arXiv.
- Bengio Y., Lodi A., Prouvost A. 2020. Machine Learning for Combinatorial Optimization: a Methodological Tour d'Horizon, *European Journal of Operational Research*, 290(2): 405–421.
- Bertazzi L., Speranza M.G. 2012. Inventory routing problems: An introduction, *EURO Journal on Transportation and Logistics*, 1: 307–326.
- Bonami P., Lodi A., Zarpellon G. 2018. Learning a Classification of Mixed-Integer Quadratic Programming Problems, *Integration of Constraint Programming, Artificial Intelligence, and Operations Research*: 595–604.
- Dairi A., Harrou F., Mohamed S., Sun Y. 2017. Unsupervised obstacle detection in driving environments using deep-learning-based stereovision, *Robotics and Autonomous Systems*, 100: 287–301.
- Dong C., Shao C., Xiong Z. 2018. An Improved Deep Learning Model for Traffic Crash Prediction, *Journal of Advanced Transportation*, 2018: 1–13.
- El Hatri C., Boumhidi J. 2018. Fuzzy deep learning based urban traffic incident detection, *Cognitive Systems Research*, 50: 206–213.
- Genders W., Razavi S. 2018. Evaluating reinforcement learning state representations for adaptive traffic signal control, *Procedia Computer Science*, 130: 26–33.
- Goyal A., Bhatia A., Yadav A., Sharma D. K. 2023. Misbehavior Detection in Cooperative Intelligent Transportation Systems using Temporal Fusion Transformer, *Proceedings of the 24th International Conference on Distributed Computing and Networking (ICDCN '23)*. Association for Computing Machinery: 431–437.
- Hu W.-C., Wu H.-T., Cho H.-H., Tseng F.-H. 2020. Optimal Route Planning System for Logistics Vehicles Based on Artificial Intelligence, *Journal of Internet Technology*, 21(3): 757–764.
- Huang W., Song G., Hong H., Xie K., 2014, Deep Architecture for Traffic Flow Prediction: Deep Belief Networks With Multitask Learning, *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* 15(5): 2191–2201.
- Ketabchi Haghghat A., Ravichandra Mouli V., Chakraborty P., Esfandiari Y., Arabi, S., Sharma A. 2020. Applications of Deep Learning in Intelligent Transportation Systems, *Journal of Big Data Analytics in Transportation*, 2(11): 115–145.
- Khajeh Hosseini M., Talebpour A. 2019. Traffic Prediction using Time-Space Diagram: A Convolutional Neural Network Approach, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2673(1): 425–435.
- Kruber M., Lübbecke M.E., Parmentier A. 2017. Learning When to Use a Decomposition, *Integration of AI and OR Techniques in Constraint Programming*: 202–210.
- Küçük M., Topaloglu Yildiz S. 2022. Constraint programming-based solution approaches for three-dimensional loading capacitated vehicle routing problems, *Computers & Industrial Engineering*, 171: 108505.
- Liang J., Zhu H., Zhang E., Zhang J. 2022. Stargazer: A Transformer-based Driver Action Detection System for Intelligent Transportation, *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*: 3159–3166.
- Liang X., Du X., Wang G., Han Z. 2019. A Deep Reinforcement Learning Network for Traffic Light Cycle

- Control, *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 68(2): 1243–1253.
- Liu Y., Wang Y., Yang X., Zhang L. 2017. Short-term travel time prediction by deep learning: A comparison of different LSTM-DNN models, *IEEE 20th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*: 1–8.
- Lodi A., Zarpellon G. 2017. On learning and branching: a survey, *TOP*, 25(2): 207–236.
- Nguyen H., Kieu M., Wen T. Cai C. 2018. Deep learning methods in transportation domain: A review, *IET Intelligent Transport Systems*, 12(9): 998–1004.
- Shi D., Ding J., Errapotu S., Yue H., Xu W., Zhou X., Pan M., 2018, Q-Network Based Route Scheduling for Transportation Network Company Vehicles, *IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM) 2018 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM)*: 1–7.
- Sun T., Sun B., Jiang Z.-H., Hao R., Xie J. 2021. Traffic Flow Online Prediction Based on a Generative Adversarial Network with Multi-Source Data, *Sustainability*, 13: 12188.
- Yilun L., Dai X., Li L. 2019. Pattern Sensitive Prediction of Traffic Flow Based on Generative Adversarial Framework, *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 20: 2395–2400.
- Zhang D., Kabuka M. 2018. Combining Weather Condition Data to Predict Traffic Flow: A GRU Based Deep Learning Approach, *IET Intelligent Transport Systems*, 12(7): 578–585.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

Поступила в редакцию 08.07.2024

Поступила после рецензирования 31.08.2024

Принята к публикации 06.09.2024

Received July 08, 2024

Revised August 31, 2024

Accepted September 06, 2024

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Неупокоева Елена Олеговна, стажер-исследователь, Институт информатики и математического моделирования им. В.А. Путилова КНЦ РАН., г. Апатиты, Россия

Быстров Виталий Викторович, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, Институт информатики и математического моделирования им. В.А. Путилова КНЦ РАН., г. Апатиты, Россия

Шишаев Максим Геннадьевич, доктор технических наук, доцент, главный научный сотрудник, Институт информатики и математического моделирования им. В.А. Путилова КНЦ РАН., г. Апатиты, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Elena O. Neupokoeva, Intern Researcher, Putilov Institute for Informatics and Mathematical Modeling of the Federal Research Center “Kola Science Center”, Apatity, Russia

Vitaliy V. Bystrov, Candidate of Technical Sciences, Lead Researcher, Putilov Institute for Informatics and Mathematical Modeling of the Federal Research Center “Kola Science Center”, Apatity, Russia

Maxim G. Shishaev, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Chief Researcher, Putilov Institute for Informatics and Mathematical Modeling of the Federal Research Center “Kola Science Center”, Apatity, Russia

УДК 004.89

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-682-698

Обзор задачи оптимизации планирования строительных работ на основе модели сетевого графа

Омельченко Д. Ю.

Севастопольский государственный университет,
Россия, 299053, г. Севастополь, ул. Университетская, д. 33
E-mail: den2om@mail.ru

Аннотация. На современном этапе развития деятельности человека в сфере строительства более остро возникает вопрос эффективности планирования строительных проектов и скорости их проработки. Существующие методы решения задач планирования в основе опираются на классическое представление строительных проектов в рамках моделей сетевого планирования и управления, а также классические методы решения задачи сетевого планирования. В связи с недостатком исследований на тему применения методов машинного обучения для решения прикладных задач сетевого планирования, в рамках существующего программного комплекса по управлению строительными работами предложен метод преобразования прикладной модели строительного планирования для применения классических методов и методов с использованием машинного обучения. В рамках исследования проведен обзор задачи оптимизации планирования строительного проекта и подготовлен алгоритм преобразования прикладного строительного проекта в модель сетевого графа. Сформулированы основные правила и принципы преобразования моделей с учетом прикладных ограничений, используемых на производстве.

Ключевые слова: сетевое планирование, строительный проект, PERT, сетевая модель, строительная работа, фиктивная работа, модель работа-связь, модель событие-работа, модель событие, задержка

Для цитирования: Омельченко Д.Ю. 2024. Обзор задачи оптимизации планирования строительных работ на основе модели сетевого графа. Экономика. Информатика, 51(3): 682–698. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-682-698

Review of Construction Project Scheduling Optimization Based on Network Graph Model

Denis Y. Omelchenko

Sevastopol State University
33 Universitetskaya St, Sevastopol 299053, Russia
E-mail: den2om@mail.ru

Abstract. At the current stage of the construction industry, effective planning and swift project execution are crucial. Traditional planning methods rely on classical network planning and management models. Due to the lack of research on applying machine learning to network planning, a method has been proposed to transform an applied construction planning model for using both classical and machine learning methods. This study reviews the optimization problem of construction project scheduling and develops an algorithm for converting an applied project into a network graph model. The main rules and principles for model transformation, considering practical constraints in production, are formulated. The construction industry today faces significant challenges in improving the efficiency of project planning and execution speed. Existing methodologies typically rely on classical network planning models. However, there is a gap in research regarding the use of machine learning for network planning. To address this, the proposed method enhances construction management by integrating classical and machine learning approaches for transforming planning models. This research reviews construction project scheduling optimization and introduces an algorithm to convert projects into network graph models, outlining essential transformation rules and principles to accommodate industry constraints.

Keywords: network planning, construction project, PERT, network model, construction work, fictitious work, work-communication model, event-work model, event model, delay

For citation: Omelchenko D.Y. 2024. Review of Construction Project Scheduling Optimization Based on Network Graph Model. Economics. Information technologies, 51(3): 682–698 (in Russian). DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-682-698

Введение

Современные системы управления строительными работами представляют огромное количество возможностей для планирования работ с учетом множества различных параметров. Существует большое количество разнообразных систем планирования и учета выполнения работ. Эти системы выполняют как простые функции – учет материалов и трудовых ресурсов, так и более сложные – определение плана выполнения работ и отслеживание соблюдения сроков выполнения. Во многих существующих сервисах и учетных программах реализованы алгоритмы планирования выполнения работ по заданным критериям. Но в процессе планирования выполнения работ необходимо учитывать не только основные параметры работ, но и особенности задействования трудовых ресурсов.

Задача планирования является одной из самых востребованных в процессе выполнения строительства. От правильности и качества построения плана работ зависит не только скорость строительства, но и итоговое качество выполнения работ, а также эффективность задействования трудовых ресурсов.

Планирование строительных работ относится к методам сетевого планирования и управления (СПУ). Система методов СПУ – система методов планирования разработки крупных комплексов, научных исследований, конструкторских или технологически сложных проектов, состоящих из множества этапов и отдельных элементов путем применения сетевых графов. Основными системами, применяемыми в решении задач СПУ, являются метод критического пути (СРМ) и метод оценки и обзора программы (PERT).

Основные понятия сетевой модели планирования

Система СПУ позволяет формировать календарный план реализации комплекса работ, выявлять резервы времени и ресурсов, осуществлять управление комплексом работ и повышать эффективность управления между руководителями разного уровня управления [Абдуллаев, 2011].

Планирование и оптимизация строительных работ полностью относятся к классу задач сетевого планирования и управления. Рассмотрим подробнее основные понятия СПУ и их применение к рассматриваемой предметной области.

Сетевая модель представляет собой план выполнения некоего комплекса взаимосвязанных работ (операций), заданного в виде сети, графическое отображение которой называется сетевым графом. Особенностью данной модели является четкое определение всех временных взаимосвязей предстоящих работ. Применимо к предметной области строительства сетевой моделью является календарный план-график выполнения строительных работ с учетом временных и ресурсных затрат [Поспелов, Тейман, 1963; Мушруб и др., 2018].

Действительная работа в рамках СПУ полностью соответствует понятию работы предметной области, это протяженный во времени процесс, требующий затраты ресурсов и времени на выполнение.

Работа-ожидание – протяженный во времени процесс, не требующий затрат труда и ресурсов, но имеющий некую длительность. Данный вид работ используется в случаях необходимости введения задержки между событиями графика.

Зависимость (фиктивная работа) – логическая связь между двумя или несколькими работами (событиями), не требующими затрат труда, ресурсов или времени. Зависимость определяет, что возможность выполнения одной работы непосредственно зависит от результатов другой.

Событие – момент завершения какого-либо процесса, отражающий отдельный этап выполнения проекта. Событие может быть результатом отдельной работы или суммарным результатом нескольких работ (этапом), событие может быть совершено только тогда, когда завершены все работы, предшествующие ему. Последующие работы могут начинаться только после того, как событие свершится.

Отсюда двойственный характер событий: для всех непосредственно предшествующих ему работ оно является конечным, а для всех непосредственно следующих за ним – начальным. Среди всех событий сетевой модели выделяют два особых типа – исходное и завершающее. Исходное событие не имеет предшествующих работ и событий, а завершающее не имеет последующих работ и событий [Логунова, Аркулис, 2021].

Выделяют два основных подхода при построении сетевой модели «работы-связи» и «события-работы». Отличием данных моделей является представление графа, в варианте представления «работы-связи» вершинами графа являются непосредственно выполняемые работы, а дугами являются зависимости между работами «рис. 1а». Такое представление удобно для наглядного восприятия и простого понимания конечного пользователя, а также не содержит фиктивные работы.

Альтернативный вариант «события-работы» является вариантом представления события как вершины графа и работы как дуги «рис. 1б». Отличительной чертой является то, что представление «события-работы» может быть значительно оптимизировано путем объединения результатов нескольких связанных работ в этап (событие), тем самым значительно сокращает сложность сети (сложность сети определяется как отношение числа работ к числу событий). На представленном рисунке работы обозначены как R1-R7, а события плана S1-S7.

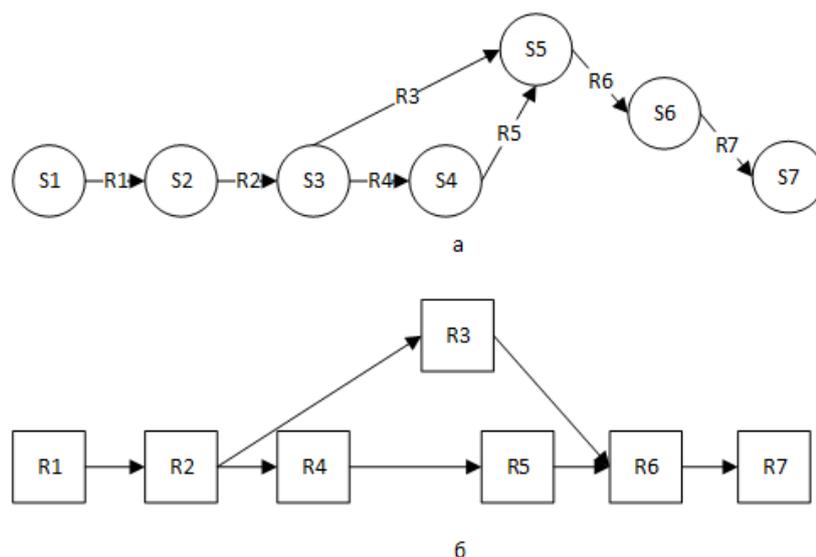


Рис. 1. Варианты представления сетевого графа
Fig. 1. Options for representing a network graph

Оба варианта представления являются взаимосвязанными и могут быть конвертированы в процессе планирования.

Математическая модель сетевого графа

Важнейшее понятие сетевого графа – понятие пути. Путь – любая последовательность работ, в которой конечное событие каждой работы совпадает с начальным событием следующей за ней работы. Путь, который занимает наибольшее количество времени, называется критическим.

Представление сетевого графа не дает наглядного понимания масштаба времени, необходимого для выполнения работ. Для решения данной задачи для малых проектов применяют линейную диаграмму проекта. Данное представление позволяет наглядно оценить критическое время, критический путь и резерв времени для всех работ [Олейникова, 2013].

Рассмотрим расчет временных параметров для событий сетевого графа.

Событие не может наступить раньше, чем свершились все предшествующие работы. Минимальный ранний срок $t_p(i)$ выполнения i -го события определяется продолжительностью максимального пути, предшествующего этому событию:

$$t_p(i) = \max_{L_{ni}} t(L_{ni}),$$

где L_{ni} – любой путь, предшествующий i -му событию, то есть путь от исходного до i -го события сети.

Если событие j имеет несколько путей, а, следовательно, и несколько предшествующих событий i , то ранний срок выполнения события j определяется формулой:

$$t_p(j) = \max_{i,j} [t_p(i) + t(i, j)].$$

Крайний срок выполнения $t_n(i)$ события i равен:

$$t_n(i) = t_{kr} - \max_{L_{ci}} t(L_{ci}),$$

где L_{ci} – любой путь, следующий за i -м событием, то есть путь от этого события до завершающего события сети.

Если событие i имеет несколько последующих путей, а, следовательно, и несколько последующих событий j , тогда поздний срок выполнения события i определяется формулой:

$$t_n(i) = \min_{i,j} [t_n(j) - t(i, j)].$$

Резерв времени $R(i)$ i -го события определяется как разность между поздним и ранним сроками его свершения:

$$R(i) = t_n(i) - t_p(i).$$

Резерв времени отражает, насколько можно задержать выполнение события без нарушения выполнения других работ графика.

Критические работы резерва времени не имеют, любая задержка для такой работы приводит к увеличению задержки для завершающего события.

Следовательно, для определения длины и топологии критического пути сетевого графа не обязательно перебирать все полные пути графа и определять их длины. Определение раннего срока наступления завершающего события сети позволяет определить длину критического пути, а выявление события с нулевым резервом времени определяет топологию критического пути [Кремер и др., 2016].

Временные параметры работ сетевого графа определяются следующим образом.

Ранний срок $t_{pn}(i, j)$ начала работы (i, j) совпадает с ранним сроком наступления начального (предшествующего) события i и определяется соотношением:

$$t_{pn}(i, j) = t_p(i).$$

В таком случае ранний срок $t_{po}(i, j)$ окончания работы (i, j) вычисляется по формуле:

$$t_{po}(i, j) = t_p(i) + t(i, j).$$

При этом необходимо понимать, что ни одна работа не может закончиться позже допустимого позднего срока своего конечного события i . Тогда поздний срок $t_{no}(i, j)$ окончания работы (i, j) определяется соотношением:

$$t_{no}(i, j) = t_s(j),$$

а поздний срок $t_{ns}(i, j)$ начала этой работы – соотношением:

$$t_{ns}(i, j) = t_s(j) - t(i, j).$$

Таким образом, в рамках сетевой модели моменты начала и окончания работы связаны с соседними событиями-ограничениями.

Все некритические пути в сетевом графе обладают резервом времени пути. Резерв времени пути $R(L)$ определяется как разность между длинами критического и рассматриваемого пути:

$$R(L) = t_{kr} - t(L).$$

Данный резерв отражает запас времени, на которое в сумме может быть увеличено время выполнения входящих в него работ без изменения времени выполнения всего проекта. В случае превышения такого изменения полученной разницы путь L становится критическим.

Полный резерв времени $R_n(i, j)$ работы (i, j) показывает, насколько можно увеличить время выполнения данной работы, при условии, что время выполнения всего графика не будет изменено. Данный резерв вычисляется по формуле:

$$R_n(i, j) = t_n(j) - t_p(i) - t(i, j).$$

Частный резерв времени первого вида R_1 работы (i, j) есть часть полного резерва времени, на которую можно увеличить продолжительность работы, не изменив при этом позднего срока ее начального события, которая находится по формулам:

$$R_1(i, j) = t_n(j) - t_n(i) - t(i, j),$$

$$R_1(i, j) = R_n(i, j) - R(i).$$

Частный резерв времени второго вида или свободный резерв времени R_c работы (i, j) представляет часть полного резерва времени, на которую можно увеличить продолжительность работы, не изменяя раннего срока ее окончания. Определяется по формулам:

$$R_c(i, j) = t_p(j) - t_p(i) - t(i, j),$$

$$R_c(i, j) = R_n(i, j) - R(j).$$

Независимый резерв времени $R_f(i, j)$ работы (i, j) – часть полного резерва времени, для случая, когда все предшествующие работы заканчиваются в поздние сроки, а все последующие работы начинаются в ранние сроки:

$$R_f(i, j) = t_p(j) - t_n(i) - t(i, j),$$

$$R_f(i, j) = R_n(i, j) - R(i).$$

Частный резерв времени первого вида может быть использован на увеличение продолжительности данной и последующих работ без затрат резерва времени

предшествующих работ, а свободный резерв времени – на увеличение продолжительности данной и предыдущих работ без нарушения резерва времени последующих работ. Независимый резерв может быть использован только для увеличения продолжительности данной работы [Kelly, Walker, 1959].

Работы, входящие в критический путь, как и события критического пути не имеют резерва времени. По работам без резерва времени может быть определен критический путь.

Дополнительно определим соотношения для проверки расчетов резерва времени отдельных работ.

Если на критическом пути лежит начальное событие i , тогда:

$$R_n(i, j) = R_1(i, j).$$

Если на критическом пути лежит конечное событие j , тогда:

$$R_n(i, j) = R_c(i, j).$$

Если на критическом пути лежат начальное и конечное событие i и j , но сама работа не принадлежит этому пути, то:

$$R_n(i, j) = R_1(i, j) = R_c(i, j) = R_f(i, j).$$

Правила построения сетевого графа

Сетевой граф представляет полную схему выполнения строительного проекта с учетом всех связей и ограничений. С помощью графа выполняется поиск критического пути и резерва времени для выполнения строительного проекта.

При построении сетевого графа необходимо соблюдать ряд правил [Мун, Копту, 2019; Mishakova et al. 2017]:

1. В сетевой модели не должно быть событий, из которых не выходит ни одна работа, кроме завершающего события;
2. В сетевом графе не должно быть событий, у которых нет предшественников, кроме начального события;
3. В сети не должно быть замкнутых контуров и петель, в рамках которых события связаны с самими собой через промежуточные события;
4. Любые два события могут быть связаны только одной работой;
5. В сети рекомендуется иметь только одно исходное и одно завершающее событие.

Для установки зависимостей (связей) между работами для каждой работы задается список работ «предшественников» с указанием типа зависимости между текущей работой и указанным «предшественником». Всего выделено четыре типа зависимостей: окончание-начало, окончание-окончание, начало-начало, начало-окончание [Брусенцова, Смелов, 2011; Ishmetyev E. et al 2016]. Данные типы зависимостей являются упрощенным представлением зависимостей СПУ для конечного пользователя системы, расчет зависимостей завязан в первую очередь на конечные даты планового выполнения работ.

Рассмотрим более подробно типы зависимостей:

1. Окончание-начало (ОН) – дата окончания работы предшественника равна дате начала рассматриваемой работы;
2. Окончание-окончание (ОО) – дата окончания работы предшественника равна дате окончания рассматриваемой работы;
3. Начало-начало (НН) – дата начала работы предшественника равна дате начала текущей работы;
4. Начало-окончание (НО) – дата начала работы предшественника равна дате окончания текущей работы.

Перечисленные зависимости определяют связи между работами в понятной для пользователя терминологии, опираясь на даты выполнения работ для удобства восприятия. Также дополнительно к зависимости может применяться некоторая задержка, которая

Преобразование строительного проекта в сетевой граф

Представление сетевого графика в виде модели «работы-связи» обладает явным преимуществом перед представлением «события-работы» для человеческого восприятия, так как не содержит фиктивных работ и имеет более понятную исполнителю технику построения и перестройки. Но также данный вариант представления имеет ряд недостатков основные из которых громоздкость и сложность решения оптимизационных задач. Показатель сложности сети определяется отношением числа работ к числу событий, как правило существенно больше единицы [Евланников, 2016; Kalugin et al, 2018].

Рассмотрим преобразование представления строительного проекта из варианта «работа-связь» к представлению «событие-работа» на примере упрощенного проекта строительства коттеджного дома.

Рассматриваемый проект состоит из десяти строительных работ, связанных между собой разными зависимостями с задержками. В проекте использованы все виды зависимостей предшественников, для упрощенного восприятия в примере используются только по одному предшественнику для работы, в более сложном проекте каждая работа может иметь количество предшественников $N - 1$, где N – количество работ проекта.

Общее представление проекта строительных работ приведено в табл. 1, рассмотрим подробнее используемые зависимости между работами.

Таблица 1
Table 1

Проект строительных работ
Construction project

Код Code	Работа Work	Длительность Duration	Предшественник Predecessor	Зависимость Addiction	Задержка Delay
1	Проведение полевых исследований	6	2	ОН	-5
2	Получение технического задания	4	0	ОН	0
3	Подготовка основания фундамента	3	3	ОН	0
4	Заливка фундамента	5	3	ОО	5
5	Строительство стен	8	4	ОН	3
6	Сборка кровли	3	5	ОН	0
7	Установка оконных проемов	2	5	НО	7
8	Установка окон	2	7	НН	4
9	Установка дверных проемов	2	5	НО	7
10	Установка дверей	2	9	НН	3

Одним из наиболее удобных способов визуализации строительных проектов является представление в виде диаграммы Ганта, рис. 3, в таком представлении каждая работа проекта представляется на временной шкале как столбец, а связи между работами представлены в виде стрелок.

Рассмотрим процесс построения сетевого графа на примере рассматриваемого строительного проекта.

Введем начальное событие S_0 , которое будет соответствовать началу проекта, это начальная точка графа – единственное событие, которое не имеет предшественника. Также в графе должно быть завершающее событие, которое обозначим SE , данное событие не

имеет следующих за ним работ, предшественником события являются все работы, которые не имеют последователя. Построение графа будет выполняться в несколько итераций.

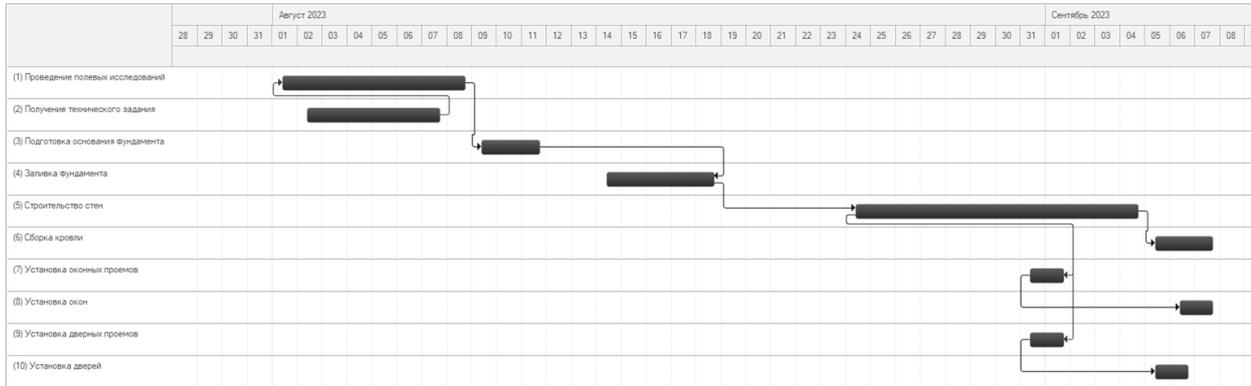


Рис. 3. Диаграмма Ганта строительного проекта
 Fig. 3. Construction Project Gantt Chart

Единственная работа без предшественников в рассматриваемом графике – это работа под номером R2 «Получение технического задания», дата начала данной работы зависит только от начала самого проекта и от фиксированной даты начала, которую устанавливает пользователь. Такая работа имеет ограничение «Фиксированное начало», для реализации на графе такого ограничения необходимо добавить работу задержку от события начала графика S0 до события начала работы S2s, в данном примере длиной 6. Также для работы добавим событие завершения работы S2f, которое соединено с событием старта дугой длиной 4, рис. 4.



Рис. 4. Построение сетевого графа, итерация 2
 Fig. 4. Construction of a network graph iteration 2

Работа под номером R1, имеет прямую зависимость от работы R2, но при этом указана задержка -5 которая больше, чем длительность работы 2 «Получение технического задания». Такой пример связи создает ситуацию что работа последователь начинается и заканчивается позже, чем ее предшественник, что наглядно видно на диаграмме Ганта, рис. 2. Результат добавления работы без преобразования задержки представлен на рис. 5.

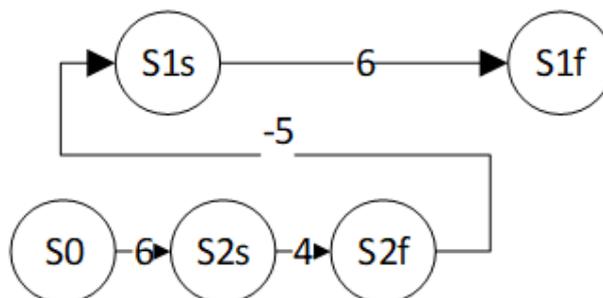


Рис. 5. Построение сетевого графа, итерация 3
 Fig. 5. Construction of a network graph iteration 3

Работа «Подготовка основания фундамента» под номером R3, имеет зависимость от работы 1 и нулевую задержку при связи окончание-начало. В свою очередь работа R4 имеет зависимость окончание-окончание и зависит уже от работы R3 с задержкой, равной 5. Добавим работы по очереди в граф проекта, рис. 6.

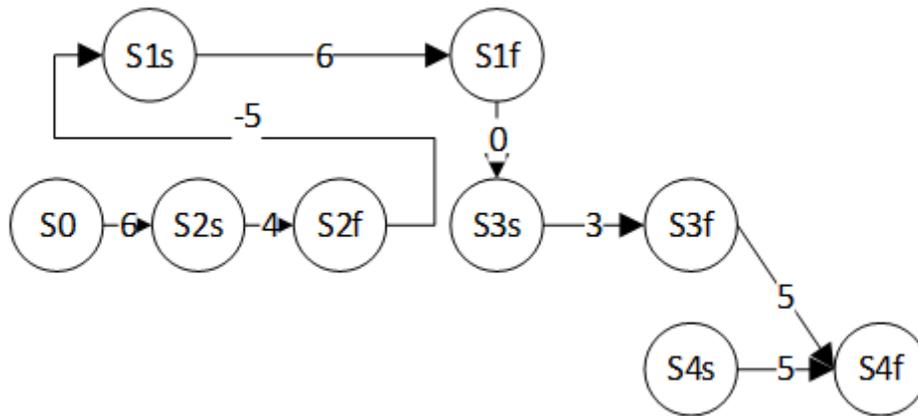


Рис. 6. Построение сетевого графа, итерация 5
Fig. 6. Construction of a network graph iteration 5

Следующая работа R5 «Строительство стен» зависит от работы «Заливка фундамента», но перед началом выполнения работы необходимо дождаться завершения застывания фундамента, поэтому для работы указана задержка, равная 3. На данном этапе имеем три работы без предшественников, которые еще не добавлены в граф, работы R6, R7 и R9.

Работа R6 «Сборка кровли» выполняется без задержки сразу после завершения работы 5. Работа R7 «Установка оконных проемов» и работа R9 «Установка дверных проемов» имеют задержку 7 и тип зависимости начало-окончание, рис. 7.

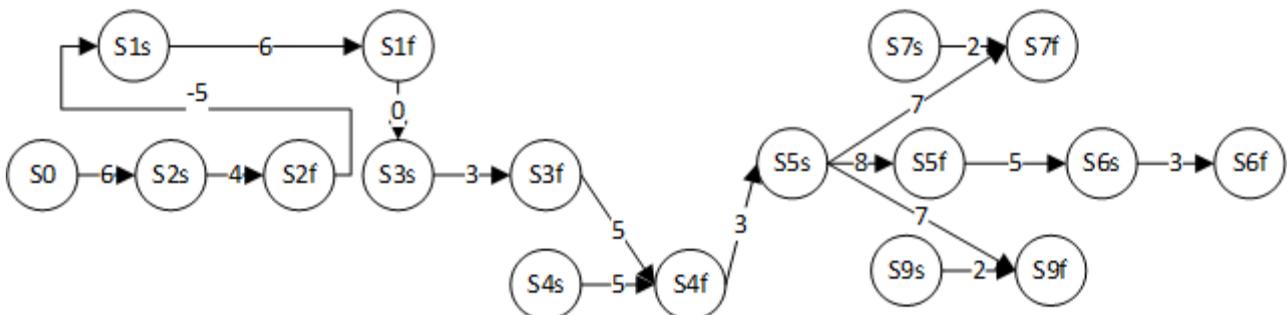


Рис. 7. Построение сетевого графа, итерация 9
Fig. 7. Construction of a network graph iteration 9

Работы без предшественников, которые необходимо добавить в граф, это R8 «Установка окон» и R10 «Установка дверей». Для работы R8 задержка равна 4 при связи начало-начало, для работы R10 задержка 3 и связь начало-начало.

Все работы проекта добавлены в сетевой граф, для работ R8, R6 и R10 нет последующих работ, добавим закрывающее событие SE, связанное с работами. Получим итоговый вариант сетевого графа, рис. 8.

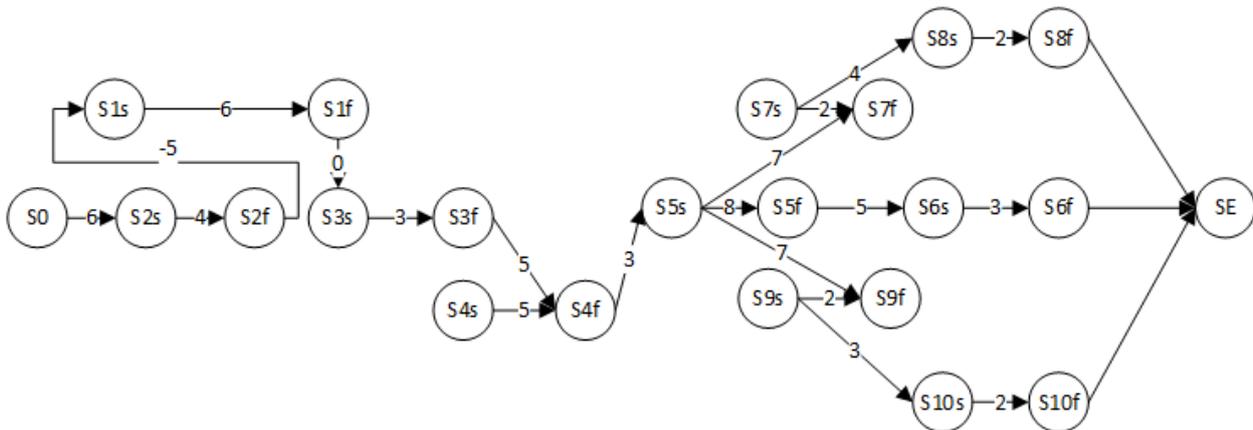


Рис. 8. Итоговый сетевой граф
 Fig. 8. The resulting network graph

Полученный сетевой граф нарушает требования по построению сетевого графа, вершины S4s, S7s и S9s не имеют предшественников. Данные события связаны с работами R4, R7 и R9, у которых установлены типы зависимости НО и ОО. Для устранения таких ситуаций введем правило преобразования для данных типов зависимостей.

Правило преобразования 1: если тип зависимости от работы предшественника НО или ОО – добавляется фиктивная работа НН и ОН соответственно. Длительность новой задержки определяется как задержка минус длительность добавляемой работы, целевым событием становится начало добавляемой работы.

Применим данное преобразование к сетевому графу для устранения нарушения второго правила построения сетевого графа, рис. 9.

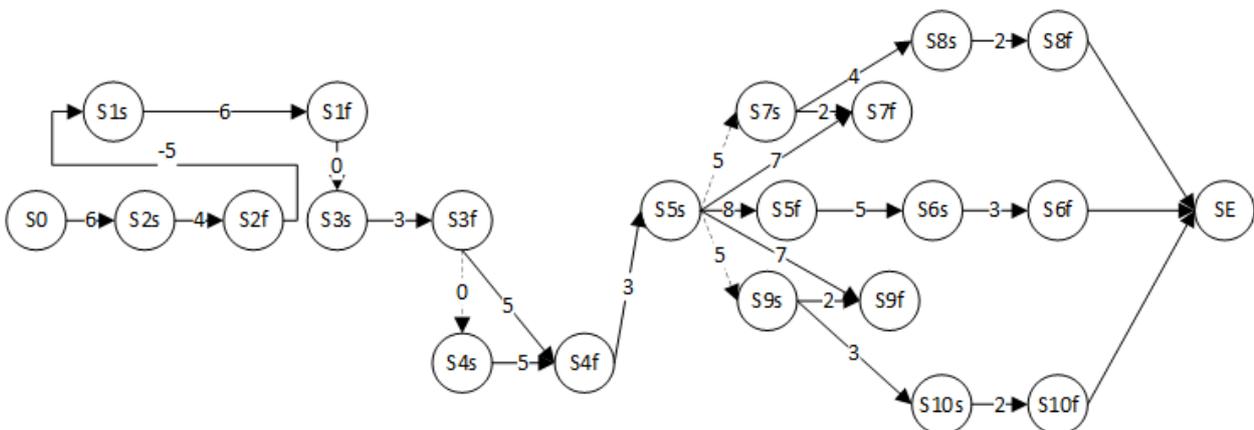


Рис. 9. Преобразование зависимостей НО и ОО
 Fig. 9. Converting NO and OO dependencies

В сетевом графе также нарушено правило, что в сети не должно быть событий, из которых не выходит ни одна из работ, кроме завершающего события, такими событиями в примере являются S7f и S9f. Данным событиям соответствуют работы R7 и R9, работы имеют последователей, которые от них зависят через тип связи НН. Для устранения таких ситуаций введем правило преобразования для данных типов зависимостей.

Правило преобразования 2: если тип зависимости от работы предшественника НН – добавляется фиктивная работа ОН. Длительность новой задержки определяется как задержка существующей связи минус длительность работы предшественника, целевым событием становится начало добавляемой работы.

Применим данное преобразование к сетевому графу для устранения нарушения первого правила построения сетевого графа, рис. 10.

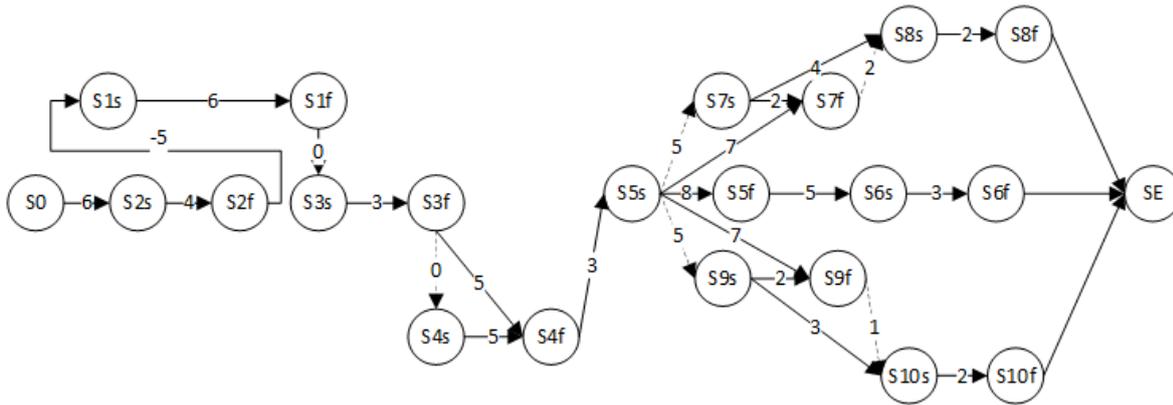


Рис. 10. Преобразование зависимостей НН
Fig. 10. Transforming NN dependencies

Еще одной проблемой в полученном сетевом графе является наличие дуги с отрицательной длиной, существование такой дуги возможно в рамках решения задачи планирования, но противоречит правилам построения сетевого графа, так как длина пути не может быть отрицательной. Для устранения данной проблемы выполним преобразование по следующему правилу.

Правило преобразования 3: если задержка между событиями меньше 0, тогда дуга графа становится запрещенной, для построения маршрута, связь становится условием контроля проекта.

Добавляем новую основную зависимость, если зависимость между работами была ОН или ОО, тогда зависимость добавляемой работы последователя переносится на начальное событие работы предшественника, длина дуги определяется как длительность работы предшественника плюс задержка.

Если зависимость между работами НО или НН, тогда для работы предшественника вводится дополнительное событие перед начальным событием. Длина дуги между новым вспомогательным событием и стартовым событием предшественника равна модулю от отрицательной задержки. От полученного события добавляем зависимость к работе последователю и дугу с длиной 0.

Результат преобразования приведен на рис. 11, тут и в дальнейшем жирными дугами обозначены запрещенные пути, которые являются ограничениями корректного расчета проекта.

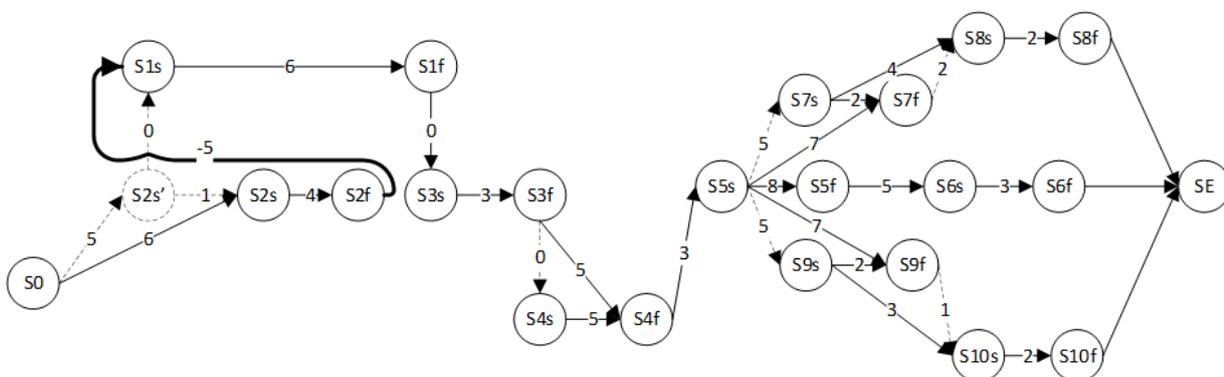


Рис. 11. Преобразование отрицательной задержки
Fig. 11. Negative delay conversion

Полученный сетевой граф может быть использован для поиска кратчайшего пути и оптимизации сетевого графа. Но в рассмотренном примере явно не разобраны

дополнительные ограничения, которые могут быть установлены для работ [Вагулина, Важинский, 2022].

Рассмотрим более подробно, как на сетевом графе должны отражаться зависимости от ограничений, на примере фрагмента сетевого графа, рис. 12.

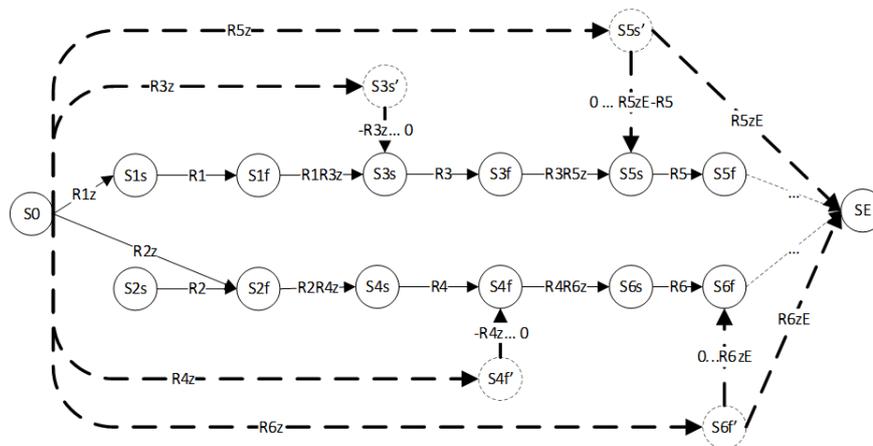


Рис. 12. Представление ограничений по работам на фрагменте сетевого графа
 Fig. 12. Representation of work restrictions on a fragment of a network graph.

Правило преобразования 4: для работы R1 установлено ограничение «Фиксированное начало», для данного ограничения на графе вводится зависимость от начальной точки проекта S0 к начальному событию работы S1s, длина дуги R1z равняется задержке от даты начала проекта до даты ограничения.

Правило преобразования 5: для работы R2 установлено ограничение «Фиксированное окончание», для данного ограничения на графе вводится зависимость от начальной точки проекта S0 к событию окончания S2f работы, длина дуги R2z равняется задержке от даты начала проекта до даты ограничения.

Правило преобразования 6: работа R3 имеет ограничение «Начало не позднее», для данного ограничения необходимо добавить вспомогательное событие S3s', событие соответствует дате ограничения, установленной для работы, которое зависит от начального события проекта. Длина дуги R3z равняется задержке от даты начала проекта до даты ограничения. Между воспитательным событием S3s' и основным S3s устанавливается задержка, которая может принимать значение на интервале от -R3z до 0. Все добавленные события и дуги не могут быть использованы для построения пути, а в графе выполняют роль ограничений.

Работа R4 имеет ограничение «Окончание не позднее», для данного ограничения необходимо добавить вспомогательное событие S4f', событие соответствует дате ограничения, установленной для работы, которое зависит от начального события проекта. Длина дуги R4z равняется задержке от даты начала проекта до даты ограничения. Между воспитательным событием S4f' и основным S4f устанавливается задержка, которая может принимать значение на интервале от -R4z до 0. Все добавленные события и дуги не могут быть использованы для построения пути, а в графе выполняют роль ограничений.

Правило преобразования 7: для работы R5 установлено ограничение «Начало не ранее», для данного ограничения необходимо добавить вспомогательное событие S5s', событие соответствует дате ограничения, установленной для работы, которое зависит от начального события проекта. Длина дуги R5z равняется задержке от даты начала проекта до даты ограничения. Между воспитательным событием S5s' и основным S5s устанавливается задержка, которая может принимать значение на интервале от 0 до R5zE – R5. Где R5zE – время от воспитательного события до завершающего события проекта. Все

добавленные события и дуги не могут быть использованы для построения пути, а в графе выполняют роль ограничений.

Правило преобразования 8: для работы R_6 установлено ограничение «Окончание не ранее», для данного ограничения необходимо добавить вспомогательное событие S_6^f , событие соответствует дате ограничения, установленной для работы, которое зависит от начального события проекта. Длина дуги R_6z равняется задержке от даты начала проекта до даты ограничения. Между воспитательным событием S_6^f и основным S_6 устанавливается задержка, которая может принимать значение на интервале от 0 до R_6zE . Где R_6zE – время от воспитательного события до завершающего события проекта. Все добавленные события и дуги не могут быть использованы для построения пути, а в графе выполняют роль ограничений.

Ограничение «Как можно позже» является стандартным и естественным ограничением, которое говорит о том, что мы должны учитывать самый поздний вариант начала работы от всех предшественников работы. Ограничение «Как можно раньше» приводит к игнорированию всех предшественников, кроме самого раннего предшественника. Данные ограничения на графе не отражаются, а заносятся как дополнительные свойства начинающего события S_N для работы R_N .

Общий алгоритм построения сетевого графа выглядит следующим образом:

1. Инициация начального события S_0 и закрывающее событие SE .
2. Выборка работы R_N , у которой нет предшественников, которые не внесены в граф.
3. Добавление работы R_N в граф с соблюдением задержек от предшественников и длины работ.
4. Применение преобразования ограничений по правилам преобразования 4–8.
5. Преобразование отрицательных задержек, если есть такие для работы.
6. Устранение нарушений правил формирования по правилам преобразования 1–3.
7. Ищем работу в списке всех предшественников для всех работ, если работа не является предшественником для любой из работ – добавляем связь с закрывающим событием SE .
8. Если есть работы, не включенные в сетевой граф, переходим к пункту 2, иначе пункт 9.
9. Завершение построения сетевого графа.

Таким образом, выполняется переход от представления строительного проекта «работа-связь» к виду «событие-работа». Полученный сетевой граф является основой для решения задач сетевой оптимизации различными методами.

Заключение

В рамках статьи рассмотрена постановка задачи сетевой оптимизации для решения задачи планирования строительных работ. Рассмотрены существующие прикладные ограничения на базе существующего программного продукта для управления строительным производством, применяемые при планировании строительных работ.

Определены базовые принципы преобразования прикладных строительных проектов в сетевые графы планирования. Сформулированы правила построения сетевого графа для строительного проекта и подготовлены правила преобразования нестандартных ограничений на выполнение работ.

В статье рассмотрен пример преобразования прикладного строительного проекта в сетевой граф с приходом представления строительного проекта от вида «работа-связь» к виду «событие-работа». Выделены ключевые этапы преобразования и сложности при работе с дополнительными ограничениями, вводимыми на реальных строительных проектах. В рамках исследования разработан алгоритм преобразования строительного проекта в сетевой граф с учетом ограничений и правил, вводимых в рамках строительного проекта. Сформулированы правила преобразования ограничений и нестандартных связей вида «работа-связь» в «событие-работа».

Перспективами дальнейшего развития исследований является разработка формальной математической модели преобразования и оптимизации сетевого графа с использованием классических методов оптимизации PERT. А также оценки применимости методов машинного обучения для решения задач сетевой оптимизации на примере планирования строительных работ.

Список литературы

- Абдуллаев Г.И. 2011. Влияние организационно-технологических факторов на эффективность управления строительством сооружений. *Инженерно-строительный журнал*. № 2: 52–54.
- Бовтеев С.В., Еременко В.П. 2004. Управление проектами в строительстве. СПб: Государственный архитектурно-строительный ун-т, 424.
- Брусенцова Т.П., Смелов В.В. 2011. Управление проектами в Microsoft Project. Минск: БГТУ, 160.
- Булавчук А.М., Семенова Д.В. 2022. Календарное планирование инвестиционных проектов в условиях ограниченности ресурсов и неопределённости. *Вестник Томского государственного университета. Экономика*. № 59: 261–274.
- Быстров М.И. 2005. Планирование производства в корпоративной информационной системе и задача объемно-календарного планирования. *Вестник Волжской государственной академии водного транспорта*. № 14: 135–141.
- Вагулина А.А., Важинский В.А., Королев А.С. 2022. Модели и алгоритмы принятия решений при управлении портфелем проектов капитального строительства. *International Journal of Open Information Technologies*. № 8: 121–128.
- Дубровская Т.А., Кравченко И.Н., Стрижак А.И. 2021. Особенности применения программного обеспечения Microsoft Project при расчете календарного плана строительства. *Современные технологии. Системный анализ. Моделирование*. № 4: 212–224.
- Евланников Д.Л. 2016. Инженерный подход к календарному планированию этапа комплексной отладки программного обеспечения информационно-управляющих систем. *Системы управления и обработки информации*. Вып. 1(32): 66–73.
- Исследование операций в экономике: учебник для академического бакалавриата. 2016. Н.Ш. Кремер, Б.А. Путько, И.М. Тришин, М.Н. Фридман, под ред. Н.Ш. Кремера. 3 изд. Москва: Юрайт, 438.
- Логунова О.С., Аркулис М.Б. 2021. Автоматизированная система оперативного календарного планирования многостадийного производства: математическая модель и программная реализация. *Вестник Череповецкого государственного университета*. № 102: 18–37.
- Мун Де Ен, Копту Л.И. 2019. Система сетевого планирования и управления в современной экономике. *Colloquium-journal*. № 26: С. 176–178. doi:10.24411/2520-6990-2019-10970
- Мушруб В.А., Соболев В.Н., Фомин Г.П. 2018. О сокращении длительности проекта без увеличения затрат. *Инновации и инвестиции*. № 8: 265–270.
- Олейникова С.А. 2013. Критический анализ метода PERT решения задачи управления проектами со случайной длительностью выполнения работ. *Системы управления и информационные технологии*. № 51: 20–24.
- Поспелов Г.С., Тейман А.И. 1963. Автоматизация процессов управления разработками больших систем и сложных комплексов. *Известия АН СССР, Техническая кибернетика*. № 4: 60–79.
- Kalugin, Yu.B., Romanov R.S. 2018. Scheduling workflows for scattered objects. *Magazine of Civil Engineering*, 84: 29–40.
- Mishakova, A.V., Vakhrushkina A.V., Anishchenko D.R., Tatarkina Y.A., 2017. Program evaluation and review technique as the tool for time control. *Magazine of Civil Engineering*, 72: 12–19.
- Ishmetyev E.N., Logunova O.S., Volshchukov Y.N., Makashov P.L., Barankov V.V., Filippov E.G. 2016. On the aspect of implementing solutions for information support of industrial plant control systems. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 85(5-8): 1779–1791.
- Kelly J.E., Walker M.R. 1959. Critical Path Planning Scheduling. *Proceedings of the Eastern Joint Computer Conference*, Dec. 1-3, 160–173.

References

- Abdullaev G.I. 2011. Vliyanie organizatsionno-tekhnologicheskikh faktorov na effektivnost' upravleniya stroitel'stvom sooruzheniy [The influence of organizational and technological factors on the

- effectiveness of construction management]. *Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal* [Civil Engineering Magazine]. № 2: 52–54.
- Bovteev S.V., Eremenko V.P. 2004. *Upravlenie proektami v stroitel'stve* [Project management in construction]. SPb: Gosudarstvennyy arkhitekturno-stroitel'nyy un-t, 424.
- Brusentsova T.P., Smelov V.V. 2011. *Upravlenie proektami v microsoft project* [Project management in microsoft project]. Minsk: BGTU, 160.
- Bulavchuk A.M., Semenova D.V. 2022. *Kalendarnoe planirovanie investitsionnykh proektov v usloviyakh ogranichennosti resursov i neopredelennosti* [Calendar planning of investment projects in conditions of limited resources and uncertainty]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomika* [Bulletin of Tomsk State University. Economy]. № 59: 261–274.
- Bystrov M.I. 2005. *Planirovanie proizvodstva v korporativnoy informatsionnoy sisteme i zadacha ob'emno-kalendarnogo planirovaniya* [Production planning in a corporate information system and the task of volume and calendar planning]. *Vestnik Volzhskoy gosudarstvennoy akademii vodnogo transporta* [Bulletin of the Volga State Academy of Water Transport]. № 14: 135–141.
- Vagulina A.A., Vazhinskiy V.A., Korolev A.S. 2022. *Modeli i algoritmy prinyatiya resheniy pri upravlenii portfelem proektov kapital'nogo stroitel'stva* [Models and algorithms of decision-making in the management of a portfolio of capital construction projects]. *International Journal of Open Information Technologies*. № 8: 121–128.
- Dubrovskaya T.A., Kravchenya I.N., Strizhak A.I. 2021. *Osobennosti primeneniya programmnogo obespecheniya microsoft project pri raschete kalendarnogo plana stroitel'stva* [Features of using microsoft project software in calculating the construction schedule]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyy analiz. Modelirovanie* [Modern technologies. System analysis. Modeling]. № 4: 212–224.
- Evlannikov D.L. 2016. *Inzhenernyy podkhod k kalendarnomu planirovaniyu etapa kompleksnoy otladki programmnogo obespecheniya informatsionno-upravlyayushchikh system* [An engineering approach to the scheduling of the stage of complex debugging of information management systems software]. *Sistemy upravleniya i obrabotki informatsii* [Information management and processing systems]. 1(32): 66–73.
- Issledovanie operatsiy v ekonomike: uchebnik dlya akademicheskogo bakalavriata* [Operations Research in Economics: Textbook for Academic Undergraduate Studies]. 2016. N.Sh. Kremer, B.A. Putko, I.M. Trishin, M.N. Fridman, Edited by N.Sh. Kremera. 3 edition Moskva: Yurayt, 438.
- Logunova O.S., Arkulis M.B. 2021. *Avtomatizirovannaya sistema operativnogo kalendarnogo planirovaniya mnogostadiynogo proizvodstva: matematicheskaya model' i programmnaya realizatsiya* [Automated system of operational scheduling of multistage production: mathematical model and software implementation]. *Vestnik Cherepovetskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Cherepovets State University]. № 102: 18–37.
- Mun De En, Koptu L.I. 2019. *Sistema setevogo planirovaniya i upravleniya v sovremennoy ekonomiki* [Network planning and management system in the modern economy]. *Colloquium-journal*. № 26: 176–178. doi:10.24411/2520-6990-2019-10970
- Mushrub V.A., Sobolev V.N., Fomin G.P. 2018. *O sokrashchenii dlitel'nosti proekta bez uvelicheniya zatrat* [About reducing the duration of the project without increasing costs]. *Innovatsii i investitsii* [Innovation and investment]. № 8: 265–270.
- Oleynikova S.A. 2013. *Kriticheskiy analiz metoda PERT resheniya zadachi upravleniya proektami so sluchaynoy dlitel'nost'yu vypolneniya rabot* [A critical analysis of the PERT method for solving the problem of project management with a random duration of work]. *Sistemy upravleniya i informatsionnye tekhnologii* [Management systems and information technology]. № 51: 20–24.
- Pospelov G.S., Teyman A.I. 1963. *Avtomatizatsiya protsessov upravleniya razrabotkami bol'shikh sistem i slozhnykh kompleksov* [Automation of development management processes for large systems and complex complexes]. *Izvestiya AN SSSR, Tekhnicheskaya kibernetika* [Izvestia of the USSR Academy of Sciences, Technical Cybernetics]. № 4: 60–79.
- Kalugin, Yu.B., Romanov R.S. 2018. *Scheduling workflows for scattered objects*. *Magazine of Civil Engineering*, 84: 29–40.
- Mishakova, A.V., Vakhrushkina A.V., Anishchenko D.R., Tatarkina Y.A., 2017. *Program evaluation and review technique as the tool for time control*. *Magazine of Civil Engineering*, 72: 12–19.
- Ishmetyev E.N., Logunova O.S., Volshchukov Y.N., Makashov P.L., Barankov V.V., Filippov E.G. 2016. *On the aspect of implementing solutions for information support of industrial plant control systems*. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 85(5-8): 1779–1791.



Kelly J.E., Walker M.R. 1959. Critical Path Planning Scheduling. Proceedings of the Eastern Joint Computer Conference, Dec. 1-3, 160–173.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

Поступила в редакцию 08.07.2024

Received July 08, 2024

Поступила после рецензирования 29.08.2024

Revised August 29, 2024

Принята к публикации 06.09.2024

Accepted September 06, 2024

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Омельченко Денис Юрьевич, аспирант кафедры информационных технологий и компьютерных систем, Севастопольский государственный университет, г. Севастополь, Россия

Denis Y. Omelchenko, Postgraduate Student of the Department of Information Technologies and Computer Systems, Sevastopol State University, Sevastopol, Russia

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ SYSTEM ANALYSIS AND PROCESSING OF KNOWLEDGE

УДК 004.89

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-699-709

Использование метода RAG и больших языковых моделей в интеллектуальных образовательных экосистемах

¹ Оболенский Д.М., ² Шевченко В.И.

¹ ООО «Новые технологии», Россия, 299053, г. Севастополь, ул. Острякова, 98

² Севастопольский государственный университет,

Россия, 299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33

E-mail: denismaster@outlook.com, VIShevchenko@sevsu.ru

Аннотация. В статье рассматривается использование метода Retrieval-Augmented Generation (RAG) и больших языковых моделей в интеллектуальных образовательных экосистемах. Предложено использование больших языковых моделей для улучшения представления образовательных ресурсов, вакансий и предпочтений пользователей в рекомендательных системах. Рассмотрено применение метода RAG для дополнения знаний больших языковых моделей новыми данными без дополнительного обучения. В примере реализации в интеллектуальной образовательной экосистеме показано применение библиотеки langchain, языковой модели GigaChat и векторной СУБД Qdrant с использованием описаний вакансий и образовательных ресурсов для генерации дружелюбного для пользователя описания рынка труда в соответствии с его запросом.

Ключевые слова: RAG, LLM, интеллектуальная образовательная экосистема, большие языковые модели, python, langchain

Для цитирования: Оболенский Д.М., Шевченко В.И. 2024. Использование метода RAG и больших языковых моделей в интеллектуальных образовательных экосистемах. Экономика. Информатика, 51(3): 699–709. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-699-709

Application of Large Language Models and the RAG in Intelligent Educational Ecosystems

¹ Denis M. Obolensky, ² Victoria I. Shevchenko

¹ New Technologies LLC

98 Ostryakova St, Sevastopol 299053, Russia

² Sevastopol State University,

33 Universitetskaya St, Sevastopol 299053, Russia

E-mail: denismaster@outlook.com, VIShevchenko@sevsu.ru

Abstract. The article discusses the usage of the Retrieval-Augmented Generation (RAG) algorithm and large language models in intelligent educational ecosystems. The authors demonstrate the ability of large language models to improve the representation of educational resources, vacancies and user preferences in recommendation systems. The application of the RAG algorithm to supplement the knowledge of large language models with new data without additional training is considered. The example of implementation in an intelligent educational ecosystem shows the use of the Langchain library, the GigaChat large language model and the Qdrant vector database with jobs and educational resources descriptions to generate a user-friendly description of the labor market in accordance with his request.

Keywords: RAG, LLM, intelligent educational ecosystem, large language models, python, Langchain

For citation: Obolensky D.M., Shevchenko V.I. 2024. Application of Large Language Models and the RAG in Intelligent Educational Ecosystems. Economics. Information technologies, 51(3): 699–709. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-699-709

Введение

Образовательные экосистемы, согласно исследованию Бабкина А.В и др. [Бабкин и др., 2022] – одно из наиболее многообещающих направлений развития дистанционного образования. Это комплексная среда, предоставляющая персонализированные образовательные ресурсы и услуги, которые позволяют эффективно поддерживать и совершенствовать образовательный процесс. Экосистема объединяет преподавателей, студентов, родителей, организации, работодателей и другие заинтересованные стороны в едином информационном, образовательном и технологическом пространстве.

В качестве дополнения и улучшения существующих моделей была предложена концепция интеллектуальной образовательной экосистемы (ИОЭ) [Оболенский, Шевченко, 2019; Оболенский, Шевченко, 2020]. Она представлена на рис. 1.

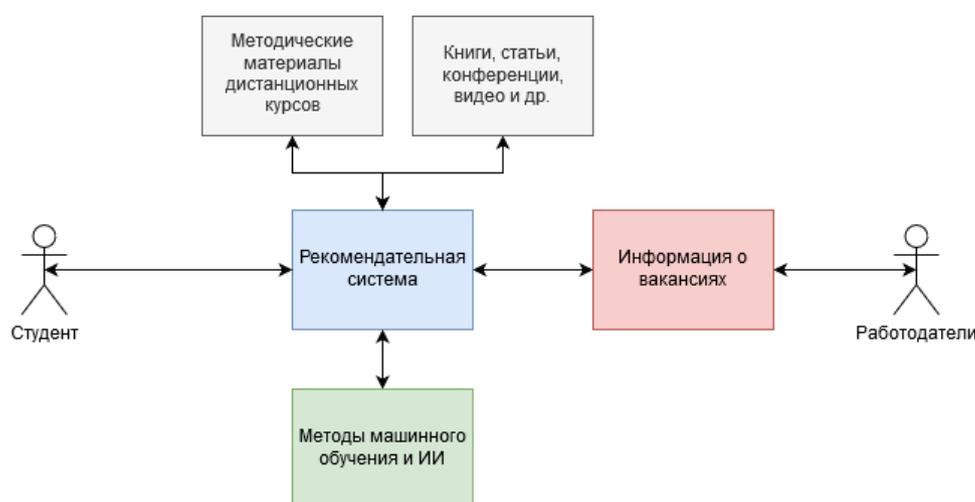


Рис. 1. Концептуальная модель ИОЭ
Fig. 1. Conceptual model of IEE

Предложенная ИОЭ включает в себя следующие элементы:

- существующую современную модель образовательной экосистемы, включающую системы управления обучением, возможности дистанционных курсов, образовательные материалы курсов и дополнительные ресурсы (книги, статьи, видео и т. д.);
- модель обучающегося, информацию о его интересах, возможностях и компетенциях;
- требования работодателя, представляющие текущее состояние рынка труда и запросы работодателей в виде информации о вакансиях;
- рекомендательную систему, связывающую вышеперечисленные элементы в единое образовательное пространство [Оболенский, Шевченко, 2019].

Рекомендательные системы на основе контента – это тип рекомендательной системы, которая предлагает некоторые элементы пользователям на основе характеристик других элементов, предпочитаемых пользователями [Оболенский, Шевченко, 2021]. В системе контентных рекомендаций элементы представлены в виде набора характеристик или атрибутов. Рекомендации составляются на основе метрики сходства между

характеристиками элементов и предпочтениями пользователей. Схема работы простейшей рекомендательной системы представлена на рис. 2.

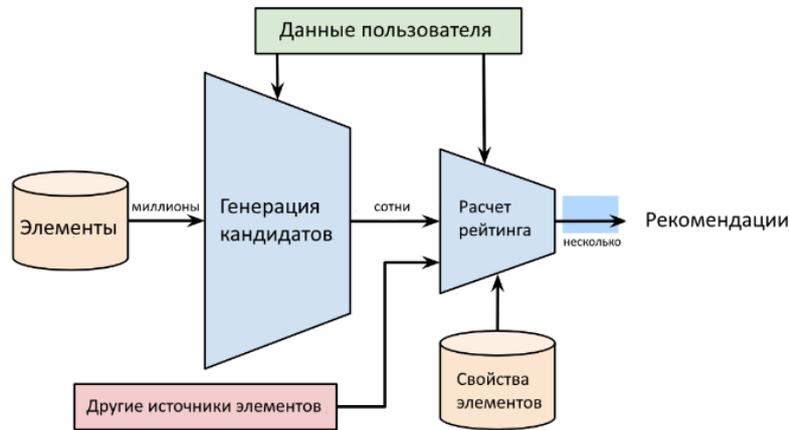


Рис. 2. Схема работы рекомендательной системы
Fig. 2. The scheme of the recommendation system

Большие языковые модели (БЯМ, Large Language Models, LLM) – это семейство мощных генеративных нейронных сетей на архитектуре «трансформер» [Vaswani et al, 2017], обученных на огромном объеме текстовых данных [Мальшев, Смирнов, 2024]. Архитектура LLM представлена на рис. 3. Они используются для генерации текста, классификации и выполнения других задач обработки естественного языка. Примерами таких моделей являются BERT [Devlin, Chang, Toutanova, 2019], GPT-4 от компании OpenAI [Achiam et al, 2023], модель YandexGPT от компании Yandex [YandexGPT 3, 2024] и GigaChat от компании Сбер [Мальшев, Смирнов, 2024; GigaChat, 2024].

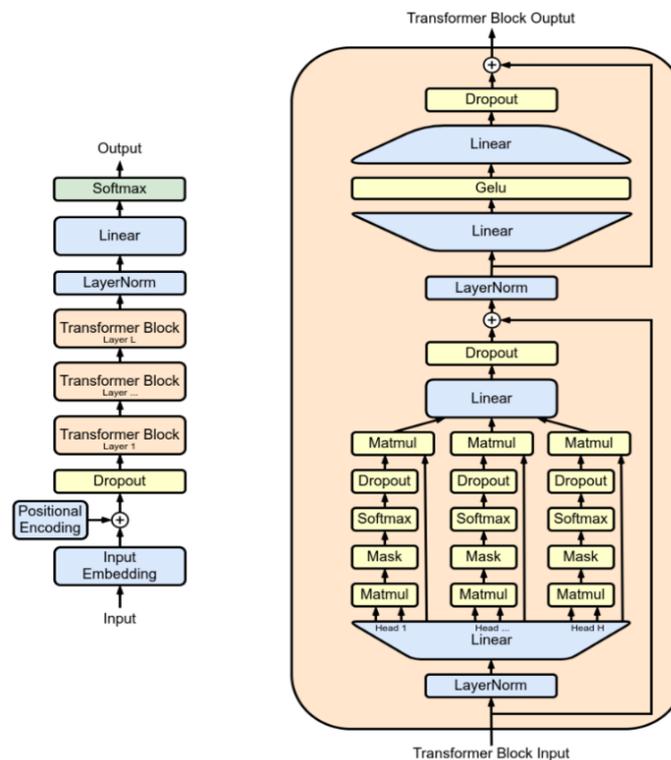


Рис. 3. Архитектура нейронной сети «Трансформер»
Fig. 3. The architecture of the neural network "Transformer"

Большие языковые модели могут использоваться в системах рекомендаций на основе контента для улучшения представления элементов и пользователей. LLM, такие как GPT-3, BERT или GigaChat также могут генерировать высококачественные векторные представления для некоторого текста с помощью специальных embedding-моделей. Эти векторные представления, также называемые embedding-векторами, улавливают семантическое значение текста, его контекст. Для представления элементов и пользователей в рекомендательных системах, например, в образовательных экосистемах, можно использовать текстовые описания элементов и предпочтений пользователя, а также embedding-вектора на их основе.

Важную роль в работе БЯМ, например, YandexGPT или GigaChat, играет prompt-сообщение [Zhou et al, 2022]. Prompt-сообщение подает на вход нейросети вместе с данными пользовательского ввода и используется моделью для генерации ответа. Prompt-сообщение непосредственно влияет на процесс генерации цепочки токенов [Zhou et al, 2022] при помощи алгоритма авторегрессии и влияет на содержание, стиль и структуру сгенерированных выходных данных.

При работе с БЯМ пользователи или разработчики системы обычно вводят некоторое системное prompt-сообщение, в котором указывается контекст, вопрос или задача, на которые они хотят, чтобы модель ответила. Prompt-сообщение может представлять собой одно предложение, абзац или даже более длинный фрагмент текста, в зависимости от сложности желаемого ответа. Модель использует информацию, предоставленную в prompt-сообщении, для генерации наиболее релевантного ответа, который соответствует заданным входным данным [Zhou et al, 2022].

С другой стороны, prompt-сообщения могут расширять контекст нейросети, дополняя ее новыми данными, на которых она не была обучена. Одним из наиболее широко используемых способов расширения контекста и знаний модели с использованием prompt-сообщений является метод Retrieval-Augmented Generation (RAG) [Gao et al, 2023; Lewis et al, 2020].

Использование метода RAG совместно с большими языковыми моделями

Метод RAG [Lewis et al, 2020] объединяет в себе поиск данных, расширение найденными данными контекста и генерацию. Данный подход был представлен исследователями в 2020 году для устранения ограничений традиционных БЯМ, таких как GPT-3, при решении сложных задач поиска информации.

При использовании метода RAG большая языковая модель, например, GigaChat, дополняется механизмом поиска, который позволяет ей получать доступ к внешним источникам знаний. Этот механизм поиска позволяет модели извлекать соответствующую информацию из базы знаний или корпуса документов перед генерированием ответа. Метод RAG основан на концепции few-shot learning [Brown et al, 2020]. Метод RAG используется в задаче улучшения способности модели генерировать релевантные, информативные и фактически точные ответы с помощью тех данных, на которых она не была обучена [Gao et al, 2023]. Схема работы алгоритма RAG представлена на рис. 4.

Важной особенностью данного подхода является отсутствие необходимости какого-либо обучения модели [Radford, 2019]. Так как большие языковые модели содержат миллиарды параметров, их обучение занимает значительное количество аппаратных, временных и финансовых ресурсов [Shoeybi et al, 2019]. При использовании метода RAG дополнительное обучение не требуется, достаточно просто дополнить модель новыми данными в стандартном prompt-сообщении.

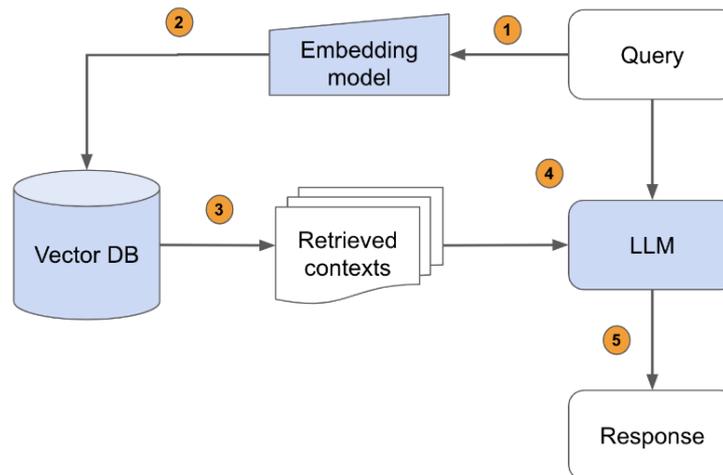


Рис. 4. Схема работы метода RAG
Fig. 4. The scheme of operation of the RAG method

Метод RAG устроен следующим образом (рис. 4):

1. пользователь вводит в систему некоторый запрос;
2. запрос пользователя конвертируется с помощью специальной embedding-модели в векторное представление (embedding-вектор) [Keraghel et al, 2024];
3. используется специальное хранилище embedding-векторов и метрики сходства для поиска наиболее схожих на запрос пользователя embedding-векторов;
4. исходный запрос пользователя, а также исходные контексты, связанные с найденными на шаге 3 embedding-векторами, используются как дополнительные prompt-сообщения в LLM, дополняя и расширяя контекст модели;
5. модель, используя дополненный новыми данными контекст, возвращает некоторый результат пользователю в виде дружелюбного текста.

Для реализации хранилища векторов часто используются дополнительные корпуса документов, базы знаний, векторные СУБД, например, Weaviate [Weaviate, 2024] или Qdrant [Qdrant, 2024], а также графовые базы данных, например, Neo4J [Neo4J, 2024].

Векторная база данных – это особый тип NoSQL-базы данных, оптимизированный для хранения и запроса многомерных числовых векторов [Qdrant, 2024]. Векторные базы данных предназначены для эффективного хранения, индексации и запроса векторных данных, что делает их хорошо подходящими для приложений, связанных с поиском сходства, кластеризацией, классификацией и другими задачами, требующими анализа многомерных данных и манипулирования ими. Эти базы данных обычно используются в таких областях, как машинное обучение, обработка естественного языка, обработка изображений, рекомендательные системы и многое другое. Каждая коллекция векторов связана с embedding-моделью и представляет собой некоторое векторное пространство [Keraghel et al, 2024] (рис. 5.).

Для реализации семантического поиска [Mikolov, 2013] векторов в векторных базах данных можно использовать различные метрики для измерения сходства [Shadab, Subhajit, 2020] между векторами, например:

1. **Косинусное расстояние.** Косинусная мера сходства измеряет косинус угла между двумя embedding-векторами. Значения данной метрики варьируются от -1 (полностью противоположное) до 1 (идентичное).
2. **Евклидово расстояние.** Евклидово расстояние вычисляет расстояние по прямой между двумя embedding-векторами в многомерном пространстве. Меньшие расстояния указывают на большее сходство [Shadab, Subhajit, 2020].
3. **Метрика L1.** Данная метрика вычисляет сумму абсолютных различий между координатами двух векторов. Данная мера сходства основана на сумме различий по каждому измерению [Mikolov, 2013].

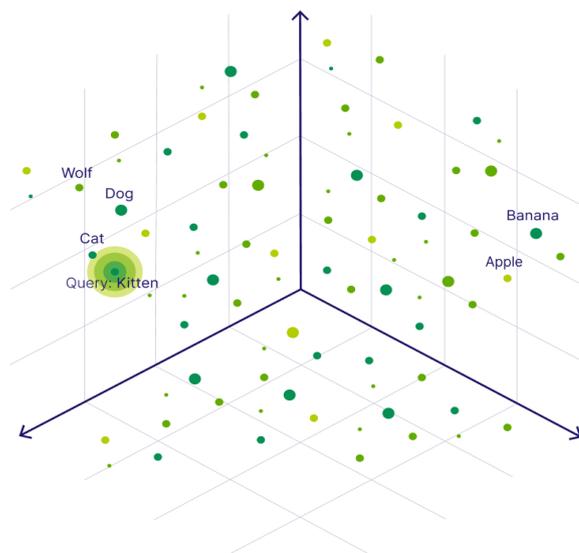


Рис. 5. Пример векторного пространства, используемого в рекомендательных системах
Fig. 5. An example of a vector space used in recommendation systems

Выбор метрики зависит от конкретных характеристик данных и желаемого поведения системы семантического поиска.

Метод RAG также может использовать и другие источники информации, например, графовые СУБД [Linyao et al, 2023; Linhao et al, 2023]. Примерами современных техник улучшения метода RAG являются генерация запросов к графовым СУБД с помощью БЯМ [Bowen et al, 2023], генерация дополнительных вопросов с помощью БЯМ для уточнения поиска, ранжирование найденных документов для оптимизации контекста и другие [Bowen et al, 2023; Linyao et al, 2023].

Использование метода RAG в интеллектуальной образовательной экосистеме

Рассмотрим пример реализации рекомендательной системы на основе контента на примере модуля рекомендаций в интеллектуальной образовательной экосистеме.

В данной системе представлены различные виды образовательного контента, например, курсы, лекции, статьи и видеозаписи, а также данные пользователей и требования работодателя. Соответствующие признаки вышеуказанных объектов могут включать различные метаданные, такие как тип контента, заголовок, описание, уровень сложности, продолжительность, формат (видео, текст), язык и любые другие атрибуты, преимущественно представленные в виде текстовых данных [Gao et al, 2023].

Использование embedding-векторов в данной предметной области помогает фиксировать семантические связи между словами и фразами, что может быть полезно для понимания контекста образовательного контента с одной стороны, или требований сферы занятости населения с другой стороны [Keraghel et al, 2024].

Атрибуты данных объектов объединяются и конвертируются в embedding-вектора, которые сохраняются в векторной СУБД Qdrant [Qdrant, 2024]. Векторное пространство для вакансий представлено на рис. 6.

Аналогичные преобразования происходят и с пользовательскими интересами, целями обучения, последними освоенными компетенциями. Система сохраняет предпочтения пользователей – например, те образовательные материалы, которые пользователь посмотрел или которыми поделился в сети.

Далее происходит процесс сравнения embedding-векторов пользователей как с embedding-векторами образовательных ресурсов, формируя дальнейший список образовательных ресурсов для изучения, так и с embedding-векторами вакансий. Полученные данные образовательных ресурсов и вакансий в виде текстовых описаний поступают совместно с исходным запросом пользователя на вход LLM-модели. Выбранная

БЯМ генерирует описание рынка труда в соответствии с выбранным запросом, а также предлагает гиперссылки на наиболее подходящие вакансии и образовательные ресурсы.

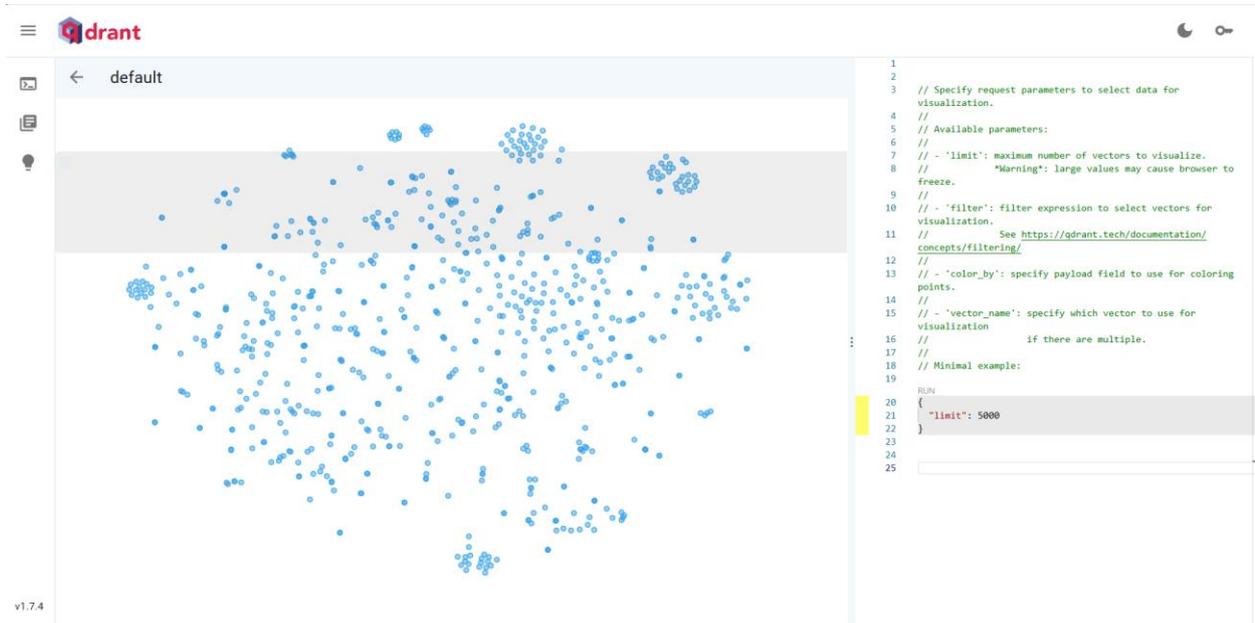


Рис. 6. Векторное пространство описаний вакансий в ИОЭ, визуализированное с помощью векторной СУБД Qdrant
Fig. 6. The vector space of job descriptions in the IOE, visualized using the Qdrant vector DBMS

Система также использует концепцию knowledge graph, представленную в виде графа компетенций [Оболенский, Шевченко, 2023], для улучшения работы большой языковой модели. При использовании поиска подходящих вакансий и описания рынка труда в соответствии с запросом пользователя, информация о его компетенциях и требуемых компетенциях вакансий в обезличенном виде также передается на вход нейросети.

Пример работы LLM-модели в ИОЭ представлен на рис. 7.

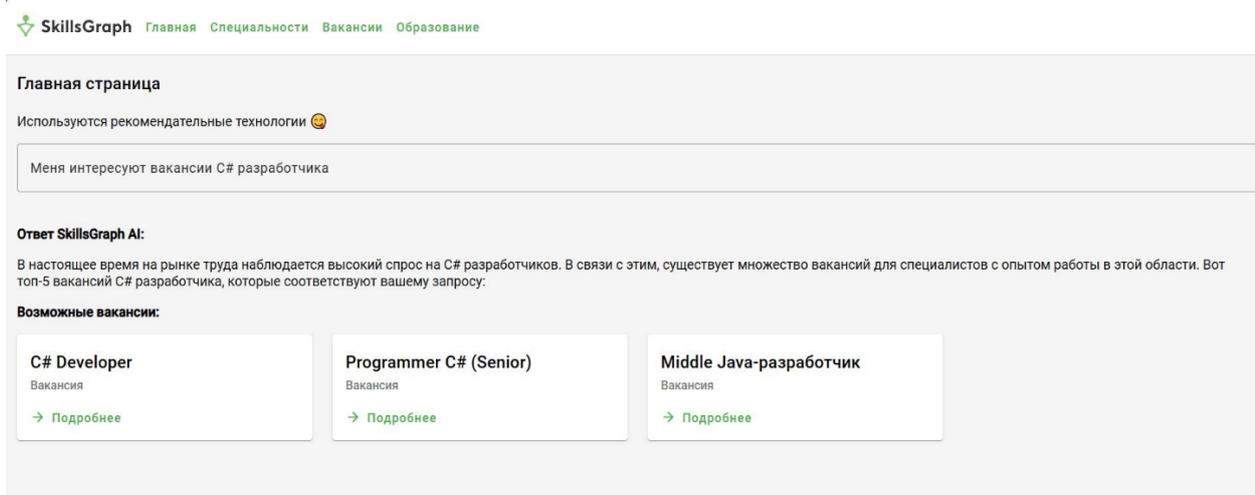


Рис. 7. Примеры работы LLM с использованием метода RAG в интеллектуальной образовательной экосистеме
Fig. 7. Examples of LLM work using the RAG method in an intelligent educational ecosystem

Для взаимодействия с большими языковыми моделями был реализован микросервис на языке Python, использующий библиотеку Langchain [Langchain, 2024]. В качестве embedding-модели использовалась модель GigaChat Embeddings, а в качестве LLM-модели – GigaChat Lite от компании Сбер [GigaChat, 2024].

Заключение

Таким образом, большие языковые модели могут быть использованы в рекомендательной системе на основе контента, лежащей в основе интеллектуальной образовательной экосистемы. Использование больших языковых моделей нейронных сетей предоставляет мощное и точное представление образовательных ресурсов, вакансий и интересов пользователя с учетом контекста. В качестве исходных данных для векторных представлений могут быть использованы заголовки, описания образовательных ресурсов, вакансий, а также другие текстовые атрибуты.

Создание и поддержка embedding-векторов объектов для большого объема образовательных ресурсов и вакансий может быть дорогостоящим с точки зрения вычислений и ресурсоемким процессом. Однако предложенный подход позволяет улучшить работу механизма извлечения признаков за счет использования больших языковых моделей и embedding-векторов.

Метод RAG позволяет дополнить БЯМ новыми знаниями, на которых она не была обучена. Использование векторных баз данных позволяет реализовать эффективный поиск embeddings-векторов для соответствующего запроса пользователя.

В рамках дальнейших исследований планируется дальнейшее развитие рекомендательной системы на основе БЯМ и метода RAG, а также сравнение различных БЯМ и embeddings-моделей в рамках данной предметной области.

Список литературы

- Бабкин А.В., Корягин С.И., Либерман И.В., Клачек П.М. 2022. Индустрия 5.0: Создание интеллектуальной образовательной экосистемы. Экономика и индустрия 5.0 в условиях новой реальности (ИНПРОМ-2022), 76–79.
- Малышев И.О., Смирнов А.А. 2024. Обзор современных генеративных нейросетей: отечественная и зарубежная практика. Международный журнал гуманитарных и естественных наук. №1-2(88).
- Оболенский Д.М., Шевченко В.И. 2019. Интеллектуальные образовательные экосистемы. Сб. науч. тр. междунар. науч.-техн. конф. «DICTUM – FACTUM: от исследований к стратегическим решениям». Севастополь. 162–171. DOI: 10.32743/dictum-factum.2020.162-1714e4
- Оболенский Д.М., Шевченко В.И. 2020. Концептуальная модель интеллектуальной образовательной экосистемы. Экономика. Информатика. 47(2): 390–401. DOI: 10.18413/2687-0932-2020-47-2-390-401.4e4e
- Оболенский Д.М., Шевченко В.И. 2021. Обзор современных методов построения рекомендательных систем – на основе контента и гибридные системы. Мир компьютерных технологий: сборник статей всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Севастополь, 05–09 апреля 2021 г. Министерство науки и высшего образования РФ, Севастопольский государственный университет. Севастополь: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Севастопольский государственный университет», 151–156.
- Оболенский Д.М., Шевченко В.И. 2023. Построение и анализ графа компетенций на основе данных вакансий с порталов поиска работы. Экономика. Информатика, 50(1): 191–202. <https://doi.org/10.52575/2687-0932-2023-50-1-191-202>
- Achiam J., Adler S., Agarwal S., Ahmad L., Akkaya I., Aleman F., Almeida D., Altenschmidt J., Altman S., Anadkat S., et al. 2023. Gpt-4 technical report. arXiv preprint arXiv:2303.08774.
- Bowen J., Gang L., Chi H., Meng J., Heng J., Jiawei H. 2023. Large Language Models on Graphs: A Comprehensive Survey. arXiv preprint arXiv:2312.02783.

- Brown T. et al. 2020. Language models are few-shot learners. *Advances in neural information processing systems* 33. 1877–1901.
- Devlin J., Chang M., Lee K., Toutanova K. 2019. BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. *North American Chapter of the Association for Computational Linguistics*.
- Gao Y., Xiong Y., Gao X., Jia K., Pan J., Bi Y., Dai Y., Sun J., Guo Q., Wang M., Wang H. 2023. Retrieval-Augmented Generation for Large Language Models: A Survey. *ArXiv*, abs/2312.10997.
- GigaChat. 2024. URL: <https://developers.sber.ru/portal/products/gigachat>
- Graph Data Platform | Graph Database Management System. Neo4j. 2024. URL: <https://neo4j.com/>
- High-Performance Vector Search at Scale. Qdrant – Vector Database – Qdrant. 2024. URL: <https://qdrant.tech/>
- Keraghel I., Morbieu S., Nadif M. Beyond Words: A Comparative Analysis of LLM Embeddings for Effective Clustering. In: Miliou, I., Piatkowski, N., Papapetrou, P. (eds). 2024. *Advances in Intelligent Data Analysis XXII. IDA 2024. Lecture Notes in Computer Science*, vol 14641. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-58547-0_17
- Langchain. 2024. URL: <https://python.langchain.com/v0.2/docs/introduction/>
- Lewis P., Perez E., Piktus A., Petroni F., Karpukhin V., Goyal N., Kuttler H., Lewis M., Wen-tau Yih, Rocktaschel T., et al. 2020. Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 33:9459–9474, URL <https://doi.org/10.48550/arXiv.2005.11401>.
- Luo L., Li Y.-F., Haffari Gh., Pan Sh. 2023. Reasoning on graphs: Faithful and interpretable large language model reasoning. *arXiv preprint arXiv:2310.01061*.
- Mikolov T., et al. 2013. Efficient estimation of word representations in vector space. *arXiv preprint arXiv:1301.3781*.
- Radford A., et al. 2019. Improving language understanding by generative pre-training.
- Shadab I., Subhajt G. 2020. Efficient Ranking Framework for Information Retrieval Using Similarity Measure. DOI: 10.1007/978-3-030-37218-7_141.
- Shoeybi M. et al. 2019. Megatron-lm: Training multi-billion parameter language models using model parallelism. *arXiv preprint arXiv:1909.08053*.
- Vaswani A., Shazeer N., Parmar N., Uszkoreit J., Jones L., Gomez A. N., Kaiser L., Polosukhin I. 2017. Attention is all you need. In *Proceedings of the 31st International Conference on Neural Information Processing Systems (NIPS'17)*. Curran Associates Inc., Red Hook, NY, USA, 6000–6010.
- Weaviate – The AI-native database for a new generation of software. 2024. URL: <https://weaviate.io/>
- YandexGPT 3 – Новое поколение генеративных текстовых нейросетей. 2024. YandexGPT. URL: <https://ya.ru/ai/gpt-3>
- Yang L., Chen H., Li Zh., Ding X., Wu X. 2023. ChatGPT is not Enough: Enhancing Large Language Models with Knowledge Graphs for Fact-aware Language Modeling. *arXiv preprint arXiv:2306.11489*.
- Zhang J., Lertvittayakorn P., Guo Y. 2019. Integrating Semantic Knowledge to Tackle Zero-shot Text Classification. In *Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies, Vol. 1 (Long and Short Papers)*, Minneapolis, Minnesota. Association for Computational Linguistics. 1031–1040.
- Zhou D., Scharli N., Hou L., Wei J., Scales N., Wang X., Schuurmans D., Bousquet O., Le Q., Chi E.H. 2022. Least-to-Most Prompting Enables Complex Reasoning in Large Language Models. *ArXiv*, abs/2205.10625.

References

- Babkin A.V., Koryagin S.I., Liberman I.V., Klachek P.M. 2022. *Industriya 5.0: So-zdanie intellektual'noy obrazovatel'noy ekosistemy [Industry 5.0: Creating an intelligent educational ecosystem]*. *Ekonomika i industriya 5.0 v usloviyakh novoy real'nosti (INPROM-2022) [Economics and Industry 5.0 in the context of a new Reality (INPROM-2022)]*, 76–79.
- Malyshev I.O., Smirnov A.A. 2024. Overview of modern generative neural networks: domestic and foreign practice. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*. №1-2(88).
- Obolenskiy D.M., Shevchenko V.I. 2019. *Intellektual'nye obrazovatel'nye eko-sistemy [Intelligent educational ecosystems]*. *Sb. nauch. tr. mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. «DICTUM – FACTUM: ot*



- issledovaniy k strategicheskim resheniyam» [Collection of scientific tr. international scientific and technical conf. "DICTUM – FACTUM: from research to strategic solutions"]. Sevastopol'. 162–171. DOI: 10.32743/dictum-factum.2020.162-1714e4
- Obolenskiy D.M., Shevchenko V.I. 2020. A conceptual model of the intelligent educational ecosystem. *Economics. Information Technologies*, 47(2): 390–401. DOI: 10.18413/2687-0932-2020-47-2-390-401.4e4e
- Obolenskiy D.M., Shevchenko V.I. 2021. Obzor sovremennykh metodov postroeniya rekomendatel'nykh sistem na osnove kontenta i gibridnye sistemy [An overview of modern methods of building recommendation systems – content-based and hybrid systems] *Mir komp'yuternykh tekhnologiy: sbornik statey vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh* [The World of computer technology: a collection of articles of the All-Russian scientific and technical conference of students, postgraduates and young scientists], Sevastopol', 05-09 aprelya 2021. Ministerstvo nauki i vysshego obrazovaniya RF, Sevastopol'skiy gos-udarstvennyy universitet. Sevastopol': Federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe ob-razovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Sevastopol'skiy gosudarstvennyy universitet". 151–156.
- Obolenskiy D.M., Shevchenko V.I. 2023. Building and Analyzing a Skills Graph Built Using Vacancy Data from Job Portals. *Economics. Information Technologies*. 50(1): 191–202. <https://doi.org/10.52575/2687-0932-2023-50-1-191-202>
- Achiam J., Adler S., Agarwal S., Ahmad L., Akkaya I., Aleman F., Almeida D., Altenschmidt J., Altman S., Anadkat S., et al. 2023. Gpt-4 technical report. arXiv preprint arXiv:2303.08774.
- Bowen J., Gang L., Chi H., Meng J., Heng J., Jiawei H. 2023. Large Language Models on Graphs: A Comprehensive Survey. arXiv preprint arXiv:2312.02783.
- Brown T. et al. 2020. Language models are few-shot learners. *Advances in neural information processing systems* 33. 1877-1901.
- Devlin J., Chang M., Lee K., Toutanova K. 2019. BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. *North American Chapter of the Association for Computational Linguistics*.
- Gao Y., Xiong Y., Gao X., Jia K., Pan J., Bi Y., Dai Y., Sun J., Guo Q., Wang M., Wang H. 2023. Retrieval-Augmented Generation for Large Language Models: A Survey. ArXiv, abs/2312.10997.
- GigaChat. 2024. URL: <https://developers.sber.ru/portal/products/gigachat>
- Graph Data Platform | Graph Database Management System. Neo4j. 2024. URL: <https://neo4j.com/>
- High-Performance Vector Search at Scale. Qdrant – Vector Database – Qdrant. 2024. URL: <https://qdrant.tech/>
- Keraghel I., Morbieu S., Nadif M. Beyond Words: A Comparative Analysis of LLM Embeddings for Effective Clustering. In: Miliou, I., Piatkowski, N., Papapetrou, P. (eds). 2024. *Advances in Intelligent Data Analysis XXII. IDA 2024. Lecture Notes in Computer Science*, vol 14641. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-58547-0_17
- Langchain. 2024. URL: <https://python.langchain.com/v0.2/docs/introduction/>
- Lewis P., Perez E., Piktus A., Petroni F., Karpukhin V., Goyal N., Kuttler H., Lewis M., Wen-tau Yih, Rocktaschel T., et al. 2020. Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 33:9459–9474, URL <https://doi.org/10.48550/arXiv.2005.11401>.
- Luo L., Li Y.-F., Haffari Gh., Pan Sh. 2023. Reasoning on graphs: Faithful and interpretable large language model reasoning. arXiv preprint arXiv:2310.01061.
- Mikolov T., et al. 2013. Efficient estimation of word representations in vector space. arXiv preprint arXiv:1301.3781.
- Radford A., et al. 2019. Improving language understanding by generative pre-training.
- Shadab I., Subhajt G. 2020. Efficient Ranking Framework for Information Retrieval Using Similarity Measure. DOI: 10.1007/978-3-030-37218-7_141.
- Shoeybi M. et al. 2019. Megatron-lm: Training multi-billion parameter language models using model parallelism. arXiv preprint arXiv:1909.08053.
- Vaswani A., Shazeer N., Parmar N., Uszkoreit J., Jones L., Gomez A. N., Kaiser L., Polosukhin I. 2017. Attention is all you need. In *Proceedings of the 31st International Conference on Neural Information Processing Systems (NIPS'17)*. Curran Associates Inc., Red Hook, NY, USA, 6000–6010.
- Weaviate – The AI-native database for a new generation of software. 2024. URL: <https://weaviate.io/>



- YandexGPT 3 – Новое поколение генеративных текстовых нейросетей. 2024. YandexGPT. URL: <https://ya.ru/ai/gpt-3>
- Yang L., Chen H., Li Zh., Ding X., Wu X. 2023. ChatGPT is not Enough: Enhancing Large Language Models with Knowledge Graphs for Fact-aware Language Modeling. arXiv preprint arXiv:2306.11489.
- Zhang J., Lertvittayakumjorn P., Guo Y. 2019. Integrating Semantic Knowledge to Tackle Zero-shot Text Classification. In Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies, Vol. 1 (Long and Short Papers), Minneapolis, Minnesota. Association for Computational Linguistics. 1031–1040.
- Zhou D., Scharli N., Hou L., Wei J., Scales N., Wang X., Schuurmans D., Bousquet O., Le Q., Chi E.H. 2022. Least-to-Most Prompting Enables Complex Reasoning in Large Language Models. ArXiv, abs/2205.10625.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

Поступила в редакцию 20.06.2024

Received June 20, 2024

Поступила после рецензирования 31.08.2024

Revised August 31, 2024

Принята к публикации 06.09.2024

Accepted September 06, 2024

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Оболенский Денис Михайлович, инженер-программист, ООО «Новые технологии», г. Севастополь, Россия

Denis M. Obolensky, senior software developer, New Technologies LLC, Sevastopol, Russia

Шевченко Виктория Игоревна, кандидат технических наук, доцент, заведующий базовой кафедрой «Корпоративные информационные системы», Севастопольский государственный университет, г. Севастополь, Россия

Victoria I. Shevchenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the basic department "Corporate Information Systems", Sevastopol State University, Sevastopol, Russia



ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ INFOCOMMUNICATION TECHNOLOGIES

УДК 621.391

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-710-721

Оценивание интенсивности отправки пакетов при передаче телеметрических сообщений в IoT-системе медицинского назначения

¹ Махди Т.Н., ² Польщиков К.А.

¹ Университет Мустансирия, Ирак, 10001, г. Багдад, ул. Аль-Кадисия

² Белгородский государственный национальный исследовательский университет
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85

E-mail: tareq.nasser.m@gmail.com, polshchikov@bsu.edu.ru

Аннотация. Статья посвящена исследованию процесса передачи телеметрических сообщений в системе Интернета вещей (IoT-системе) удаленного медицинского мониторинга. На основе применения аппарата вероятностных графов разработана математическая модель обмена данными между сенсорными устройствами и MQTT-сервером, которая адекватно отражает зависимость интенсивности отправки пакетов при передаче телеметрических сообщений в IoT-системе в зависимости от уровня битовых ошибок в беспроводных каналах и ряда других характеристик исследуемого процесса. Представлены результаты проведения вычислительных экспериментов, выполненных на основе применения разработанной модели. Полученные результаты соответствуют логике процесса обмена данными между сенсорными устройствами и сервером и могут быть использованы в дальнейших исследованиях для управления параметрами и режимами доставки телеметрических сообщений в IoT-системе медицинского назначения.

Ключевые слова: удаленный медицинский мониторинг, Интернет вещей, IoT-система, телеметрические сообщения, MQTT

Для цитирования: Махди Т.Н., Польщиков К.А. 2024. Оценивание интенсивности отправки пакетов при передаче телеметрических сообщений в IoT-системе медицинского назначения. Экономика. Информатика, 51(3): 710–721. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-710-721

Assessing the Intensity of Sending Packets When Transmitting Telemetry Messages in an IoT System for Medical Purposes

¹ Tareq N. Mahdi, ² Konstantin A. Polshchikov

¹ Mustansiriyah University, AL-Qadisiya St, Baghdad 10001, Iraq

² Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod 308015, Russia

E-mail: tareq.nasser.m@gmail.com, polshchikov@bsu.edu.ru

Abstract. The article is devoted to the study of the process of transmitting telemetry messages in the Internet of Things (IoT) system for remote medical monitoring. Based on the use of the probabilistic graph apparatus, a mathematical model of data exchange between sensor devices and the MQTT server has been developed, which adequately reflects the dependence of the intensity of sending packets when transmitting telemetry messages in an IoT system depending on the level of bit errors in wireless channels and a number of other characteristics of the process under study. The results of computational experiments performed using the developed model are presented. The results obtained correspond to the logic of the data exchange process

between sensor devices and the server and can be used in further research to control the parameters and delivery modes of telemetry messages in an IoT system for medical purposes. In particular, based on the results obtained, it is planned to develop methods for controlling the timeout and the number of retransmissions of data packets, and selecting the provided QoS level depending on changing external conditions. This will minimize delays in the delivery of telemetry messages in the IoT system and ensure the speed of transmission of data on the health status of patients in wireless remote monitoring systems used by medical workers to provide timely assistance.

Keywords: remote medical monitoring, Internet of things, IoT system, telemetry messages, MQTT

For citation: Mahdi T.N., Polshchikov K.A. 2024. Assessing the Intensity of Sending Packets When Transmitting Telemetry Messages in an IoT System for Medical Purposes. Economics. Information technologies, 51(3): 710–721 (in Russian). DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-710-721

Введение

В настоящее время активно развиваются беспроводные технологии передачи данных, на которых базируется построение самоорганизующихся сетей [Konstantinov et al., 2017; Bhardwaj, El-Ocla, 2020; Polshchikov et al., 2021; Ramphull et al., 2021] и систем «Интернета вещей» (Internet of Things, IoT) [Khanna, Kaur, 2020; Wang et al., 2021; Ясир, Польщикова, 2023; Ясир, Польщикова, Маматов, 2023; Yaser, Polshchikov, Polshchikov, 2023]. IoT-инфраструктура всё чаще используется для передачи телеметрических сообщений в процессе работы медицинских приложений удаленного мониторинга [Sadoughi, Behmanesh, Sayfour, 2020; Balasundaram et al., 2023; Puri, Kataria, Sharma, 2024].

В качестве примера медицинского приложения, использующего IoT-технологии, можно привести сервис передачи телеметрических сообщений о текущих характеристиках состояния здоровья пациентов, находящихся под дистанционным наблюдением медработников. К такой IoT-системе подключаются сенсорные устройства, которые могут быть использованы для измерения и передачи в реальном времени конкретных физиологических данных пациентов, например, частоты пульса, артериального давления, температуры тела. Данные измерений в виде управляющих пакетов передаются на сервер, который в свою очередь отправляет их на IoT-устройства тех медработников, которые непосредственно осуществляют их мониторинг и уход за соответствующими пациентами. Проблемные вопросы рассматриваемого процесса состоят в трудностях обеспечения высокого качества и оперативности доставки сообщений, связанных с особенностями беспроводной среды, низкой скоростью передачи данных, требованиями к снижению энергопотребления IoT-устройствами. В качестве иллюстрации вышеуказанного можно представить проблемную ситуацию, когда медработнику с большой задержкой было доставлено сообщение, в котором содержалась информация о резком ухудшении здоровья наблюдаемого пациента, например, об остановке его сердца. Если существенно сократить задержки в доставке таких сообщений, то это даст возможность быстрее и эффективнее провести необходимые реанимационные мероприятия и спасти человеческие жизни.

Одним из наиболее распространенных протоколов прикладного уровня, применяемых для передачи таких сообщений, является клиент-серверный протокол Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) [Bender et al., 2021; Longo E., Redondi, 2023]. Данный стандарт предусматривает возможность обеспечить три уровня качества услуги (QoS) передачи данных, выбор которых реализуется в зависимости от требований клиентов к гарантиям доставки сообщений. Разработан модифицированный протокол MQTT-SN, ориентированный на использование в беспроводных сенсорных сетях [Herrero, 2020; Gupta, Nayak, 2023]. В этом стандарте вводятся дополнительные параметры (тайм-аут *Tretry* и допустимое число *Nretry* повторных передач), позволяющие более гибко управлять процессом передачи телеметрических сообщений.

Обзор проведенных в последние годы исследований позволил выявить значительное количество публикаций, посвященных совершенствованию IoT-систем медицинского

назначения, функционирующих на основе протокола MQTT и его модификаций. В частности, уделяется внимание проектированию IoT-системы на основе беспроводных сенсорных сетей и соответствующих мобильных приложений для мониторинга транспортировки лекарств и вакцин, а также контроля температуры, при которой осуществляется их перевозка [Bhatti et al., 2024]. Для обнаружения ошибок в процессе передачи данных отдается предпочтение известному алгоритму CRC-32, применение которого позволяет добиться повышения производительности и надежности работы беспроводной сенсорной сети. Исследуются системы Интернета медицинских вещей (IoMT), которые функционируют на основе протокола MQTT и предназначены для сбора медицинских данных от поступающих пациентов с тем, чтобы направить пациентов в нужное отделение и расставить приоритеты в экстренных ситуациях посредством анализа данных IoMT [Stitini et al., 2024]. Предлагаются системы мониторинга здоровья пациентов на основе Интернета вещей, предназначенные для сбора данных о важных показателях, таких как частота пульса, насыщение крови кислородом, температура тела. Однако при этом не исследуются подходы к повышению оперативности доставки данных, т. к. они передаются по беспроводной сети в облачную систему хранения, а не на IoT-устройства конкретных медицинских работников [Shafi et al., 2024].

Предлагаются также технические решения по совершенствованию средств измерения значений медицинских параметров, передаваемых в MQTT-сетях. В частности, в системах удаленного мониторинга показателей электрокардиографии представлены предложения по повышению точности измерения частоты сердечных сокращений наблюдаемых пациентов [Pasha, Nagaraja, 2023]. Разработана система удаленного медицинского мониторинга IoMT, которая отслеживает значения ряда физиологических параметров, а также факты падений и их последствия [Yew et al., 2024]. Собранные данные передаются на платформу IoT через связь Wi-Fi с использованием протокола телеметрии MQTT для дальнейшей обработки и анализа. Система создана для медицинских работников, оказывающих помощь в чрезвычайных ситуациях. Однако при её разработке основное внимание уделялось не повышению оперативности доставки сообщений, а обеспечению точности обнаружения фактов падения. Ряд исследований посвящены решению задач повышения безопасности применения протокола MQTT в IoT-системах. Исследованы уязвимости протокола, классифицированы возможные атаки злоумышленников, предложены алгоритмы защиты от них [Lakshminarayana, Praseed, Thilagam, 2024]. Для обнаружения аномального IoT-трафика медицинских приложений предложено использовать модели машинного и глубокого обучения. В условиях строгих ограничений конфиденциальности в сфере здравоохранения предложен подход к моделированию сетевого IoT-трафика с использованием инструмента IoT Flock, поддерживающего протоколы CoAP и MQTT [Aversano, Bernardi M.L., Cimitile, 2024]. Разработан алгоритм, который позволяет переключаться между этими двумя протоколами в зависимости от состояния сети. Исследования показали, что в условиях перегрузки сети MQTT-SN алгоритм позволяет переключаться на соединение CoAP для повышения надежности передачи данных [Weqar, 2024].

Представленный анализ показал, что совершенствованию процессов передачи информации в беспроводных системах удаленного мониторинга посвящены исследования многих отечественных и зарубежных ученых и разработчиков. Однако полученные ими научные и практические результаты требуют дальнейшего развития в части обеспечения оперативности доставки сообщений в IoT-системах. Таким образом, с точки зрения практики, востребованы научно-технические решения, способствующие обеспечению оперативности доставки сообщений в беспроводных системах удаленного мониторинга, используемых медицинскими работниками. С другой стороны, с точки зрения теории, недостает адекватных моделей и теоретически обоснованных методов, позволяющих удовлетворить вышеуказанные практические потребности. Это определяет актуальность темы исследования, нацеленного на совершенствование процессов передачи информации в IoT-системах.

Решаемая научная задача

В беспроводной среде от изменения внешних условий передачи и приема сообщений зависят, прежде всего, значения параметра, именуемого интенсивностью (коэффициентом) битовых ошибок (*Bit Error Rate, BER*). При ослаблении воздействия электромагнитных помех, сокращении расстояния между передающим и приемными устройствами условия передачи данных становятся более благоприятными, а значения *BER* уменьшаются. Ухудшение помеховой обстановки и увеличение расстояния между передающим и приемными устройствами приводят к повышению значений *BER*. Для измерения в реальном времени текущих значений этого параметра успешно применяется соответствующая аппаратура тестирования каналов беспроводной связи.

При увеличении значений *BER* снижается вероятность корректного приема сервером пакетов, отправляемых сенсорным измерительным приемо-передающим устройством, а также уменьшается вероятность корректного приема пакетов-подтверждений, передаваемых в обратном направлении. Пакеты данных, принятые с ошибками, в дальнейшем не используются и считаются потерянными. Для компенсации потерянных пакетов, а также пакетов, на которые своевременно не получены подтверждения, осуществляется их повторная передача в соответствии с используемыми протоколами информационного обмена. В результате повышения потерь передаваемых пакетов и подтверждений увеличивается число повторных передач и, как следствие, растет интенсивность отправки пакетов, т. е. число пакетов, отправляемых серверу сенсорным устройством в течение 1 часа в процессе доставки сообщения. Снижение значений *BER*, напротив, приводит к уменьшению потерь передаваемых пакетов (подтверждений) и соответственно к падению интенсивности отправки пакетов данных.

Величина интенсивности отправки пакетов играет важную роль в процессе передачи информации в IoT-системах. От её значений зависит степень загруженности используемых беспроводных каналов, влияющая на задержки доставки сообщений адресату. В целях оценивания интенсивности отправки пакетов необходимо решить задачу, состоящую в разработке математической модели информационного обмена информационными пакетами и пакетами-подтверждениями между сервером и сенсорными устройствами.

Разработку вышеуказанной модели предлагается осуществить на основе применения аппарата вероятностных графов [Jameel et al., 2022; Джамил, Лихошерстов, Польщиков, 2022; Ясир, Польщиков, Федоров, 2023; Джамил, Лихошерстов, Польщиков, 2022]. Этот математический аппарат позволяет учесть все возможные состояния моделируемого процесса и вероятности переходов из одних состояний в другие. В качестве результата необходимо получить аналитические выражения, позволяющие оценить интенсивность отправки пакетов при передаче телеметрических сообщений в IoT-системе в зависимости от значений *BER*, битовой длины передаваемых сообщений (управляющих пакетов и подтверждений), разрешенного числа повторных передач потерянных пакетов данных и количества IoT-устройств, осуществляющих передачу сообщений.

Разработка модели

Объектом представляемого исследования является процесс передачи телеметрических сообщений в IoT-системе удаленного медицинского мониторинга, осуществляемый на основе протокола MQTT-SN. Данный протокол прикладного уровня оперирует терминами «клиент» и «сервер». Устройства-клиенты используют сетевое подключение к серверу для доставки сообщений. В качестве клиентов выступают:

- 1) сенсорное приемо-передающее устройство, которое служит для измерения параметров организма человека (пациента), находящего под медицинским наблюдением, и отправки измеренных данных в виде сообщений на сервер;
- 2) IoT-устройство медицинского работника, осуществляющего удаленный контроль состояния организма наблюдаемого человека; данное устройство использует взаимодействие

с сервером, чтобы принимать сообщения, содержащие данные, которые измеряются подключенным к телу пациента сенсорным устройством.

Измерение, отправка и прием данных удаленного мониторинга производится в реальном времени для обеспечения оперативности реагирования медицинского работника в случаях, когда пациенту потребуется срочная помощь.

Для оценивания интенсивности отправки пакетов сенсорными устройствами построен вероятностный граф, представленный на рисунке 1. Он моделирует процесс обмена данными между сенсорным устройством и сервером, при котором сенсорному устройству разрешено сделать не более 2 повторных передач информационных пакетов, т. е. $N_{retry} = 2$.

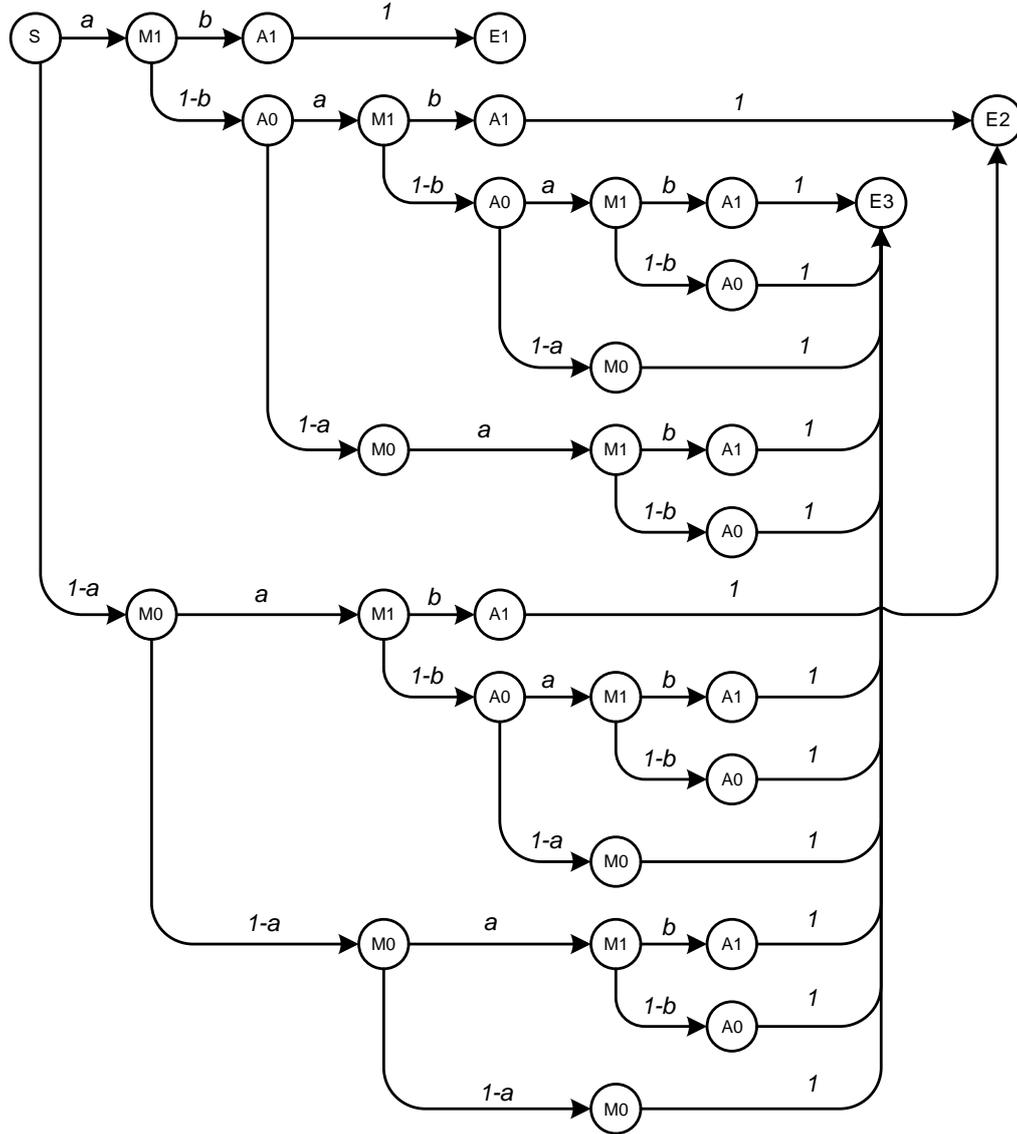


Рис. 1. Вероятностный граф обмена данными между сенсорным устройством и сервером
 Fig. 1. Probabilistic graph of data exchange between a sensor device and a server

Вершина «S» обозначает начало процесса передачи телеметрического сообщения. Для его передачи используется информационный пакет MQTT, который сенсорное устройство отправляет на сервер. Если этот пакет корректно принят сервером, то моделируемый процесс переходит в состояние «M1». Вероятность такого перехода вычисляется по формуле:

$$a = 1 - L_{mess} \cdot BER, \tag{1}$$

где L_{mess} – битовая длина информационного пакета.

Далее сервер отправляет сенсорному устройству пакет-подтверждение. В случае корректного приема пакета-подтверждения сенсорным устройством моделируемый процесс переходит в состояние «A1». Вероятность этого события вычисляется с помощью следующего выражения:

$$b = (1 - Lack \cdot BER) PRET, \quad (2)$$

где $Lack$ – битовая длина пакета-подтверждения; $PRET$ – вероятность корректного срабатывания таймера повторной передачи.

Величина $PRET$ является вероятностью того, что таймер повторной передачи не сработает до приема пакета-подтверждения, и сенсорное устройство не отправит на сервер ненужный дубликат информационного пакета.

Указанный выше вариант перехода из начальной вершины «S» к вершине «A1» относится к случаю, при котором сообщение из сенсорного устройства было успешно доставлено на сервер с помощью отправки только одного информационного пакета. В этом случае моделируемый процесс с вероятностью, равной 1, переходит из вершины «A1» в терминальную вершину «E1».

Если пакет-подтверждение не принят сервером или принят с ошибками, то моделируемый процесс переходит в состояние «A0». Вероятность перехода из вершины «M1» к вершине «A0» равна $(1 - b)$. Далее, не получив пакет-подтверждение, сенсорное устройство после срабатывания таймера повторной передачи отправляет на сервер дубликат информационного пакета. В случае корректного приема этого дубликата сервером моделируемый процесс переходит из состояния «A0» в состояние «M1». Затем сервер отправляет сенсорному устройству пакет-подтверждение. В случае корректного приема пакета-подтверждения сенсорным устройством моделируемый процесс переходит из вершины «M1» к вершине «A1». В результате сообщение из сенсорного устройства было доставлено на сервер с помощью отправки двух информационных пакетов (первого пакета и его дубликата). При этом моделируемый процесс с вероятностью, равной 1, переходит из вершины «A1» в терминальную вершину «E2». Вероятностный граф, представленный на рисунке 1, содержит две ветви, которые соединяют начальную вершину «S» с терминальной вершиной «E2».

В случаях, когда информационный пакет, отправленный сенсорным устройством, сервером не принят или принят с ошибками, моделируемый процесс переходит в состояние «M0». Вероятность перехода к вершине «M0» равна $(1 - a)$. В таких ситуациях сенсорное устройство пакет-подтверждение не получает, и после срабатывания таймера повторной передачи сенсорное устройство отправляет на сервер дубликат информационного пакета.

В тех случаях, когда для доставки сообщения из сенсорного устройства на сервер используется отправка трех информационных пакетов (первого пакета и двух его дубликатов), моделируемый процесс переходит в терминальную вершину «E3». В рассматриваемом графе содержится 12 ветвей, которые соединяют начальную вершину «S» с терминальной вершиной «E3».

Вероятность доставки на сервер сообщения с помощью отправки одного информационного пакета, т. е. вероятность перехода из вершины «S» к вершине «E1», можно оценить по формуле:

$$PE_1 = a \cdot b. \quad (3)$$

Вероятность доставки на сервер сообщения с помощью отправки двух информационных пакетов, т. е. вероятность перехода из вершины «S» к вершине «E2», можно вычислить с использованием выражения:

$$PE_2 = a \cdot (1 - b) \cdot a \cdot b + (1 - a) \cdot a \cdot b = a \cdot b [a \cdot (1 - b) + (1 - a)]. \quad (4)$$

Наконец, вероятность отправки трех информационных пакетов для доставки сообщения на сервер, т. е. вероятность перехода из вершины «S» к вершине «E3», можно вычислить с



использованием выражения:

$$\begin{aligned}
 PE_3 &= a \cdot (1-b) \cdot a \cdot (1-b) \cdot a \cdot b + a \cdot (1-b) \cdot a \cdot (1-b) \cdot a \cdot (1-b) + \\
 &+ a \cdot (1-b) \cdot a \cdot (1-b) \cdot (1-a) + a \cdot (1-b) \cdot (1-a) \cdot a \cdot b + \\
 &+ a \cdot (1-b) \cdot (1-a) \cdot a \cdot (1-b) + a \cdot (1-b) \cdot (1-a) \cdot (1-a) + \\
 &+ (1-a) \cdot a \cdot (1-b) \cdot a \cdot b + (1-a) \cdot a \cdot (1-b) \cdot a \cdot (1-b) + \\
 &+ (1-a) \cdot a \cdot (1-b) \cdot (1-a) + (1-a) \cdot (1-a) \cdot a \cdot b + \\
 &+ (1-a) \cdot (1-a) \cdot a \cdot (1-b) + (1-a) \cdot (1-a) \cdot (1-a) = \\
 &= [a \cdot (1-b)]^2 + 2 \cdot a \cdot (1-b) \cdot (1-a) + (1-a)^2 = [a \cdot (1-b) + (1-a)]^2.
 \end{aligned} \tag{5}$$

В ходе исследования были построены вероятностные графы, моделирующие процесс обмена данными между сенсорным устройством и сервером при $N_{retry} > 2$. В результате была выведена формула, позволяющая оценить вероятность отправки k пакетов в процессе доставки сообщения:

$$PE_k = \begin{cases} a \cdot b [a \cdot (1-b) + (1-a)]^{k-1}, & k \leq N_{retry}; \\ [a \cdot (1-b) + (1-a)]^{k-1}, & k = N_{retry} + 1. \end{cases} \tag{6}$$

В формуле (6) величина $k = 1, 2, \dots, N_{retry} + 1$.

Среднее число информационных пакетов, отправляемых сенсорным устройством в течение 1 часа в процессе доставки серверу 1 сообщения, можно оценить по формуле:

$$N_{Pack} = \sum_{k=1}^{N_{retry}+1} PE_k \cdot k. \tag{7}$$

Используя полученные результаты, можно представить выражение для оценивания интенсивности отправки информационных пакетов сенсорными устройствами в следующем виде:

$$\lambda = K \cdot K_{mess} \cdot \sum_{k=1}^{N_{retry}+1} PE_k \cdot k, \tag{8}$$

где K – количество сенсорных устройств, передающих сообщения серверу в IoT- системе; K_{mess} – количество сообщений, передаваемых одним сенсорным устройством в течение 1 часа.

Вычислительные эксперименты

С использованием разработанной модели проведены вычислительные эксперименты. При этом были использованы исходные данные, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1
 Table 1

Исходные данные
 Initial data

№ п/п	Величины	Значения	Единицы измерения
1	$PRET$	0,85	-
2	L_{mess}	512	бит
3	$Lack$	256	бит
4	N_{retry}	3	-
5	K	500	-
6	K_{mess}	60	час ⁻¹

Анализ графиков, представленных на рис. 2 и 3, показывает, что при повышении интенсивности битовых ошибок наблюдается рост среднего числа информационных пакетов, отправляемых сенсорным устройством в процессе доставки сообщения серверу, а также увеличивается интенсивность отправки информационных пакетов сенсорными устройствами в IoT-системе. Результаты вычислений, полученные на основе применения разработанной модели, соответствуют логике исследуемого процесса обмена данными между сенсорными устройствами и сервером. С их учетом можно утверждать, что разработанная математическая модель адекватно отражает зависимость характеристик обмена данными между сенсорными устройствами и сервером от уровня битовых ошибок в беспроводных каналах IoT-системы.

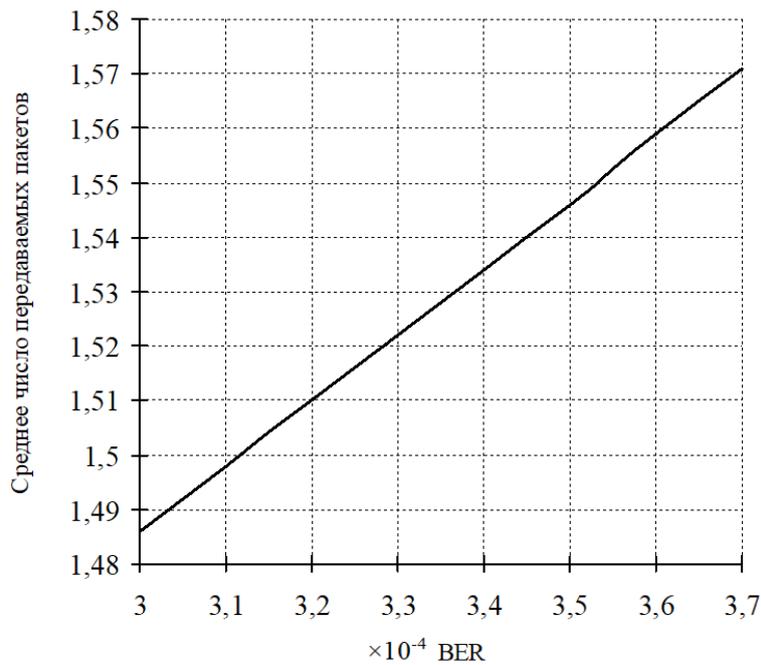


Рис. 2. График зависимости величины N_{Pack} от величины BER

Fig. 2. Graph of the dependence of value N_{Pack} on value BER

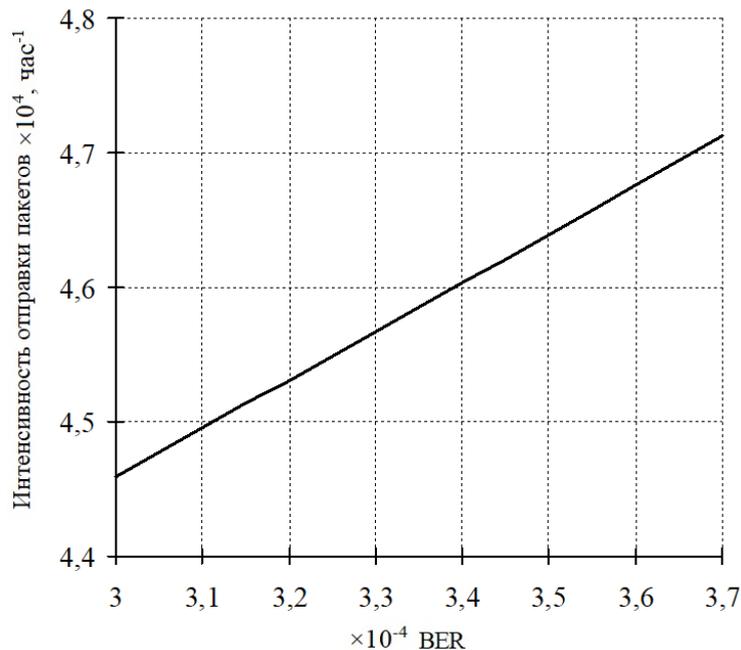


Рис. 3. График зависимости величины λ от величины BER

Fig. 3. Graph of the dependence of value λ on value BER

Данные о значениях интенсивности отправки пакетов, полученные с помощью разработанной математической модели, планируется использовать для оценивания среднего времени ожидания пакетов-подтверждений IoT-устройствами. С увеличением значений интенсивности отправки информационных пакетов в большей степени оказываются загруженными используемые беспроводные каналы и, как следствие, повышается время ожидания пакетов-подтверждений. На основе применения положений теории телетрафика планируется разработать математическую модель поступления на сервер информационных пакетов и отправки на эти пакеты подтверждений. При этом работа MQTT-сервера будет моделироваться как функционирование системы массового обслуживания, использующей заданное число беспроводных каналов для отправки подтверждений на корректно принятые управляющие пакеты данных. В качестве результата планируется получить аналитические выражения, позволяющие оценить среднее время ожидания подтверждений IoT-устройствами в зависимости от заданной битовой скорости передачи данных, битовой длины подтверждений, располагаемого числа беспроводных каналов и объема запоминающего устройства для буферизации подтверждений, ожидающих передачу.

Заключение

Таким образом, представляются перспективными исследования, ориентированные на совершенствование процессов передачи телеметрических сообщений в беспроводных IoT-системах удаленного мониторинга, используемых медицинскими работниками для своевременного оказания помощи наблюдаемым пациентам.

Разработана математическая модель информационного обмена информационными пакетами и пакетами-подтверждениями между MQTT-сервером и сенсорными устройствами, которая адекватно отражает зависимость интенсивности отправки пакетов при передаче телеметрических сообщений в IoT-системе в зависимости от значений коэффициента битовых ошибок, битовой длины передаваемых сообщений, разрешенного числа повторных передач потерянных пакетов данных и количества IoT-устройств, осуществляющих передачу сообщений.

Дальнейшие исследования будут посвящены разработке математической модели, позволяющей с использованием данных об интенсивности отправки информационных пакетов при передаче телеметрических сообщений оценить среднее время ожидания пакетов-подтверждений IoT-устройствами. Это даст возможность получить аналитические выражения для оценивания среднего времени доставки сообщений от узла-отправителя к узлу-адресату в зависимости от установленного интервала срабатывания таймера повторной передачи.

Список литературы

- Джамил К.Дж.К., Лихошерстов Р.В., Польщиков К.А. 2022. Модель передачи видеопотоков в летающей беспроводной самоорганизующейся сети. Экономика. Информатика, 49(2): 403–415. DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-2-403-415.
- Лихошерстов Р.В., Польщиков К.А., Лазарев С.А. 2024. Управление передачей видеопотоков в летающей беспроводной самоорганизующейся сети. Экономика. Информатика, 51(1): 221–231. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-221-231.
- Ясир М.Д.Я., Польщиков К.А., Маматов Е.М. 2023. Имитационная модель функционирования беспроводной сети с низким энергопотреблением. Экономика. Информатика, 50(3): 645–654. DOI: 10.52575/2687-0932-2023-50-3-645-654.
- Ясир М.Д.Я., Польщиков К.А. 2023. Оценивание энергопотребления узлов беспроводной сети датчиков. Инженерный вестник Дона, 9(105): 172–181.
- Ясир М.Д.Я., Польщиков К.А., Федоров В.И. 2023. Модель доставки сообщения в сенсорной сети с низким энергопотреблением. Экономика. Информатика, 50(2): 439–447. DOI:10.52575/2687-0932-2023-50-2-439-447.
- Aversano L., Bernardi M.L., Cimitile M. 2024. Explainable Anomaly Detection of Synthetic Medical IoT Traffic Using Machine Learning. SN Computer Science, 5: 488.
- Balasundaram A., Routray S., Prabu A.V., Krishnan P., Malla P.P., Maiti M. 2023. Internet of Things (IoT)-

- Based Smart Healthcare System for Efficient Diagnostics of Health Parameters of Patients in Emergency Care. *IEEE Internet of Things Journal*, 10(21): 18563–18570.
- Bender M., Kirdan E., Pahl M.-O., Carle G. 2021. Open-Source MQTT Evaluation. *IEEE 18th Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC)*, Las Vegas: 1–4
- Bhatti D. S., Hussain M. M., Suh B., Ali Z., Akobir I., Kim K.-I. 2024. IoT-Enhanced Transport and Monitoring of Medicine Using Sensors, MQTT, and Secure Short Message Service. *IEEE Access*, 12: 46690–46703.
- Bhardwaj A., El-Ocla H. 2020. Multipath Routing Protocol Using Genetic Algorithm in Mobile Ad Hoc Networks. *IEEE Access*, 8: 177534–177548.
- Gupta H., Nayak A. 2023. Use of MQTT-SN in Sending Distress Signals in Vehicular Communication. 2023 *International Symposium on Networks, Computers and Communications (ISNCC)*, Doha: 1–6.
- Herrero R. 2020. MQTT-SN, CoAP, and RTP in wireless IoT real-time communications. *Multimedia Systems*, 26: 643–654.
- Jameel J.Q., Mahdi T.N., Polshchikov K.A., Lazarev S.A., Likhoshevstov R.V., Kiselev V.E. 2022. Development of a mathematical model of video monitoring based on a self-organizing network of unmanned aerial vehicles. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, 10(6):84–95.
- Khanna A., Kaur S. 2020. Internet of Things (IoT), Applications and Challenges: A Comprehensive Review. *Wireless Personal Communications*, 114: 1687–1762.
- Konstantinov I., Polshchikov K., Lazarev S., Polshchikova O. 2017. Model of neuro-fuzzy prediction of confirmation timeout in a mobile ad hoc network. *CEUR Workshop Proceedings*, 1839: 174–186.
- Lakshminarayana S., Praseed A., Thilagam P. S. 2024. Securing the IoT Application Layer from an MQTT Protocol Perspective: Challenges and Research Prospects. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*. <https://doi.org/10.1109/COMST.2024.3372630> (дата обращения: 25.06.2024).
- Longo E., Redondi A.E.C. 2023. Design and implementation of an advanced MQTT broker for distributed pub/sub scenarios. *Computer Networks*, 224: 109601.
- Pasha A., Nagaraja S. R. 2023. An Efficient ECG Monitoring System using MQTT Protocol for Remote Patients in an IoT System. *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*, 12(1): 146–153.
- Polshchikov K., Lazarev S., Kiselev V., Shabeeb A. H. T. 2021. Justification for the decision on loading channels of the network of geocological monitoring of resources of the agroindustrial complex. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, 9(3): 781–787.
- Puri V., Kataria A., Sharma V. 2024. Artificial intelligence-powered decentralized framework for Internet of Things in Healthcare 4.0. *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*, 35(4): e4245.
- Ramphull D., Mungur A., Armoogum S., Pudaruth S. 2021. A Review of Mobile Ad hoc NETWORK (MANET) Protocols and their Applications. 5th *International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS)*, Madurai: 204–211.
- Sadoughi F., Behmanesh A., Sayfour N. 2020. Internet of things in medicine: A systematic mapping study. *Journal of Biomedical Informatics*, 103: 103383.
- Shafi I., Din S., Farooq S., Díez I., Breñosa J., Espinosa J.C.M. 2024. Design and development of patient health tracking, monitoring and big data storage using Internet of Things and real time cloud computing. *PLoS ONE*, 19(3): e0298582.
- Stitini O., Ouakasse F., Rakrak S., Kaloun S., Bencharef O. 2024. Combining IoMT and XAI for Enhanced Triage Optimization: An MQTT Broker Approach with Contextual Recommendations for Improved Patient Priority Management in Healthcare. *International Journal of Online & Biomedical Engineering*, 20(7):145.
- Wang J., Lim M.K., Wang C., Tseng M.-L. 2021. The evolution of the Internet of Things (IoT) over the past 20 years. *Computers & Industrial Engineering*, 155: 107174.
- Weqar M., Mehruz S., Gupta D., Urooj S. 2024. Adaptive Switching Based Data-Communication Model for Internet of Healthcare Things Networks. *IEEE Access*, 12: 11530–1548.
- Yaser M.J., Polshchikov K.A., Polshchikov I.K. 2023. Algorithm for ensuring the minimum power consumption of the end node in the LoRaWAN network. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, 11(4): 168–174.
- Yew H.T., Wong G.X., Wong F., Mamat M., Chung S.K. 2024. IoT-Based Patient Monitoring System. *Internet of Things*. https://doi.org/10.1007/978-981-97-1432-2_2.



References

- Jameel K.J.Q., Likhosherstov R.V., Polshchikov K.A. 2022. Model of Video Streams Transmission in a Flying Ad Hoc Network. *Economics. Information technologies*, 49(2): 403–415 (in Russian). DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-2-403-415.
- Likhosherstov R.V., Polshchikov K.A., Lazarev S.A. 2024. Control of Video Stream Transmission in a Flying Ad Hoc Network. *Economics. Information technologies*, 51(1): 221–231 (in Russian). DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-221-231.
- Yaser M., Polshchikov K.A., Mamatov E.M. 2023. Simulation Model of Functioning of a Low-Power Wireless Network. *Economics. Information technologies*, 50(3): 645–654 (in Russian). DOI: 10.52575/2687-0932-2023-50-3-645-654
- Jaser M.D.Ja., Pol'shnikov K.A. 2023. Ocenivanie jenergotreblenija uzlov besprovodnoj seti datchikov. *Inzhenernyj vestnik Dona*, 9(105): 172–181. (in Russian).
- Yaser M.J.Y., Polshchikov K.A., Fedorov V.I. 2023. Message Delivery Model in a LowPower Sensor Network. *Economics. Information technologies*, 50(2): 439–447 (in Russian). DOI: 10.52575/2687-0932-2023-50-2-439-447.
- Aversano L., Bernardi M.L., Cimitile M. 2024. Explainable Anomaly Detection of Synthetic Medical IoT Traffic Using Machine Learning. *SN Computer Science*, 5: 488.
- Balasundaram A., Routray S., Prabu A.V., Krishnan P., Malla P.P., Maiti M. 2023. Internet of Things (IoT)-Based Smart Healthcare System for Efficient Diagnostics of Health Parameters of Patients in Emergency Care. *IEEE Internet of Things Journal*, 10(21): 18563–18570.
- Bender M., Kirdan E., Pahl M.-O., Carle G. 2021. Open-Source MQTT Evaluation. *IEEE 18th Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC)*, Las Vegas: 1–4
- Bhatti D. S., Hussain M. M., Suh B., Ali Z., Akobir I., Kim K.-I. 2024. IoT-Enhanced Transport and Monitoring of Medicine Using Sensors, MQTT, and Secure Short Message Service. *IEEE Access*, 12: 46690–46703.
- Bhardwaj A., El-Ocla H. 2020. Multipath Routing Protocol Using Genetic Algorithm in Mobile Ad Hoc Networks. *IEEE Access*, 8: 177534–177548.
- Gupta H., Nayak A. 2023. Use of MQTT-SN in Sending Distress Signals in Vehicular Communication. *2023 International Symposium on Networks, Computers and Communications (ISNCC)*, Doha: 1–6.
- Herrero R. 2020. MQTT-SN, CoAP, and RTP in wireless IoT real-time communications. *Multimedia Systems*, 26: 643–654.
- Jameel J.Q., Mahdi T.N., Polshchikov K.A., Lazarev S.A., Likhosherstov R.V., Kiselev V.E. 2022. Development of a mathematical model of video monitoring based on a self-organizing network of unmanned aerial vehicles. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, 10(6):84–95.
- Khanna A., Kaur S. 2020. Internet of Things (IoT), Applications and Challenges: A Comprehensive Review. *Wireless Personal Communications*, 114: 1687–1762.
- Konstantinov I., Polshchikov K., Lazarev S., Polshchikova O. 2017. Model of neuro-fuzzy prediction of confirmation timeout in a mobile ad hoc network. *CEUR Workshop Proceedings*, 1839: 174–186.
- Lakshminarayana S., Praseed A., Thilagam P. S. 2024. Securing the IoT Application Layer from an MQTT Protocol Perspective: Challenges and Research Prospects. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*. <https://doi.org/10.1109/COMST.2024.3372630> (дата обращения: 25.06.2024).
- Longo E., Redondi A.E.C. 2023. Design and implementation of an advanced MQTT broker for distributed pub/sub scenarios. *Computer Networks*, 224: 109601.
- Pasha A., Nagaraja S. R. 2023. An Efficient ECG Monitoring System using MQTT Protocol for Remote Patients in an IoT System. *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*, 12(1): 146–153.
- Polshchikov K., Lazarev S., Kiselev V., Shabeeb A. H. T. 2021. Justification for the decision on loading channels of the network of geoeological monitoring of resources of the agroindustrial complex. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, 9(3): 781–787.
- Puri V., Kataria A., Sharma V. 2024. Artificial intelligence-powered decentralized framework for Internet of Things in Healthcare 4.0. *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*, 35(4): e4245.
- Ramphull D., Mungur A., Armoogum S., Pudaruth S. 2021. A Review of Mobile Ad hoc NETwork (MANET) Protocols and their Applications. *5th International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS)*, Madurai: 204–211.
- Sadoughi F., Behmanesh A., Sayfour N. 2020. Internet of things in medicine: A systematic mapping study. *Journal of Biomedical Informatics*, 103: 103383.

- Shafi I., Din S., Farooq S., Díez I., Breñosa J., Espinosa J.C.M. 2024. Design and development of patient health tracking, monitoring and big data storage using Internet of Things and real time cloud computing. PLoS ONE, 19(3): e0298582.
- Stitini O., Ouakasse F., Rakrak S., Kaloun S., Bencharef O. 2024. Combining IoMT and XAI for Enhanced Triage Optimization: An MQTT Broker Approach with Contextual Recommendations for Improved Patient Priority Management in Healthcare. International Journal of Online & Biomedical Engineering, 20(7):145.
- Wang J., Lim M.K., Wang C., Tseng M.-L. 2021. The evolution of the Internet of Things (IoT) over the past 20 years. Computers & Industrial Engineering, 155: 107174.
- Weqar M., Mehruz S., Gupta D., Urooj S. 2024. Adaptive Switching Based Data-Communication Model for Internet of Healthcare Things Networks. IEEE Access, 12: 11530–1548.
- Yaser M.J., Polshchykov K.A., Polshchikov I.K. 2023. Algorithm for ensuring the minimum power consumption of the end node in the LoRaWAN network. Periodicals of Engineering and Natural Sciences, 11(4): 168–174.
- Yew H.T., Wong G.X., Wong F., Mamat M., Chung S.K. 2024. IoT-Based Patient Monitoring System. Internet of Things. https://doi.org/10.1007/978-981-97-1432-2_2.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

Поступила в редакцию 01.07.2024

Поступила после рецензирования 29.08.2024

Принята к публикации 06.09.2024

Received July 01, 2024

Revised August 29, 2024

Accepted September 06, 2024

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Махди Тарек Нассер, магистр наук, преподаватель, Университет Мустансирия, г. Багдад, Ирак

Tareq N. Mahdi, MSc, Assistant Lecturer of the Mustansiriyah University, Baghdad, Iraq

Польщикова Константин Александрович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры информационных и робототехнических систем, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Konstantin A. Polshchykov, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Information and Robotic Systems, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia



УДК 004.052:004.33:658.155
DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-722-734

Универсальные показатели надежности накопителей информации в data-центрах

¹ Насыров И.Н., ² Насыров И.И., ³ Насыров Р.И.

¹ Казанский (Приволжский) федеральный университет
Россия, 420008, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Кремлевская, д. 18

² ООО «Телеком Интеграция»

Россия, 420015, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Подлужная, д. 60

³ ООО «Газпромнефть – Цифровые решения»

Россия, 190013, г. Санкт-Петербург, ул. Киевская, д. 5

E-mail: ecoseti@yandex.ru, ildarec@mail.ru, rinasyrov@gmail.com

Аннотация. Большие данные являются основой цифровой экономики. В связи с этим вопрос надежности хранения собираемых данных весьма актуален. Однако при оценке надежности накопителей информации существует проблема неоднозначности смысла, вкладываемого разными производителями в параметры состояния с одинаковыми наименованиями. Отсюда целью исследования является выявление такого набора параметров, который был бы универсален в качестве показателей надежности для любой марки накопителей любого производителя. Подбор универсальных показателей надежности накопителей информации выполнен на основе соотношений относительных значений SMART-параметров, представленных в открытом доступе data-центрами компании Backblaze за длительный период. В результате анализа выявлены наиболее подходящие в этом качестве параметры HDD: 1 Read error rate, 5 Reallocated sectors count, 7 Seek error rate, 10 Spin retry count, 196 Reallocation event count, 197 Current pending sector count, 198 Uncorrectable sector count. Для SSD универсальным является параметр 194 Temperature, но со слабо выраженной дифференциацией. Этот набор параметров позволяет выполнить сравнительную оценку надежности как по отдельным маркам, так и в целом по производителям накопителей информации.

Ключевые слова: большой объем данных, накопитель информации, data-центр, надежность, параметр, показатель

Для цитирования: Насыров И.Н., Насыров И.И., Насыров Р.И. 2024. Универсальные показатели надежности накопителей информации в data-центрах. Экономика. Информатика. 51(3): 722–734. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-722-734

Universal Reliability Indicators of Information Storage Devices in Data Centers

¹ Iskandar N. Nasyrov, ² Ildar I. Nasyrov, ³ Rustam I. Nasyrov

¹ Kazan (Volga region) Federal University
18 Kremlyovskaya St, Kazan 420008, Tatarstan, Russia

² Telecom Integration LLC

60 Podluzhnaya St, Kazan, Tatarstan 420015, Russia

³ Gazpromneft – Digital Solutions LLC

5 Kievskaya St, St. Petersburg 190013, Russia

E-mail: ecoseti@yandex.ru, ildarec@mail.ru, rinasyrov@gmail.com

Abstract. Big data is the basis of the digital economy. In this regard, the issue of collected data storage reliability is very relevant. However, when assessing the information storage device reliability, there is a problem of meaning ambiguity put by different manufacturers in the state parameters with the same names. Hence, the purpose of the study is to identify such a set of parameters that would be universal as reliability

indicators for any drives brand from any manufacturer. Universal indicators selection of information storage device reliability is based on relative values ratios of SMART parameters presented in the public domain by Backblaze data centers over a long period. The analysis revealed the most suitable HDD parameters in this capacity: 1 Read error rate, 5 Reallocated sectors count, 7 Seek error rate, 10 Spin retry count, 196 Reallocation event count, 197 Current pending sector count, 198 Uncorrectable sector count. For SSD, the 194 Temperature parameter is universal, but with a weakly expressed differentiation. This set of parameters makes it possible to perform a comparative reliability assessment both for individual brands and for manufacturers of information storage devices in general.

Keywords: big volume data, data storage device, data center, reliability, parameter, indicator

For citation: Nasyrov I.N., Nasyrov I.I., Nasyrov R.I. 2024. Universal Reliability Indicators of Information Storage Devices in Data Centers. Economics. Information technologies. 51(3): 722–734 (in Russian). DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-722-734

Введение

Актуальность исследования обусловлена необходимостью оценки и прогнозирования надежности гетерогенного набора накопителей информации в системах централизованного хранения (data-центрах) генерируемых в цифровой экономике больших объемов данных. Для этого регулярно снимаются и записываются сведения об их состоянии. Научной проблемой является значительное количество наименований параметров состояния (потенциально до 256, реально используемых 87, которое с 01.04.2023 увеличилось еще на 5 штук [Насыров и др., 2023б]) и полное или частичное отсутствие значений этих параметров для существенного числа накопителей разных торговых марок различных производителей [Nasyrov et al., 2019]. Цель исследования состоит в выборе наиболее предпочтительных из них для последующего использования в качестве универсальных показателей надежности, т. е. имеющих непустые значения и одинаковую интерпретацию для всех моделей накопителей [Насыров и др., 2023а].

Объекты и методы исследования

Информационной базой исследования послужили ежедневно записываемые SMART-данные (self-monitoring, analysis and reporting technology – технология самоконтроля, анализа и отчетности) накопителей, находящиеся в свободном доступе на сайте одной из крупнейших в мире групп коммерческих data-центров компании Backblaze (<https://www.backblaze.com/b2/hard-drive-test-data.html>). Они удовлетворяют всем требованиям для прогнозирования сбоев [Diallo et al., 2021], в связи с чем исследователи со всего мира активно используют их в своей работе в самых разных областях. В качестве методов исследования выбраны группировка, усреднение, сравнение и визуализация относительных значений параметров состояния продолжающих функционировать, снятых досрочно и отказавших накопителей информации за период с 10.04.2013 по 30.06.2022. Накопители на жестких дисках (HDD – hard disk drive) для «холодного» хранения и твердотельные на микросхемах (SSD – solid state drive) для оперативного использования информации рассматривались отдельно. Исходя из имеющего место различия по торговым маркам соотношение относительных значений параметров изучалось дифференцированно: 00MD00, HGST, Hitachi, Samsung, ST, Toshiba, WDC для HDD накопителей и CT, DELLBOSS, HP, MTFDDAV, Samsung SSD, Seagate, SSDSCKKB для SSD накопителей. Сначала вычислялись средние значения на один накопитель делением суммы значений параметров на количество продолжающих функционировать, снятых досрочно и отказавших накопителей отдельно. Потом их делили на максимальное из трех среднее значение в каждой группе, тем самым преобразуя в относительные величины, удобные для сравнения между разными торговыми марками [Nasyrov et al., 2018]. Затем определялись параметры, в которых средние относительные значения для отказавших накопителей превышали таковые для функционирующих.



Результаты

Получено, что действительно имеются параметры, значения которых у отказавших накопителей превышают значения у нормально функционирующих. Номера таких параметров и их количество приведены в табл. 1.

Таблица 1

Table 1

Номера и количество параметров, значения которых у отказавших накопителей превышают значения у нормально функционирующих, шт.

The numbers and amount of parameters whose values for failed drives exceed the values for normally functioning ones, pcs.

торговая марка	всего	отказ	номера параметров	итого
00MD00	2	0		0
HGST	53405	829	1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 10, 12, 196, 197, 198, 199	13
Hitachi	13246	541	1, 4, 5, 7, 10, 192, 193, 194, 196, 197, 198, 199	12
Samsung	18	1	1, 3, 4, 9, 11, 12, 13, 183, 187, 190, 194, 195, 197, 201	14
ST	179810	12098	1, 3, 4, 5, 7, 10, 11, 12, 15, 183, 184, 187, 188, 189, 193, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 223, 225, 240, 241, 242, 251, 252, 253, 255	30
Toshiba	53230	1125	1, 2, 4, 5, 8, 9, 10, 12, 193, 196, 197, 198, 222	13
WDC	16419	532	1, 3, 4, 5, 7, 9, 12, 188, 190, 191, 193, 196, 197, 198, 199, 200, 240	17
всего HDD	316130	15126		
CT	294	1	194	1
DELLBOSS	351	0		0
HP	110	108	1, 5, 9, 12, 160, 161, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 178, 192, 194, 196, 197, 198, 199, 232, 241, 242, 245	24
MTFDDAV	99	9	173, 174, 175, 188, 194, 235, 241, 245, 247, 248	10
Samsung	10	10	9, 12, 177, 190, 235, 241	6
Seagate	1828	21	170, 177, 194, 231, 232	5
SSDSCKKB	4	0		0
всего SSD	2696	149		

Из табл. 1 видно, что имеются параметры, обладающие одним из признаков универсальности, т. к. они повторяются для накопителей разных торговых марок. У HDD это параметры 1, 4, 197 с шестью повторами, 5, 12, 196, 198 с пятью повторами, 3, 7, 10, 193, 199 с четырьмя повторами, 9 с тремя повторами, 2, 8, 11, 183, 187, 188, 190, 194, 195, 200, 240 с двумя повторами. У SSD это параметры 194 с четырьмя повторами, 241 с тремя повторами, 9, 12, 177, 232, 235, 245 с двумя повторами.

Для универсальности также нужно не просто наличие непустых значений у параметров [Sahyadi, Forshaw, 2021], а чтобы они были у большинства накопителей более чем половины торговых марок. С этой точки зрения для HDD универсальными параметрами являются 1, 3, 4, 5, 7, 9, 10, 12, 194, 197, 198, 199 для семи торговых марок, 192, 193 для шести, 8, 196 для пяти, 2 для четырех.

С учетом того, что у накопителей торговой марки DELLBOSS никакие параметры не записывались, то для SSD универсальными параметрами являются 9, 12 для шести торговых марок, 1, 5, 194, 199 для пяти, 181, 182, 195, 198, 241 для четырех.

Для визуализации предварительно отобранных и перспективных в качестве универсальных показателей надежности на рис. 1-6 приведены соотношения относительных значений параметров состояния продолжающих функционировать, снятых досрочно и отказавших HDD и SSD накопителей.

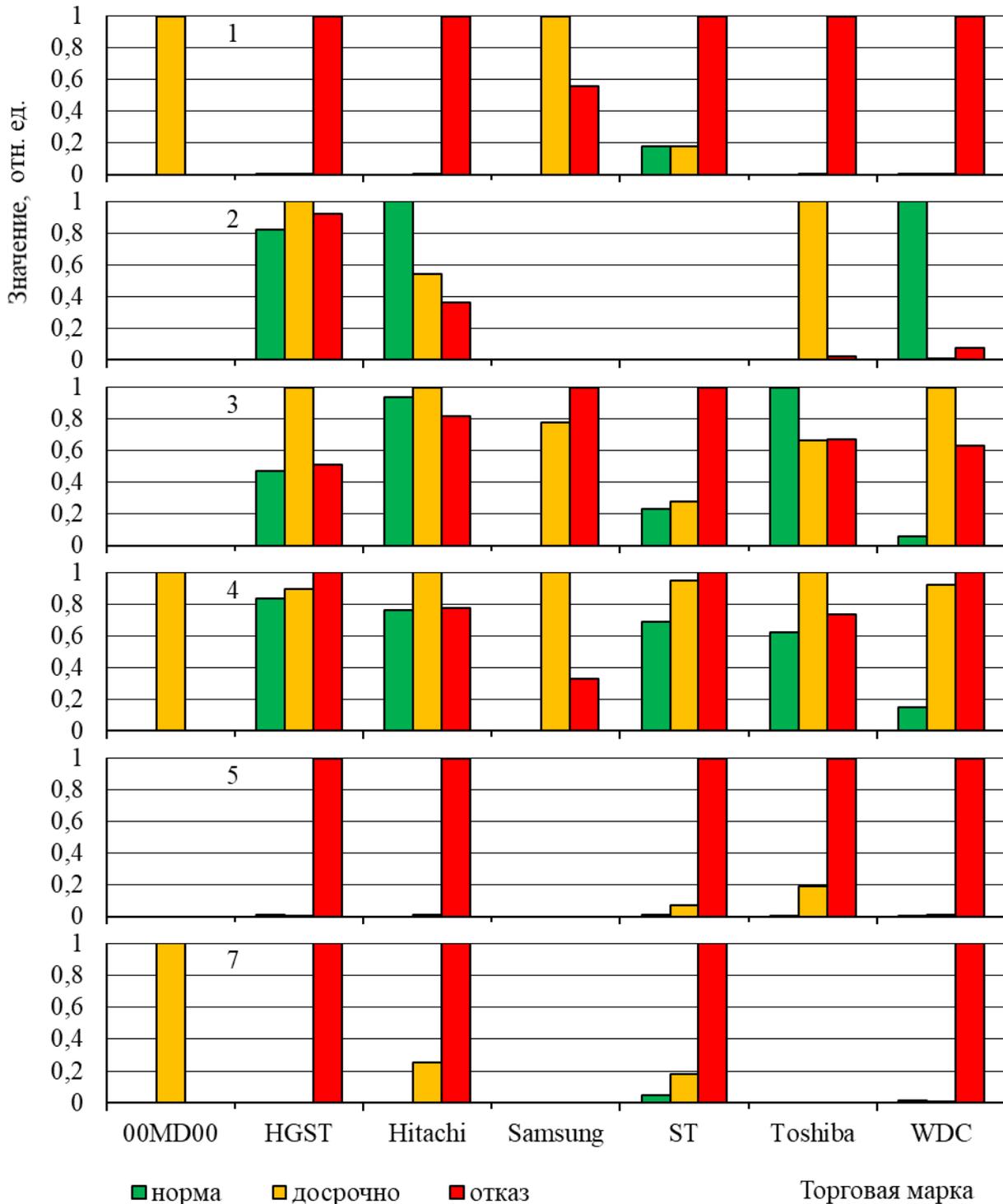


Рис. 1. Соотношения значений параметров 1, 2, 3, 4, 5, 7 продолжающих нормально функционировать (выделено зеленым цветом), снятых досрочно (оранжевым) и отказавших (красным) HDD накопителей, отн. ед.

Fig. 1. Ratios of parameters 1, 2, 3, 4, 5, 7 values for continuing to function normally (highlighted in green), removed ahead of schedule (orange) and failed (red) HDD drives, rel. units

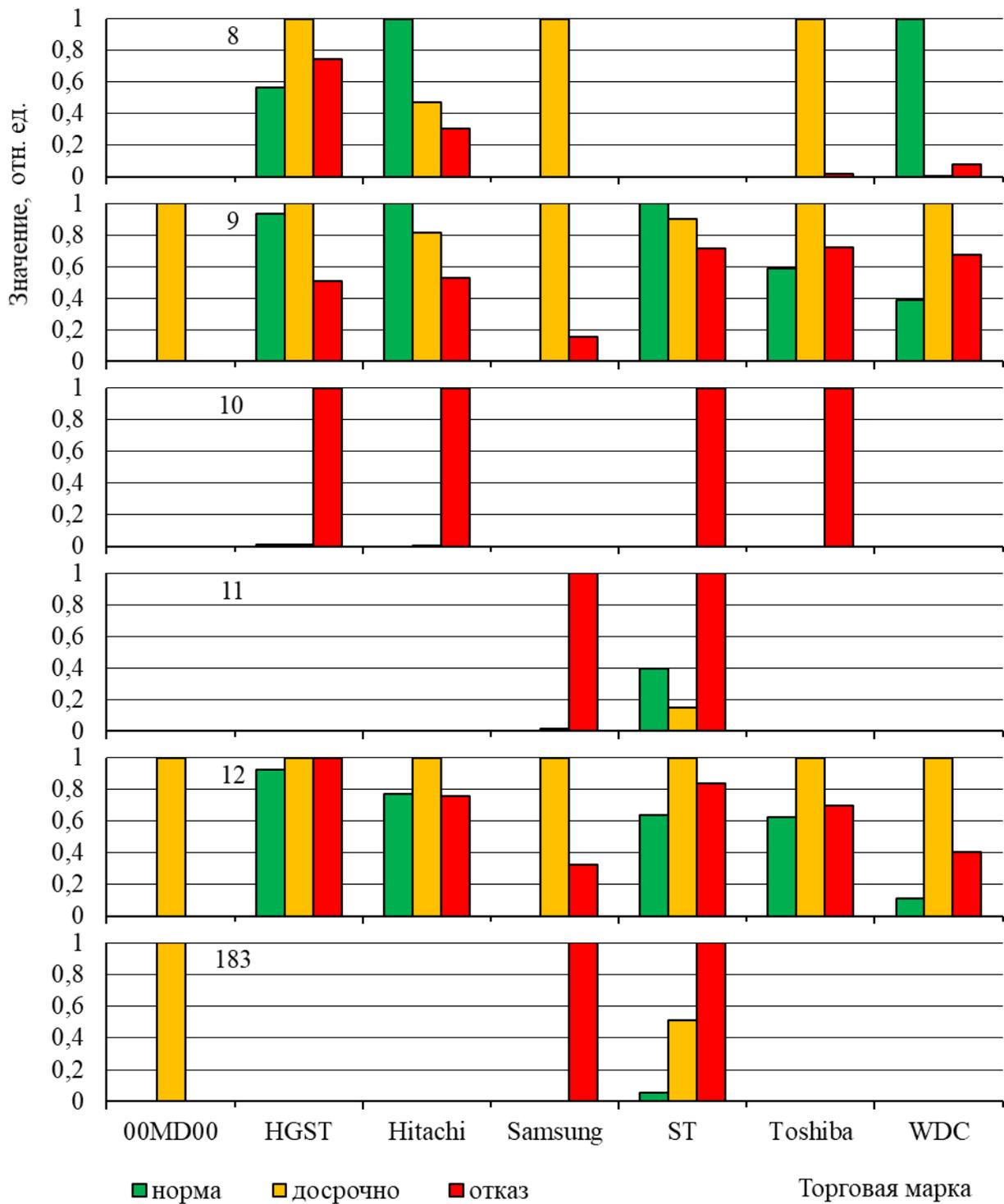


Рис. 2. Соотношения значений параметров 8, 9, 10, 11, 12, 183 продолжающих нормально функционировать (выделено зеленым цветом), снятых досрочно (оранжевым) и отказавших (красным) HDD накопителей, отн. ед.

Fig. 2. Ratios of parameters 8, 9, 10, 11, 12, 183 values for continuing to function normally (highlighted in green), removed ahead of schedule (orange) and failed (red) HDD drives, rel. units

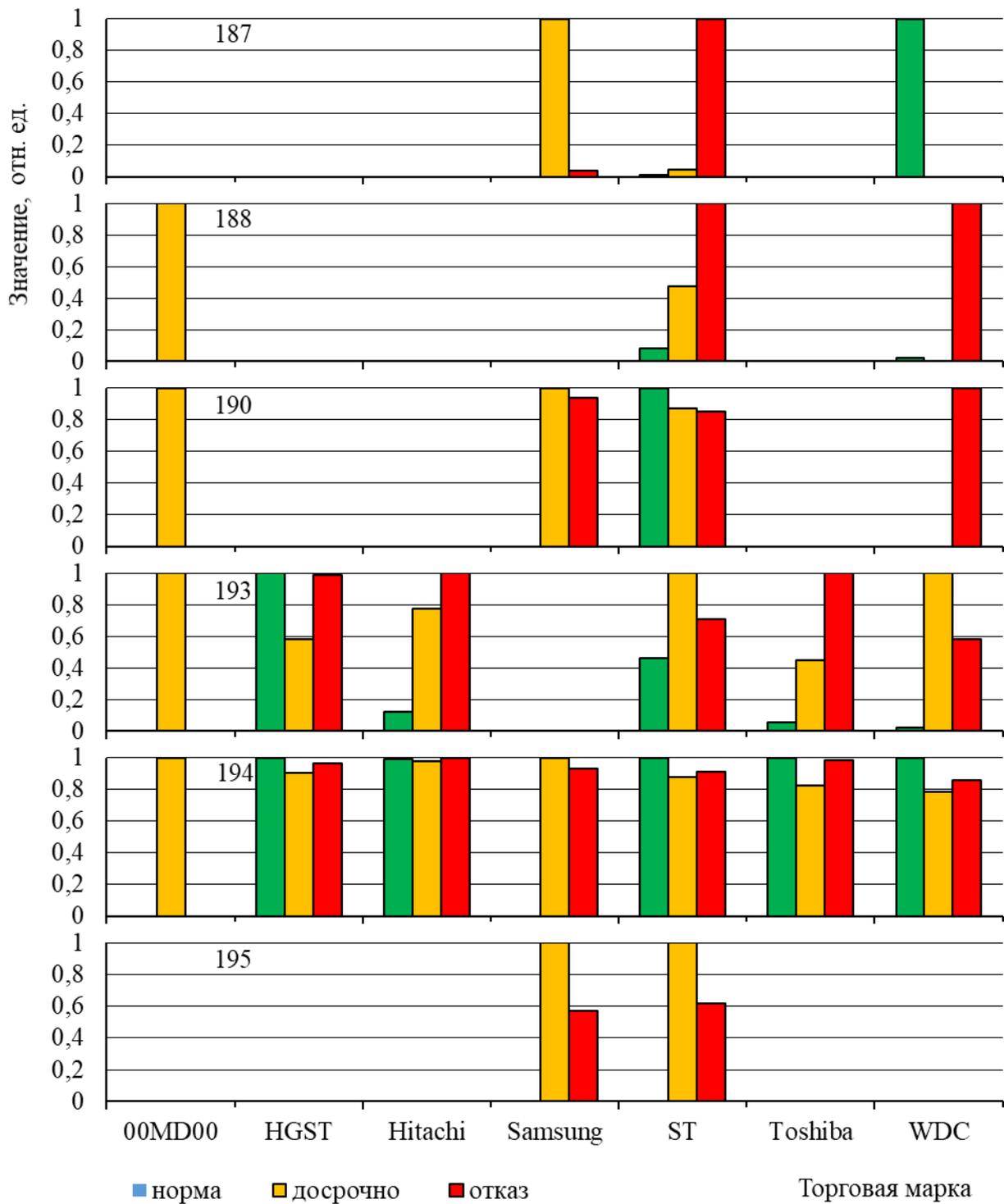


Рис. 3. Соотношения значений параметров 187, 188, 190, 193, 194, 195 продолжающих нормально функционировать (выделено зеленым цветом), снятых досрочно (оранжевым) и отказавших (красным) HDD накопителей, отн. ед.

Fig. 3. Ratios of parameters 187, 188, 190, 193, 194, 195 values for continuing to function normally (highlighted in green), removed ahead of schedule (orange) and failed (red) HDD drives, rel. units

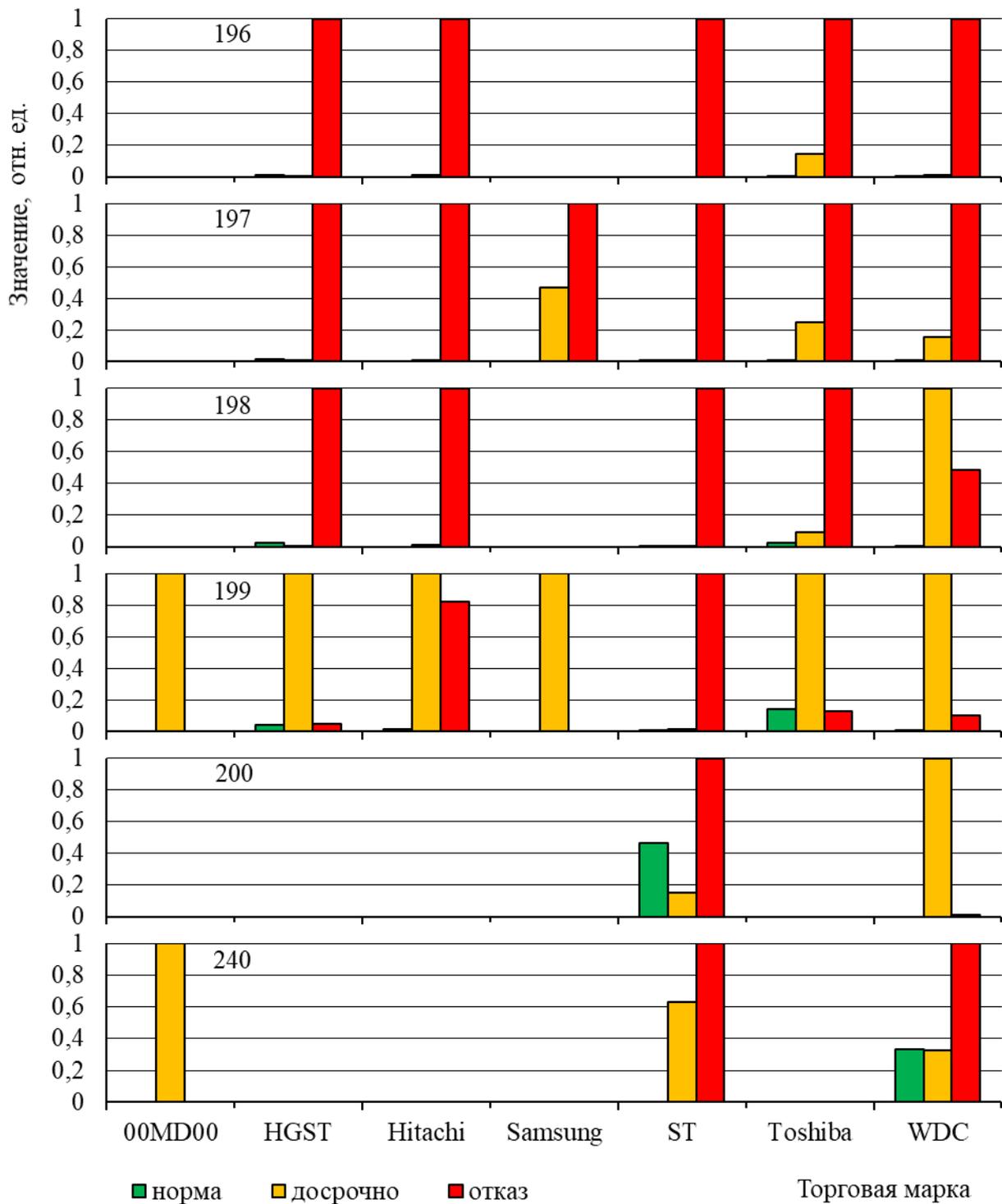


Рис. 4. Соотношения значений параметров 196, 197, 198, 199, 200, 240 продолжающих нормально функционировать (выделено зеленым цветом), снятых досрочно (оранжевым) и отказавших (красным) HDD накопителей, отн. ед.

Fig. 4. Ratios of parameters 196, 197, 198, 199, 200, 240 values for continuing to function normally (highlighted in green), removed ahead of schedule (orange) and failed (red) HDD drives, rel. units

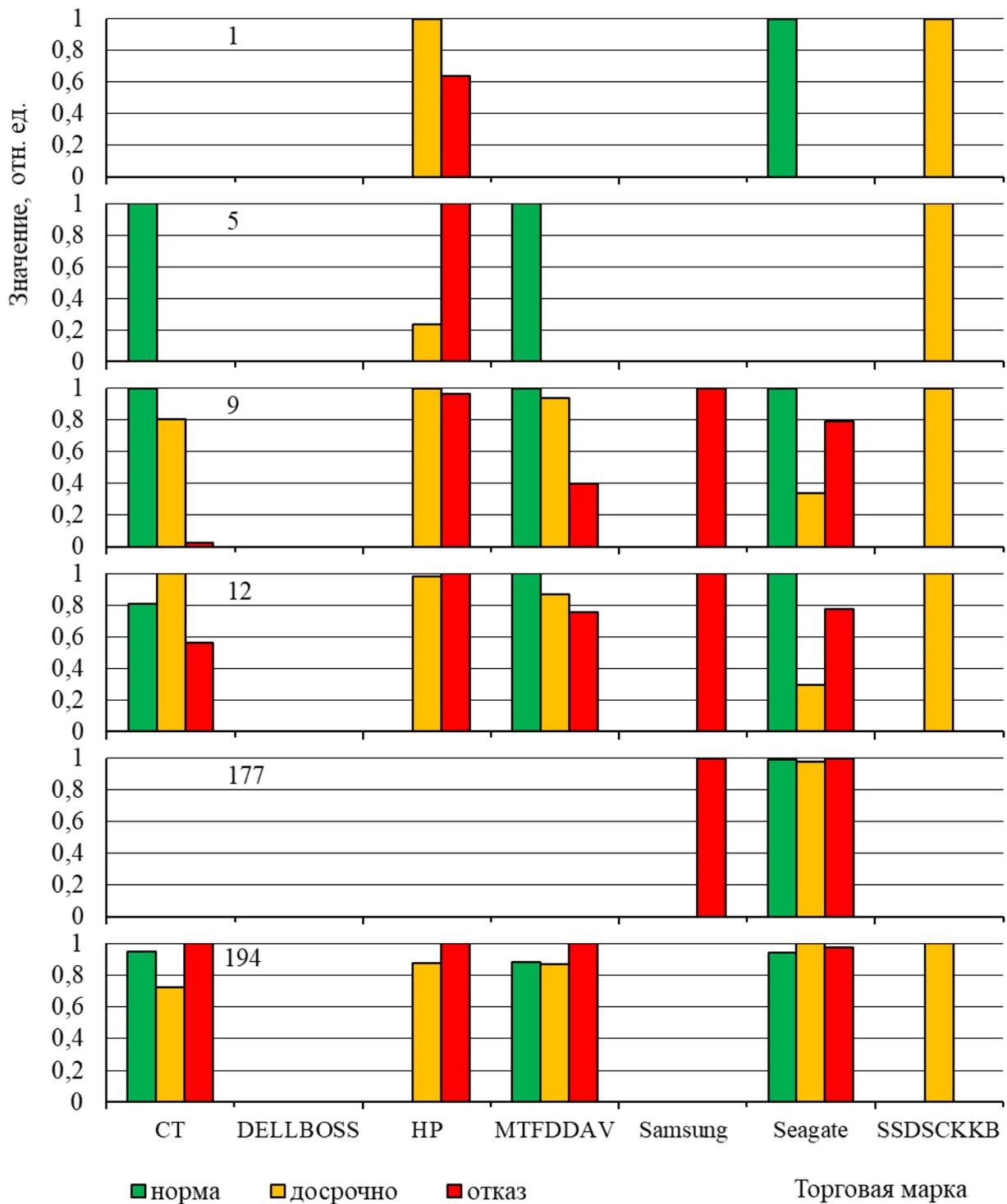


Рис. 5. Соотношения значений параметров 1, 5, 9, 12, 177, 194 продолжающих нормально функционировать (выделено зеленым цветом), снятых досрочно (оранжевым) и отказавших (красным) SSD накопителей, отн. ед.

Fig. 5. Ratios of parameters 1, 5, 9, 12, 177, 194 values for continuing to function normally (highlighted in green), removed ahead of schedule (orange) and failed (red) SSD drives, rel. units

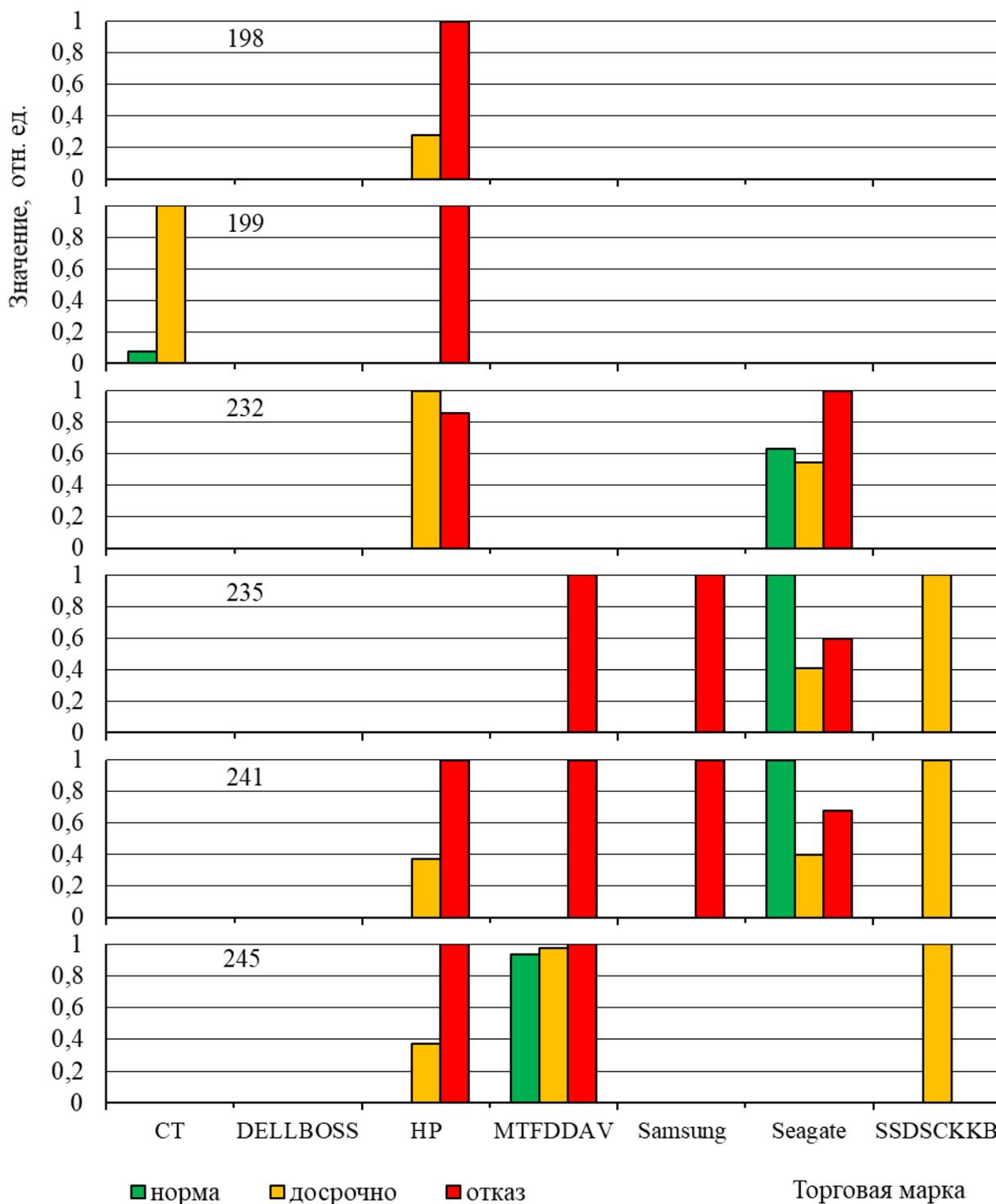


Рис. 6. Соотношения значений параметров 198, 199, 232, 235, 241, 245 продолжающих нормально функционировать (выделено зеленым цветом), снятых досрочно (оранжевым) и отказавших (красным) SSD накопителей, отн. ед.

Fig. 6. Ratios of parameters 198, 199, 232, 235, 241, 245 values for continuing to function normally (highlighted in green), removed ahead of schedule (orange) and failed (red) SSD drives, rel. units

Параметр 192 для HDD не рассматривался из-за отсутствия универсальности по признаку превышения значений в отказавших накопителях над нормально функционирующими (есть только для одной торговой марки Hitachi). Параметры 181, 182, 195 для SSD не рассматривались из-за полного отсутствия превышения значений в отказавших

накопителях над нормально функционирующими. Чтобы избежать влияния применяемых различными производителями разных способов нормализации везде принимались во внимание только так называемые «сырые» данные.

Обсуждение и выводы

Задача прогнозирования остаточного срока полезной службы дисковых накопителей данных часто рассматривается при обучении нейронных сетей [Демидова, Фурсов, 2021, 2023; Zhang et al., 2023]. Также для анализа выживаемости дисковых накопителей используются различные статистические методы [Демидова, Филатов, 2023], другие методы машинного обучения [Фурсов, Филатов, 2023; Юрков, Петров, 2021]. Однако детального обоснования выбранных для анализа параметров не приводится.

Визуализация соотношений относительных значений позволяет вполне определенно выбрать параметры 1, 5, 7, 10, 196, 197, 198 как наиболее универсальные по признаку превышения значений в отказавших HDD накопителях над нормально функционирующими. У них это превышение выражено максимально в отличие от параметров 4, 12, 193, 199 со слабой дифференциацией. По признаку полноты охвата разных торговых марок указанные параметры также предпочтительнее, чем параметры 11, 183, 188, 195, 200, 240, имеющиеся в наличии всего для двух торговых марок. Однако в случае если рассматриваются накопители только одной торговой марки, то последние параметры оказываются вполне пригодными [Arifuzzaman et al., 2022; Ircio et al., 2022]. Также если исследователи не дифференцируют накопители по торговым маркам, а одна из них значительно превалирует, то последние параметры покажутся им очень даже приемлемыми. Именно такая ситуация имеет место быть в гетерогенном наборе данных компании Backblaze, где накопители торговой марки ST (Seagate) составляют большинство.

Для SSD накопителей есть только один универсальный для большинства торговых марок параметр 194, но со слабо выраженным превышением значений в отказавших накопителях над нормально функционирующими. Более ярко выраженное превышение есть у параметров 232, 245 для двух торговых марок, 198, 199 для одной (HP). Следует отметить, что статистика по SSD накопителям пока мала.

Кроме этого, надо учесть, что значения параметров 197 и 198 в большей своей части совпадают [Ji et al., 2022]. Также весьма неожиданным является то, что хотя по определению надежностью считается время наработки на отказ [Pincirolì et al., 2022], однако значения параметра 9 Power-On Hours (число часов, проведенных во включенном состоянии) выше в отказавших накопителях над нормально функционирующими только у торговых марок Samsung, Toshiba, WDC для HDD и HP, Samsung для SSD.

Тем не менее можно сделать общий вывод о существовании набора параметров, вполне пригодных для практического применения в качестве универсальных показателей надежности накопителей информации в data-центрах.

Заключение

Таким образом, в результате исследования соотношений относительных значений выявлено, что существует набор SMART-параметров, наиболее подходящих для практического применения в качестве универсальных показателей надежности накопителей информации. Для HDD это: 1 Read error rate (частота ошибок при чтении данных с диска, происхождение которых обусловлено аппаратной частью диска), 5 Reallocated sectors count (число операций переназначения секторов), 7 Seek error rate (частота ошибок при позиционировании блока магнитных головок), 10 Spin retry count (число повторных попыток раскрутки дисков до рабочей скорости в случае, если первая попытка была неудачной), 196 Reallocation event count (число успешных и неуспешных операций переназначения), 197 Current pending sector count (число секторов, являющихся кандидатами на замену), 198 Uncorrectable sector count (число некорректируемых средствами диска секторов). Указанные параметры характеризуют как

состояние поверхности дисков (1, 5, 196, 197, 198), так и магнитных головок (7) и электродвигателя (10).

Для SSD это параметр 194 Temperature (температура внутри корпуса SSD или температура печатной платы, для HDD это показания встроенного термодатчика, которым служит одна из магнитных головок – обычно нижняя), но со слабо выраженной дифференциацией значений.

Список литературы

- Демидова Л.А., Филатов А.В. 2023. Анализ выживаемости дисковых накопителей с помощью метода Каплана-Мейера. *Высокопроизводительные вычислительные системы и технологии*. 7(1): 18–24. EDN XYBFNY.
- Демидова Л.А., Фурсов И.А. 2021. Разработка модели прогнозирования остаточного срока службы накопителей данных с использованием технологии рекуррентных нейронных сетей. *Высокопроизводительные вычислительные системы и технологии*. 5(1): 43–48. EDN CXSKCF.
- Демидова Л.А., Фурсов И.А. 2023. Машина экстремального обучения в задачах предсказания остаточного срока полезной службы дисковых накопителей. *Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета*. № 83: 22–35. DOI 10.21667/1995-4565-2023-83-22-35. EDN TYAOZM.
- Насыров И.Н., Насыров И.И., Насыров Р.И. 2023. Критерии ранжирования накопителей информации в data-центрах по надежности. *Труды Института системного анализа Российской академии наук*. 73(3): 59–68. DOI 10.14357/20790279230307. EDN LZLVJC.
- Насыров И.Н., Насыров И.И., Насыров Р.И. 2023. Нелинейный рост данных по надежности накопителей информации в data-центрах. *Цифровая экономика*. № S5(26): 38–44. DOI 10.34706/DE-2023-05-05. EDN MVMIDE.
- Фурсов И.А., Филатов А.В. 2023. Алгоритмические и программные средства определения остаточного времени жизни технических устройств. *Электронное информационное пространство для науки, образования, культуры: сб. мат. X межд. науч.-прак. конф. (Орёл, 14 декабря 2023)*. Орёл: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Орловский государственный институт культуры». 121–126. EDN DYTUEF.
- Юрков А.А., Петров А.В. 2021. Мониторинг здоровья жестких дисков. *Современные технологии в теории и практике программирования: сб. мат. науч.-прак. конф. (Санкт-Петербург, 22 апреля 2021)*. Санкт-Петербург: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого». 228–229. EDN ORSHGC.
- Arifuzzaman M., Bhuiyan M., Gumus M., Arslan E. 2022. Be SMART, Save I/O: A probabilistic approach to avoid uncorrectable errors in storage systems. *Proc. IEEE International Conference on Cluster Computing (CLUSTER)*. P. 256–266. DOI 10.1109/CLUSTER51413.2022.00038.
- Cahyadi, Forshaw M. 2021. Hard disk failure prediction on highly imbalanced data using LSTM network. *Proc. IEEE International Conference on Big Data (Big Data, 15–18 December 2021, Orlando, FL, USA)*. P. 3985–3991. DOI: 10.1109/BigData52589.2021.9671555.
- Diallo M.S., Mokeddem S.A., Braud A., Frey G., Lachiche N. 2021. Identifying benchmarks for failure prediction in industry 4.0. *Informatics*. 8(4). P. 68. DOI: 10.3390/informatics8040068.
- Ircio J., Lojo A., Lozano J.A., Mori U., Lozano J.A. 2022. A multivariate time series streaming classifier for predicting hard drive failures [Application notes]. *IEEE Computational Intelligence Magazine*. 17(1). P. 102–114. DOI 10.1109/MCI.2021.3129962.
- Ji S., Zuo X., Huang H. 2022. Disk failure prediction via lightGBM model. *Proc. SPIE 12331. International Conference on Mechanisms and Robotics (ICMAR 2022)*. 123313G (10 November 2022). DOI 10.1117/12.2652965.
- Nasyrov I.N., Nasyrov I.I., Nasyrov R.I., Khairullin B.A. 2018. Data mining for information storage reliability assessment by relative values. *International Journal of Engineering and Technology (UAE)*. 7(4.7 Sp. Is. 7). P. 204–208. DOI 10.14419/ijet.v7i4.7.20545.
- Nasyrov I.N., Nasyrov I.I., Nasyrov R.I., Khairullin B.A. 2019. Study of failure hazard degree in large data centers. *Helix*. 9(5). P. 5345–5349. DOI 10.29042/2019-5345-5349.
- Pinciroli R., Yang L., Alter J., Smirni E. 2022. Machine learning models for SSD and HDD reliability

prediction. Annual Reliability and Maintainability Symposium (RAMS). P. 1–7. DOI 10.1109/RAMS51457.2022.9893942.

Zhang M., Ge W., Tang R., Liu P. 2023. Hard Disk Failure Prediction Based on Blending Ensemble Learning. Applied Sciences (Switzerland). 13(5). P. 3288. DOI 10.3390/app13053288. EDN PRNOSV.

References

- Demidova L.A., Filatov A.V. 2023. Analysis of the survival rate of disk drives using the Kaplan-Meier method. High-performance computing systems and technologies. 7(1): 18–24. (in Russian).
- Demidova L.A., Fursov I.A. 2021. Development of a model for predicting the residual useful life of data drives using recurrent neural network technology. High-performance computing systems and technologies. 5(1): 43–48. (in Russian).
- Demidova L.A., Fursov I.A. 2023. ELM neural networks in the problems of predicting residual useful life of disk drives. Vestnik of RSREU. No. 83: 22–35. DOI 10.21667/1995-4565-2023-83-22-35. (in Russian).
- Nasyrov I.N., Nasyrov I.I., Nasyrov R.I. 2023. Criteria for ranking information storage devices in data centers by reliability. Proceedings of the Institute for Systems Analysis Russian Academy of Sciences (ISA RAS). 73(3): 59–68. DOI 10.14357/20790279230307. (in Russian).
- Nasyrov I.N., Nasyrov I.I., Nasyrov R.I. 2023. Data nonlinear growth on storage devices reliability in data centers. Cifrovaya ekonomika. No. S5(26): 38–44. DOI 10.34706/DE-2023-05-05. (in Russian).
- Fursov I.A., Filatov A.V. 2022. Algorithmic and software tools for determining the remaining life time of technical devices. Ehlektronnoe informacionnoe prostranstvo dlya nauki, obrazovaniya, kul'tury: sbornik materialov X mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (Oryol, 14 December 2023). Oryol: Oryol State Institute of Culture. P. 121–126.
- Yurkov A.A., Petrov A.V. 2021. Monitoring zdorov'ya zhestkikh diskov [Monitoring the health of hard drives]. Sovremennyye tekhnologii v teorii i praktike programmirovaniya: sbornik materialov nauchno-prakticheskoy konferentsii (Saint Petersburg, 22 April 2021). Saint Petersburg: Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, P. 228–229.
- Arifuzzaman M., Bhuiyan M., Gumus M., Arslan E. 2022. Be SMART, Save I/O: A probabilistic approach to avoid uncorrectable errors in storage systems. Proc. IEEE International Conference on Cluster Computing (CLUSTER). P. 256–266. DOI 10.1109/CLUSTER51413.2022.00038.
- Cahyadi, Forshaw M. 2021. Hard disk failure prediction on highly imbalanced data using LSTM network. Proc. IEEE International Conference on Big Data (Big Data, 15-18 December 2021, Orlando, FL, USA). P. 3985–3991. DOI: 10.1109/BigData52589.2021.9671555.
- Diallo M.S., Mokeddem S.A., Braud A., Frey G., Lachiche N. 2021. Identifying benchmarks for failure prediction in industry 4.0. Informatics. 8(4). P. 68. DOI: 10.3390/informatics8040068.
- Ircio J., Lojo A., Lozano J.A., Mori U., Lozano J.A. 2022. A multivariate time series streaming classifier for predicting hard drive failures [Application notes]. IEEE Computational Intelligence Magazine. 17(1). P. 102–114. DOI 10.1109/MCI.2021.3129962.
- Ji S., Zuo X., Huang H. 2022. Disk failure prediction via lightGBM model. Proc. SPIE 12331. International Conference on Mechanisms and Robotics (ICMAR 2022). 123313G (10 November 2022). DOI 10.1117/12.2652965.
- Nasyrov I.N., Nasyrov I.I., Nasyrov R.I., Khairullin B.A. 2018. Data mining for information storage reliability assessment by relative values. International Journal of Engineering and Technology (UAE). 7(4.7 Sp. Is. 7). P. 204–208. DOI 10.14419/ijet.v7i4.7.20545.
- Nasyrov I.N., Nasyrov I.I., Nasyrov R.I., Khairullin B.A. 2019. Study of failure hazard degree in large data centers. Helix. 9(5). P. 5345–5349. DOI 10.29042/2019-5345-5349.
- Pincioli R., Yang L., Alter J., Smirni E. 2022. Machine learning models for SSD and HDD reliability prediction. Annual Reliability and Maintainability Symposium (RAMS). P. 1–7. DOI 10.1109/RAMS51457.2022.9893942.
- Zhang M., Ge W., Tang R., Liu P. 2023. Hard Disk Failure Prediction Based on Blending Ensemble Learning. Applied Sciences (Switzerland). 13(5). P. 3288. DOI 10.3390/app13053288. EDN PRNOSV.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.



Поступила в редакцию 07.07.2024
Поступила после рецензирования 29.08.2024
Принята к публикации 06.09.2024

Received July 07, 2024
Revised August 29, 2024
Accepted September 06, 2024

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Насыров Искандар Наилович, доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры экономики предприятий и организаций, Набережночелнинский институт (филиал) Казанского (Приволжского) федерального университета, г. Казань, Россия

Насыров Ильдар Искандарович, кандидат технических наук, сервис-менеджер ООО «Телеком Интеграция», г. Казань, Россия

Насыров Рустам Искандарович, руководитель портфеля проектов ООО «Газпромнефть – Цифровые решения», Санкт-Петербург, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Iskandar N. Nasyrov, Doctor of Economics, Associate Professor, Professor of the Department of Economics of Enterprises and Organizations, Naberezhnye Chelny Institute (branch) Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia

Ildar I. Nasyrov, Candidate of Technical Sciences, Service Manager of Telecom Integration LLC, Kazan, Russia

Rustam I. Nasyrov, Head of the Project Portfolio of Gazpromneft – Digital Solutions LLC, St. Petersburg, Russia

УДК 004.9

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-735-748

Цифровой инструмент автоматизации процессов сбора, хранения и обработки данных об инновационном развитии регионов

Бекетов С.М., Федяевская Д.Э., Схведиани А.Е., Редько С.Г., Бурлуцкая Ж.В.

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Россия, 195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29

E-mail: salbek.beketov@spbpu.com

Аннотация. Данная работа посвящена разработке цифрового инструмента для автоматизации процессов сбора, хранения и обработки данных. В рамках исследования рассматриваются вопросы поддержания актуальности данных для цифровых инструментов исследования социально-экономических систем за счет адаптивных средств синхронизации данных с открытыми источниками. В исследовании поднимаются проблемы обработки больших данных, связанные с особенностями источников данных и соответствующих им проблем с качеством данных и непостоянством структур данных. На основании проанализированной информации разрабатываются функциональные требования к инструменту работы с данными с учетом особенностей источников данных, а также требований к использованию данных со стороны вычислительных моделей социально-экономических систем. Результатом работы является цифровой инструмент автоматизации процессов сбора, хранения и обработки данных, реализованный в качестве функционального модуля цифровой платформы инновационного развития регионов. Разработанное решение может быть адаптировано для аналогичных конфигурируемых систем хранения и обработки данных, в частности в цифровых платформах. Исследование реализовано в рамках проекта по разработке цифровой платформы региональной инновационной системы Российской Федерации как драйвера устойчивого развития.

Ключевые слова: цифровые инструменты, цифровая платформа, инновационное развитие регионов, автоматизированная загрузка, цифровые данные

Финансирование: исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (государственное задание № 075-03-2024-004 от 17.01.2024).

Для цитирования: Бекетов С.М., Федяевская Д.Э., Схведиани А.Е., Редько С.Г., Бурлуцкая Ж.В. 2024. Цифровой инструмент автоматизации процессов сбора, хранения и обработки данных об инновационном развитии регионов. Экономика. Информатика. 51(3): 735–748. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-735-748

A Digital Tool for Automating the Processes of Collecting, Storing and Processing Data on the Innovative Development of Regions

Salbek M. Beketov, Darya E. Fedyaevskaya, Angi E. Skhvediani,

Sergey G. Redko, Zhanna V. Burlutskaya

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

29 Politechnicheskaya St, Saint-Petersburg 195251, Russia

E-mail: salbek.beketov@spbpu.com

Abstract. This work is devoted to the development of a digital tool for automating the processes of data collection, storage and processing. The research examines the issues of maintaining the relevance of data for digital tools for the study of socio-economic systems through adaptive means of synchronizing data with open sources. The study raises the problems of big data processing related to the peculiarities of data sources and corresponding problems with data quality and the variability of data structures. Based on the analyzed

information, functional requirements to the data management tool are developed, taking into account the characteristics of data sources, as well as data usage requirements for computational models of socio-economic systems. The result of the work is a digital tool for automating the processes of data collection, storage and processing, implemented as a functional module of the digital platform for innovative development of regions. The developed solution can be adapted for similar configurable data storage and processing systems, in particular, in digital platforms. The research was implemented as part of a project to develop a digital platform for the regional innovation system of the Russian Federation as a driver of sustainable development.

Keywords: digital tools, digital platform, innovative development of regions, automated download, digital data

Funding: The research is funded by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (contract No. 075-03-2024-004 dated 17.01.2024).

For citation: Beketov S.M., Fedyavskaya D.E., Skhvediani A.E., Redko S.G., Burlutskaya Z.V. 2024. A Digital Tool for Automating the Processes of Collecting, Storing and Processing Data on the Innovative Development of Regions. *Economics. Information technologies*, 51(3): 735–748. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-735-748

Введение

Цифровая трансформация затрагивает широкий спектр областей, включая социально-экономические исследования и соответствующие им интеллектуальные системы поддержки принятия решений [Зверева и др., 2019]. Этот процесс является приоритетным в рамках обеспечения глобального устойчивого развития, так как использование цифровых инструментов обеспечивает экономию времени и ресурсов, а также доступ к анализу больших объемов данных [Senamor et al., 2019; Hasell et al., 2020], предоставляющих новые возможности для исследования систем.

Одним из инструментов цифровизации социально-экономических систем являются цифровые платформы, предоставляющие полный цикл работы с данными, включая: сбор, обработку, визуализацию и дальнейшее использование в вычислительных инструментах [Gorodetsky et al., 2019; Belov et al., 2021]. Однако точность цифровой платформы напрямую зависит от актуальности и качества данных, в свою очередь определяемого особенностями источников данных и системы взаимодействия с ними. Поскольку основными источниками данных об инновационном развитии регионов являются государственные офисы статистики, необходимо разработать эффективные методы сбора, хранения и обработки информации, соответствующие особенностям источников данного типа [Winther et al., 2019; Mathieu et al., 2021]. Стоит отметить, что источники данного типа содержат в основном неструктурированные динамические данные [Mehmood, Anees, 2022], что повышает риски возникновения ошибок при их сборе и обработке.

Автоматизация этих процессов сбора, хранения и обработки данных для цифровых платформ происходит на нескольких уровнях (уровень сбора данных, уровень хранения данных, уровень обработки данных, уровень представления данных) и включает в себя разработку взаимосвязанных модулей, обеспечивающих эффективную работу платформы в целом. В рамках проекта по разработке цифровой платформы региональной инновационной системы Российской Федерации как драйвера устойчивого развития уже разработан прототип цифровой платформы региональной инновационной системы Российской Федерации как драйвера устойчивого развития [Bolsunovskaya et al., 2023], и на данном этапе необходима ее доработка в части расширения функциональности за счет нового модуля, предназначенного для сбора, хранения и обработки данных об инновационном развитии регионов.

Таким образом, целью данной работы является разработка модуля для обеспечения сбора, хранения и обработки данных для цифровой платформы анализа инновационного

развития регионов. В рамках данной цели были решены следующие задачи: определение функциональных требований к цифровому инструменту автоматизации, определение исходных данных, разработка модуля анализа и обработки данных, разработка модуля автоматизированной загрузки данных.

Материалы и методы исследования

Перед началом разработки автоматизированной системы сбора, хранения и обработки данных для цифровой платформы анализа инновационного развития регионов необходимо определение функциональных требований к платформе, определение формата исходных данных, анализ цикла работы с ними и определение особенностей сбора и обработки данных для социально-экономического моделирования.

Исходные данные

Источники данных играют важную роль в научных исследованиях, представляя собой цифровые или физические хранилища, в которых хранятся информационные материалы различных форматов, включая таблицы, файлы и прочее. Для целей исследований источники данных обычно классифицируются на внутренние и внешние.

Внутренние данные находятся внутри системы, доступной для исследователей. В контексте социально-экономических и социотехнических систем внутренние источники данных могут включать в себя бухгалтерскую отчетность, отчеты отделов, экспертные мнения внутренних специалистов, данные, собранные с датчиков и прочее.

Внешние данные – это данные, собранные сторонними субъектами, хранятся во внешних источниках. Особенностью внешних данных является их возможная труднодоступность (в том числе за плату) и неполнота, а также низкое качество, связанное с ограниченной информацией о методах сбора и обработки данных. Внешние источники могут включать государственные и негосударственные публикации, услуги синдикатов и прочие внешние источники информации. Также при использовании внешних данных необходимо учитывать неизвестность методов сбора и обработки, которые могут сказаться на результатах анализа [Талканбаева, 2019].

Источники данных могут быть получены посредством трех основных методов: экспериментального, эмпирического (на основе исторических данных) и экспертного.

Экспериментальный метод основан на непосредственных наблюдениях и измерениях в реальном времени. Этот метод часто применяется в случае небольших систем, где объекты исследования доступны непосредственно для наблюдения. Однако данный подход требует значительных затрат времени и ресурсов, особенно в случае работы с комплексными системами.

Эмпирический метод базируется на использовании исторических данных, которые могут быть записаны и подвергнуты анализу. В контексте цифровизации различных аспектов жизни человека объемы данных, доступных для анализа, существенно увеличились. Эти данные могут быть использованы для создания моделей с использованием двух основных подходов: прямого использования исторических данных и построения теоретико-вероятностных распределений на их основе. Второй подход предпочтителен, так как позволяет учитывать различные статистические свойства данных. Однако он требует значительного объема данных и может потребовать сложной их обработки.

Экспертный метод основан на оценках экспертов. В случаях, когда исторические данные недоступны или неприменимы, а также для новых систем, оценки экспертов могут служить единственным источником формализованных данных. Существуют различные подходы к использованию экспертных оценок, включая метод Дельфи, который предполагает получение согласованных оценок от группы экспертов путем итеративного опроса и обсуждения. Этот метод может быть особенно полезен для моделирования

крупных систем, где доступ к непосредственным данным ограничен или отсутствует [Гинцяк и др., 2023].

При анализе крупных социально-экономических систем большую часть данных можно получить эмпирически из внешних источников: офисов статистики и отчетов органов исполнительной власти. При рассмотрении в качестве объекта исследования региональной инновационной системы следует обратить внимание на индексы научно-технологического и инновационного развития и данные, которые в них используются. Такими рейтингами являются следующие: Индекс научно-технологического развития, Национальный рейтинг научно-технологического развития субъектов Российской Федерации, Рейтинг инновационного развития субъектов Российской Федерации, Рейтинг инновационных регионов России SMART. Данные, используемые в рейтингах, пересекаются, что связано с опорой на открытые источники данных: Росстат, ЕМИСС, Минобрнауки России, Минпросвещения России, «Научная электронная библиотека» (e-library), Минэкопромразвития России. Такие источники данных содержат информацию предварительно обработанную (агрегированную) и представленную в виде цифровых документов (машиночитаемого формата).

При работе с одним внешним источником данных, как правило, этап предварительной обработки может быть пропущен, поскольку данные, полученные из этого источника, часто уже прошли процесс очистки и агрегации. Однако, когда речь идет об анализе сложных социально-экономических систем, важно понимать, что такие системы включают в себя множество взаимосвязанных переменных и факторов, которые могут быть представлены различными источниками данных.

Использование различных источников данных является ключевым для получения более полного и точного представления о системе. Однако эти данные могут различаться по различным качественным характеристикам, таким как формат, точность, полнота и даже надежность. Точность данных также может варьироваться в зависимости от того, как они были собраны и обработаны.

Именно поэтому при анализе сложных социально-экономических систем необходимо проводить комплексное исследование, которое учитывает различные источники данных. Этот процесс требует дополнительного этапа обработки, включающего в себя сравнение, сопоставление, стандартизацию и, возможно, даже объединение данных из разных источников. Такой подход позволяет учесть разнообразие данных и уменьшить искажения или ошибки, которые могут возникнуть из-за различий в данных.

Цикл работы с данными

В рамках разработки системы сбора, обработки и хранения данных необходимо определить цикл работы с данными в рамках эксплуатации цифровой платформы. Цикл работы с данными представлен на рис. 1.

Сбор данных представляет собой начальный этап цикла работы с данными, где информация собирается из различных источников. Сбор данных может включать в себя проведение экспериментов, анкетирование, интервью, наблюдение, а также использование открытых источников данных или доступ к уже существующим базам данным [Баклыская и др., 2023]. Для обеспечения повторяемости и воспроизводимости исследования необходима тщательная документация процесса сбора данных, включающая в себя описание источников, методов и условий сбора.

После сбора данных происходит их анализ и обработка на предмет целостности, точности и соответствия заранее установленным критериям, то есть парсинг и валидация данных. Данный этап включает в себя удаление дубликатов, исправление ошибок, преобразование данных в удобный формат и проверку на наличие недостающих или аномальных значений [Макаров, Намиот, 2023]. Отдельное внимание уделяется проверке качества данных и их соответствию ожидаемым стандартам и требованиям исследования.

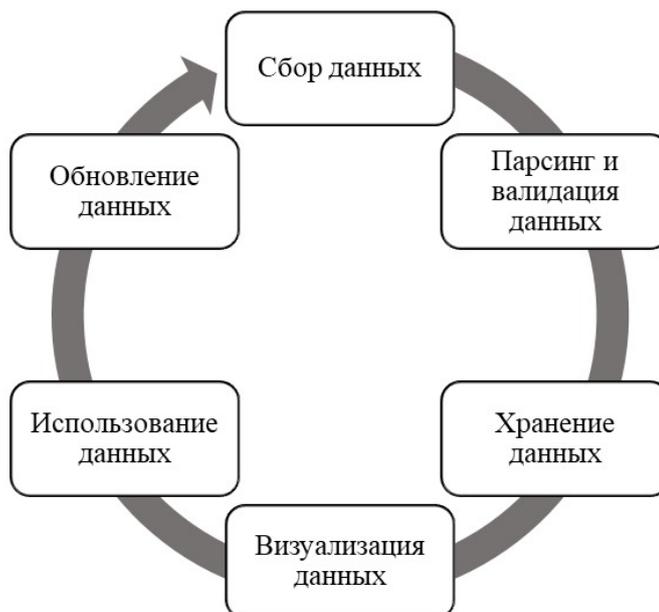


Рис. 1. Цикл работы с данными

Fig. 1. The data processing cycle

Для эффективного управления данными требуется выбор подходящего механизма их хранения, например, реляционная или нереляционная база данных, файловая система или облачное хранилище. При выборе формата и структуры хранения учитываются объем и типы данных, а также требования к доступу и безопасности [Хомоненко и др., 2023]. Важно также обеспечить резервное копирование данных для предотвращения потери информации.

Для более глубокого анализа данных важно визуализировать их, чтобы выявить закономерности, тренды и взаимосвязи. Визуализация может включать построение графиков, диаграмм, тепловых карт и других графических представлений данных. Визуализация позволяет исследователям лучше понимать структуру и характеристики данных, а также делиться результатами исследования с другими заинтересованными сторонами.

После обработки и визуализации данные готовы к использованию для достижения целей исследования. Возможно применение статистических методов, машинного обучения или других аналитических подходов для извлечения знаний из данных [Саханевич, 2020]. Результаты анализа могут быть использованы для формулирования гипотез, выявления закономерностей, подтверждения или опровержения теорий, а также принятия решений в различных областях науки и практики.

Цикл работы с данными является итеративным процессом, поэтому важно регулярно обновлять данные в соответствии с поступающей информацией или изменениями в окружающем мире [Хромова, Петросян, 2023]. Данный этап может включать в себя добавление новых данных, коррекцию ошибок или обновление алгоритмов обработки данных для улучшения качества и точности исследования. Обновленные данные позволяют улучшать результаты исследования и адаптировать их к изменяющимся условиям и требованиям.

Функциональные требования

В соответствии с особенностями выбранных источников данных и цикла работы с данными в рамках исследования социально-экономических систем были определены основные функциональные требования для инструмента сбора, хранения и обработки данных: настраиваемая автоматизированная загрузка данных из открытых источников офисов официальной статистики; парсинг и структурная валидация загружаемых данных (соответствие шаблонам и структурам текущих данных; семантическая валидация данных (соответствие ожидаемым значениям); интеграция новых данных в единую структуру

данных; хранение и идентификация данных; обеспечение доступа к данным (посредством специализированных запросов); визуализация данных; фильтрация данных; запись данных, полученных в результате имитационных экспериментов.

Таким образом, система должна обеспечивать автоматизированную загрузку данных, первичную обработку, хранение данных, доступ к данным из интерфейса платформы, фильтрацию данных и обработку запросов [Ricciato et al., 2019]. Предметная область не требует хранения всех данных о сущностях (как это происходит в информационно-поисковых системах) [Constantinides et al., 2018]. Следовательно, должен быть определен набор данных, необходимых для программной обработки и получения в результате массивов заданных показателей [Jovanovic et al., 2022].

Результаты и их обсуждение

Разработка модуля загрузки, анализа и обработки данных

В системе работы с данными платформы анализа социально-экономических систем необходимо производить двухуровневый процесс обработки. Модуль загрузки данных производит цикл ETL: сбор данных из источников, валидация и обработка, запись в хранилище. Затем модуль анализа собирает данные из базы данных для применения методов математического и статистического анализа данных, записывает в базу данных отдельные отношения. Модуль обработки данных производит выборки данных для их визуализации пользователю на платформе. Так как двухуровневая система работы с данными имеет особенность неоднократной записи данных в хранилище, необходимо обеспечить разработку специальной структуры базы данных для устранения аномалий добавления, удаления и изменения данных.

ETL-процесс (extract – transform – load) направлен на автоматизацию процесса сбора, обработки и записи данных в хранилище. Сбор производится путем обращения к одному или нескольким источникам данных. Обработка данных необходима для выборки данных, очистки и преобразования данных под необходимый формат.

ETL-процессы применяются в контексте формирования электронной демографии в качестве эффективного инструмента для социальных исследований и мониторинга данных о населении. Для успешной реализации данной задачи предлагается использовать технологию ETL с целью извлечения данных из различных источников и последующей консолидации. Предложенная архитектура многоуровневой системы обеспечивает возможность оптимизации процесса загрузки новых данных, что, в свою очередь, позволяет осуществлять анализ в реальном времени. Данная методология включает в себя изменение отношений данных или обновление значений с целью определения влияния различных изменений на демографическую ситуацию [Алгулиев и др., 2019; Шиккульский и др., 2022].

ETL-процессы также используются в отрасли розничной торговли, играют ключевую роль в анализе данных о закупках и продажах товаров. Например, при анализе данных о продажах магазина процесс извлечения (Extract) включает сбор информации о продажах из базы данных OLTP, содержащей транзакционные данные о каждой покупке. Затем данные подвергаются преобразованию (Transform), включая очистку, агрегацию, объединение с другими данными и применение бизнес-правил для подготовки к анализу. Наконец, подготовленные данные загружаются (Load) в аналитическую платформу, где они используются для проведения различных аналитических операций, включая прогнозирование спроса, анализ эффективности продаж и оптимизацию ассортимента товаров. Такой подход к ETL-процессам помогает компаниям в розничной торговле принимать обоснованные бизнес-решения на основе актуальных и точных данных о продажах и потребительском поведении [Mehmood, Anees, 2022].

После сбора данных из источников важной составляющей является проведение валидации – проверки данных на соответствие формату, полноте, отсутствию дубликатов.

Она может быть разделена на две составляющие: структурную и семантическую. Методы структурной валидации оценивают соответствие качественных параметров данных. В данном процессе используются методы для валидации: типов данных (данные из одного источника могут отличаться по точности: целые и дробные значения, проверка типов данных позволяет привести значения к единому формату); зависимостей и связей (проверка позволяет оценить наличие ранее установленных связей, таких как заполнение поля только в случае полноты другого); структуры входных файлов (наличие необходимых полей во входных файлах); ссылочной целостности.

Структурная валидация является предварительным шагом перед мэппингом данных (data mapping). На основе шаблона мэппинга и проведенных проверок производится трансформация исходных данных в определенный ранее исходный формат. Семантическая валидация проверяет, соответствуют ли данные ожидаемым значениям. При этом проверяется, например, соответствие ограничениям и наличие выбросов.

Загрузка данных является заключительным этапом записи данных в хранилище. Необходимо обеспечить механизм, позволяющий откатывать транзакцию в хранилище данных при возникновении ошибок для обеспечения целостности хранилища. Описание процесса представлено на рис. 2.

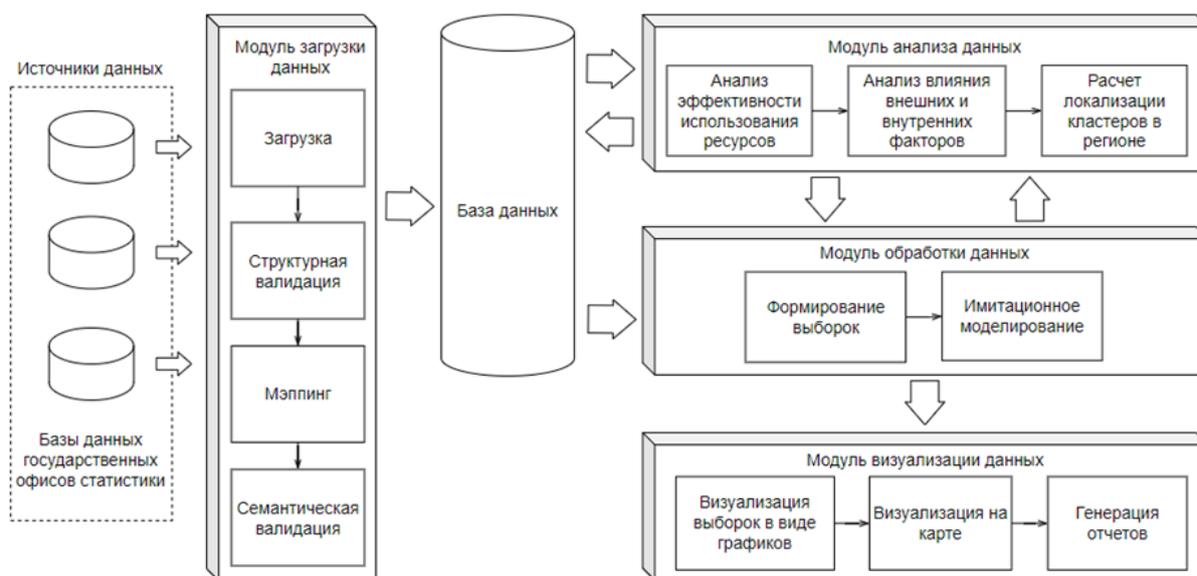


Рис. 2. Описание процесса загрузки, анализа и обработки данных
Fig. 2. Description of the data loading, analysis and processing process

Таким образом, цикл обработки данных начинается с загрузки данных с офисов официальной статистики [Winther et al., 2019], таких как РОССТАТ, ЕМИСС. Основной задачей официальных офисов статистики является сбор, обработка и анализ данных для определения состояния экономики и социальных процессов в стране. Они собирают и агрегируют большие наборы данных [Shastitko, Markova, 2020], которые потенциально могут быть использованы в социально-экономических исследованиях, в том числе моделировании социально-экономических систем. Исследования могут быть проведены над всеми сферами, которые отражены в отчетах офисов статистики.

В модулях анализа и обработки данных платформа обращается к хранилищу данных, которое является ядром систем. Модуль анализа данных включает в себя анализ эффективности и использования ресурсов, анализ влияния внешних и внутренних факторов и расчет локализации кластеров в регионе. Проходя через модуль обработки, данные могут быть уже визуализированы (в виде графиков, на карте, в отчетах). В хранилище должны находиться данные об объекте исследования (регион, город, сфера деятельности и т. д.) для

временного периода исследования. Таким образом, необходим инструмент добавления новых кортежей данных в хранилище, при этом обновление и изменение уже записанных данных не предусматривается. Такая система загрузки укладывается в аддитивную модель хранилища [Gorodetsky et al., 2019].

Разработка модуля автоматизированной загрузки данных

При управлении платформой могут быть рассмотрены несколько вариантов загрузки данных в хранилище:

- загрузка данных вручную (сотрудник заходит на сайты официальных офисов статистики, производит выгрузку необходимых файлов, обрабатывает их, производит загрузку в базу данных, обращаясь к системе управления базой данных);
- автоматизированная загрузка данных (система производит этап загрузки данных с официальных офисов статистики полностью без участия сотрудника);
- частичная автоматизация процесса (система производит какую-то часть процесса, сотрудник привлекается на подпроцессы).

Автоматизированная загрузка данных – достаточно сложная и комплексная задача, требующая разработки архитектуры модуля с учетом всех возможных операций с данными. Однако автоматизированная загрузка данных позволяет снизить потребление ресурсов на сопровождение платформы, а также исключить возможные ошибки, связанные с человеческим фактором. Преимущества такого способа загрузки данных обладают значительной ценностью для проекта в целом. На данном этапе исследования было принято решение спроектировать и реализовать модуль автоматизированной загрузки данных.

Основные связи модуля – это связь с базой данных цифровой платформы и с источником данных – официальными офисами статистики. Дополнительное управление модулем осуществляется пользователем платформы через пользовательский интерфейс, таким образом добавляется еще две связи.

Модуль загрузки данных должен выполнять следующие функциональности:

- взаимодействие с модулем конфигурации, что является частью модуля загрузки данных, который позволяет настроить параметры и конфигурации загрузки данных: источники, формат, режим загрузки и т. д.;
- соединение с государственными офисами статистики и сбор данных;
- парсинг – это процесс обработки и разбора информации, хранимой в источнике данных для её дальнейшей загрузки в хранилище;
- построение модели данных предполагает определение сущностей и связей между ними;
- проведение тестов, что позволяет проверить качество данных: соответствие формату, точность, полнота, отсутствие дубликатов и т. п.;
- проведение транзакции в хранилище данных. Модуль загрузки создает транзакцию, вносит изменения в базу данных и выполняет транзакцию; при возникновении ошибок модуль отменяет все изменения, что гарантирует целостность базы.

Изложенные функциональности модуля загрузки данных охватывают важные аспекты процесса сбора, обработки и сохранения информации. Однако среди них выделяются несколько блоков, которые могут потенциально вызвать проблемы в процессе реализации.

В рамках соединения с государственными офисами статистики и сбора данных причиной проблемы является то, что государственные структуры часто имеют ограниченный доступ к данным из-за политики безопасности, технических ограничений или сложностей в обмене информацией. Вследствие этого наблюдается непредсказуемость форматов данных, изменения в структуре информации, сложности в обработке больших объемов данных, а также соблюдении требований по безопасности и конфиденциальности.

Парсинг данных также является наиболее проблемным, так как разнообразие источников данных приводит к необходимости создания универсальных алгоритмов парсинга, что может быть сложно из-за непредсказуемой структуры данных. Данная проблема может быть охарактеризована неполной или некорректной документацией источников данных, изменениями в форматах или структуре данных без предварительного уведомления, а также обработкой специфических типов данных.

Также проблемой может являться проведение транзакции в хранилище данных, так как гарантирование целостности данных требует точного контроля за транзакциями. Появляется необходимость внедрения надежных механизмов отката транзакций при сбоях, обеспечение достаточной производительности при выполнении транзакций, а также обработка конфликтов при параллельных транзакциях.

Решение этих проблем требует тщательного анализа требований, разработки надежных алгоритмов и реализации механизмов обработки и восстановления при ошибках. Также важно учитывать технические особенности и специфику работы с каждым источником данных, а также предусмотреть механизмы мониторинга и отчетности для своевременного выявления и устранения проблем.

Механизмы мониторинга, а точнее обращение пользователя к модулю загрузки, происходит через интерфейс. Через него модуль сообщает о возникающих ошибках: соединения с сайтом офиса статистики, формата данных, записи в базу. Алгоритм автоматической загрузки данных описан с помощью UML-диаграммы и представлен на рис. 3.

Разработанный модуль загрузки данных обращается к сайтам официальных офисов статистики, производя проверку на наличие новых документов. Затем при обнаружении обновлений модуль производит их выгрузку и парсинг. На основании полученных данных строится модель данных, включающая в себя структуру данных (описание основных сущностей и их атрибутов, таких как таблицы, поля данных, связи между ними и их типы данных), поля данных, связи между таблицами, типы данных и ограничения, правила целостности.

После построения модели данных и загрузки информации из официальных источников, производится тестирование, которое представляет собой важный этап для обеспечения качества данных. На данном этапе осуществляется сравнение выгруженных данных с оригинальными источниками (например, сайтами официальных офисов статистики), чтобы удостовериться в точности и полноте выгрузки. Это включает в себя сопоставление значений показателей, дат и других характеристик данных. Проверяется также соответствие формата и типов данных, загруженных из источников, требованиям и ожидаемым структурам в модели данных. Осуществляется анализ данных на наличие дубликатов, то есть повторяющихся записей, которые могут исказить результаты анализа. Если обнаружены дубликаты, принимаются меры по их удалению или коррекции. Проводится также анализ на предмет наличия ошибок или неточностей в данных, включая проверку на наличие неожиданных значений, выбросов или пропущенных данных.

На основании результатов тестирования система принимает решение о том, следует ли загружать данные в хранилище или нет. Если данные прошли проверку успешно и не содержат серьезных ошибок, их можно передать в базу данных для дальнейшего анализа и использования. В случае выявления проблем, данные могут быть отклонены, и требуется корректировка или повторная загрузка. Таким образом, проведение тестов на этом этапе гарантирует высокое качество данных, что является ключевым аспектом в процессе автоматизации сбора и обработки информации.

Возвращаясь к вопросу об актуальности разработки модуля автоматической загрузки данных, стоит отметить, что загрузка данных вручную является причиной возникновения ряда проблем, например: ошибка ввода, необходимость постоянного мониторинга сайтов государственных офисов статистики в ожидании обновления документов, временные затраты сотрудников. Разработка и внедрение системы загрузки данных позволяет снизить совокупную стоимость владения и эксплуатации цифровой платформы [Лычагин, Позин,

2011]. Более того, разработка подобных модулей уже ведется и для других интеллектуальных систем управления социально-экономическими системами [Энгель, Энгель, 2018; Романчуков и др., 2020], что также подтверждает актуальность и востребованность подобных исследований.

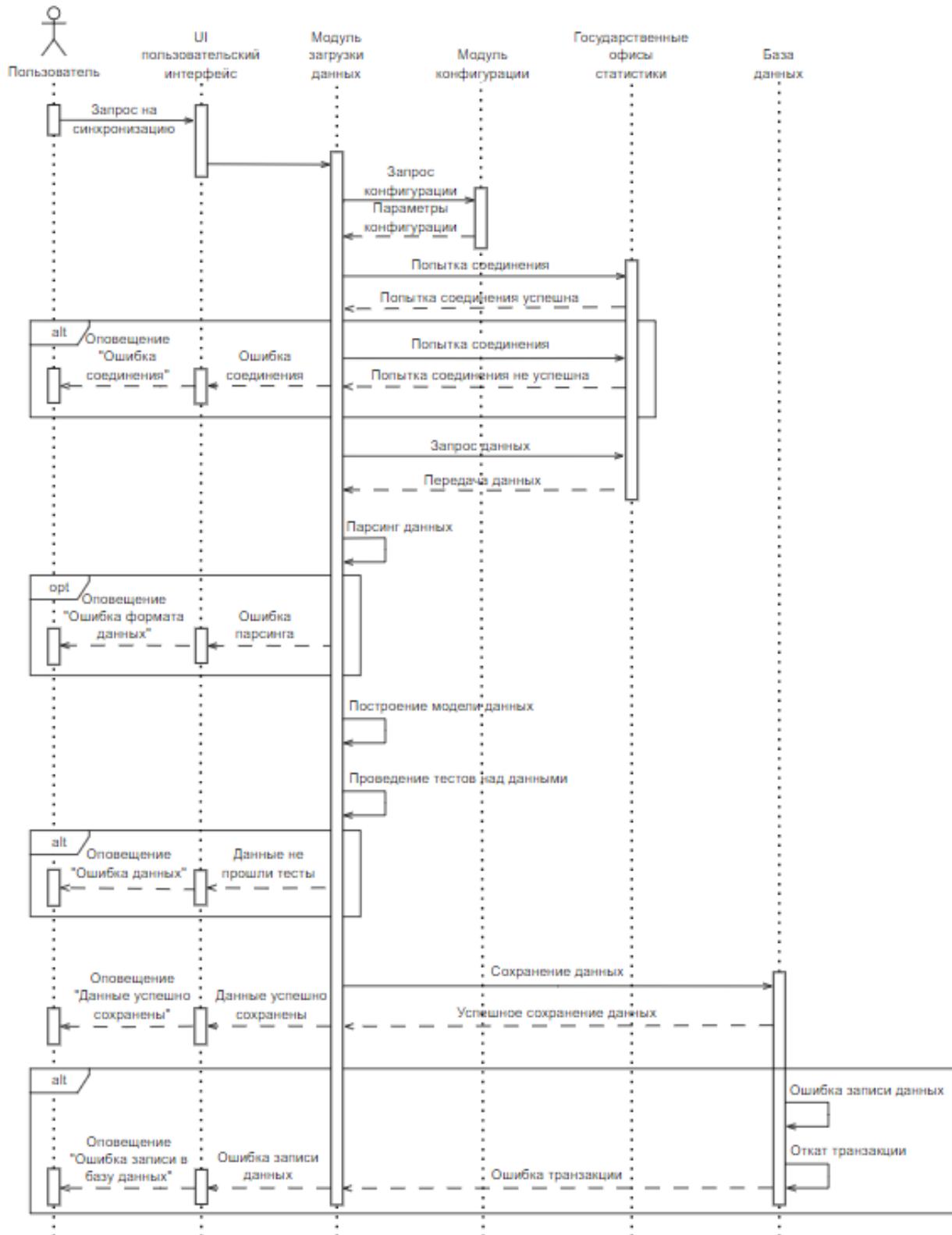


Рис. 3. UML-диаграмма последовательности работы модуля загрузки данных
 Fig. 3. UML diagram of the sequence of the data loading module operations

Обсуждение результатов исследования

Преимуществами представленного решения в сравнении с аналогами [Энгель, Энгель, 2018; Романчуков и др., 2020] являются интегрированные инструменты валидации данных, как структурной, так и семантической, что обеспечивает устойчивость системы – изменение структуры файла или неожиданные значения не приведут к ее сбою. Однако стоит отметить и текущие недостатки разработанной системы. На данном этапе разработки модуль не обрабатывает некоторое количество ошибок. Первая ошибка связана с форматом данных: система не добавит данные другого формата, поэтому эти ошибки будут обрабатываться человеком. Еще одним аспектом является обработка ошибок. Сейчас обработка замыкается на пользователе, которому приходят уведомления.

Перспективой доработки модуля является подключение нейросетевых алгоритмов по примеру исследования [Романчуков и др., 2020] для распознавания полей (заголовков) и последующая смена формата.

Заключение

В рамках данной работы рассматриваются преимущества применения цифровых технологий для автоматизации процессов сбора, хранения и обработки данных с учетом особенностей источников данных для исследования социально-экономических систем, а также соответствующих им проблем с качеством данных и непостоянством структур данных. Результатом работы является цифровой инструмент автоматизации процессов сбора, хранения и обработки данных, реализованный в качестве функционального модуля цифровой платформы инновационного развития регионов. Разработанное решение обеспечивает автоматизированное обращение к сайтам государственных офисов статистики, экспорт и обработку данных, проверку и последующую загрузку данных в хранилище.

Решаемая проблема, связанная с созданием автоматизированного модуля сбора, хранения и обработки данных для цифровых инструментов исследования социально-экономических систем, в частности цифровых платформ, представляет собой типовую задачу, а значит используемые методы и подходы, разработанные в ходе этой работы, могут быть успешно адаптированы и применены для других проектов. Так, данное исследование не только способствует развитию конкретной платформы, но и представляет ценный опыт, который может быть широко применен в других проектах и областях деятельности.

Исследование реализовано в рамках проекта по разработке цифровой платформы региональной инновационной системы Российской Федерации как драйвера устойчивого развития.

Список литературы

- Алгулиев Р.М.О., Алыгулиев Р.М.О., Юсифов Ф.Ф.О., Алекперова И.Я.Г. 2019. Формирование электронной демографии как эффективного инструмента социальных исследований и мониторинга данных о населении. Вопросы государственного и муниципального управления, (4): 61–86.
- Баклыская Л.Е., Чукмарева Е.А., Фишева Н.О. 2023. Атриум на территории университетского кампуса. Урбанистика, (3): 44–59. DOI: 10.7256/2310-8673.2023.3.43888.
- Гинцяк А.М., Бурлуцкая Ж.В., Федяевская Д.Э., Поспелов К.Н., Ракова В.В. 2023. Цифровое моделирование социотехнических и социально-экономических систем. DOI.10.18720/SPBPU/2/i23-253.
- Зверева А.А., Беляева Ж.С., Сохаг К. 2019. Влияние цифровизации экономики на благосостояние в развитых и развивающихся странах. Экономика региона, 15(4): 1050–1062. DOI: 10.17059/2019-4-7.
- Лычагин К.А., Позин Б.А. 2011. Снижение совокупной стоимости владения информационно-аналитической системой за счет создания системы интеграции данных. Открытое образование, (2): 238–242.
- Макаров А.В., Намиот Д.Е. 2023. Обзор методов очистки данных для машинного обучения. International Journal of Open Information Technologies, 11(10): 70–78.

- Романчуков С.В., Лызин И.А., Марухина О.В. 2020. Информационная система для анализа и моделирования социального и экономического развития региона. Информационные и математические технологии в науке и управлении, 3(19): 96–104.
- Саханевич Д.Ю. 2020. Исследование подходов и методов применения искусственного интеллекта и машинного обучения в социально-экономических процессах. Вестник Омского университета. Серия «Экономика», 18(2): 65–79. DOI: 10.24147/1812-3988.2020.18(2).65–79.
- Талканбаева Р.А. 2019. Цифровизация должна начинаться с регионов. Вестник Академии государственного управления при Президенте Кыргызской Республики, (26): 38–41.
- Хомоненко А.Д. 2023. О надежности и доступности объектных хранилищ данных. Интеллектуальные технологии на транспорте, (S1): 123–128.
- Хромова А.Р., Петросян Л.Э. 2023. Анализ уязвимостей в системах безопасности данных. Инженерный вестник Дона, (6 (102)): 67–76.
- Шиккульский М.И., Медведева О.В., Баркова В.М., Плешакова Л.А. 2022. Применение ETL-процессов для автоматизации анализа данных по розничным продажам. Инженерно-строительный вестник Прикаспия, 4 (42): 108–113. DOI: 10.52684/2312-3702-2022-42-4-108-113.
- Энгель Е.А., Энгель, Н.Е. 2018. Модернизация программного модуля «Загрузка данных для интеллектуальной модели». Вестник Хакасского государственного университета им. Н.Ф. Катанова, (23): 25–30.
- Belov S., Ilina A., Javadzade J., Kadochnikov I., Korenkov V., Pelevanyuk I., Semenov R., Zrellov P., Tarabrin V. 2021. Analytical platform for socio-economic studies. In CEUR Workshop Proceedings, 9: 619–623. DOI: 10.54546/MLIT.2021.81.99.001.
- Bolsunovskaya M.V., Kudryavtseva T.Y., Rudskaya I.A., Gintciak A.M., Zhidkov D.O., Fedyaevskaya D.E., Burlutskaya Z.V. 2023. Digital Platform for Modeling the Development of Regional Innovation Systems of Russian Federation. International Journal of Technology, 14(8): 1779–1789. DOI: 10.14716/ijtech.v14i8.6843.
- Cenamor J., Parida V., Wincent J. 2019. How entrepreneurial SMEs compete through digital platforms: The roles of digital platform capability, network capability and ambidexterity. Journal of Business Research, 100: 196–206. DOI: 10.1016/j.jbusres.2019.03.035.
- Constantinides P., Henfridsson O., Parker G.G. 2018. Introduction—platforms and infrastructures in the digital age. Information Systems Research, 29(2): 381–400. DOI: 10.1287/isre.2018.0794.
- Gorodetsky V.I., Laryukhin V.B., Skobelev P.O. 2019. Conceptual Model of a Digital Platform for Cyber-Physical Management of a Modern Enterprises Part 1. Digital Platform and Digital Ecosystem. Mekhatronika, Avtomatizatsiya, Upravlenie, 20(6): 323–332. DOI: 10.17587/mau.20.323-332.
- Hasell J., Mathieu E., Beltekian D., Macdonald B., Giattino C., Ortiz-Ospina E., Roser M., Ritchie H. 2020. A cross-country database of COVID-19 testing. Scientific Data, 7(1): 345. DOI: 10.1038/s41597-020-00688-8.
- Jovanovic M., Sjödin D., Parida V. 2022. Co-evolution of platform architecture, platform services, and platform governance: Expanding the platform value of industrial digital platforms. Technovation, 118: 102218. DOI: 10.1016/j.technovation.2020.102218.
- Mathieu E., Ritchie H., Ortiz-Ospina E., Roser M., Hasell J., Appel C., Giattino C., Rodes-Guirao. 2021. A global database of COVID-19 vaccinations. Nat Hum Behav, (5): 947–953. DOI: 10.1038/s41562-021-01122-8.
- Mehmood E., Anees T. 2022. Distributed real-time ETL architecture for unstructured big data. Knowledge and Information Systems, 64(12): 3419–3445. DOI: 10.1007/s10115-022-01757-7.
- Ricciato F., Wirthmann A., Giannakouris K., Skaliotis M. 2019. Trusted smart statistics: Motivations and principles. Statistical Journal of the IAOS, 35(4): 1–15. DOI: 10.3233/SJI-190584.
- Shastitko A.E., Markova O.A. 2020. An old friend is better than two new ones? Approaches to market research in the context of digital transformation for the antitrust laws enforcement. Voprosy Ekonomiki, (6): 37–55. DOI: 10.32609/0042-8736-2020-6-37-55.
- Winther K.T., Hoffmann M.J., Boes J.R., Mamun O., Bajdich M., Bligaard T. 2019. Catalysis-Hub. org, an open electronic structure database for surface reactions. Scientific data, 6(1): 75. DOI: 10.1038/s41597-019-0081-y.

References

- Alguliyev R.M., Aliguliyev R.M., Yusifov F.F., Alekperova I.Y. 2019. Developing Electronic Demography as an Effective Tool for Social Research and Monitoring Population Data. Public Administration Issue, (4): 61–86. (in Russian).

- Baklyskaia L.E., Chukmareva E.A., Fischeva N.O. 2023. Atrium na territorii universitetskogo kampusa [Atrium on the university campus]. *Urbanistika*, (3): 44–59. DOI: 10.7256/2310-8673.2023.3.43888.
- Gintsyuk A.M., Burlutskaya ZH.V., Fedyaevskaya D.E., Pospelov K.N., Rakova V.V. 2023. Digital modeling of sociotechnical and socio-economic systems. DOI:10.18720/SPBPU/2/i23-253. (in Russian).
- Zvereva A.A., Belyaeva Zh.S., Sohag K. 2019. Impact of the Economy Digitalization on Welfare in the Developed and Developing Countries. *Ekonomika regiona*, 15(4): 1050–1062. DOI: 10.17059/2019-4-7. (in Russian).
- Lychagin K.A., Pozin B.A. 2011. Snizhenie sovokupnoj stoimosti vladeniya informacionno-analiticheskoy sistemoy za schet sozdaniya sistemy integracii dannyh [Reducing the total cost of ownership of an information and analytical system by creating a data integration system]. *Otkrytoe obrazovanie*, (2): 238–242.
- Makarov A.V., Namiot D.E. 2023. Overview of data cleaning methods for machine learning. *International Journal of Open Information Technologies*, 11(10): 70–78. (in Russian).
- Romanchukov S.V., Lyzin I.A., Marukhina O.V. 2020. Information system for analysis and modeling of social and economic development of the region. *Information and mathematical technologies in science and management*, 3(19): 96–104. (in Russian).
- Sakhnevich D.Yu. 2020. Research of approaches and methods of applying artificial intelligence and machine learning in socio-economic processes. *Herald of Omsk University. Series "Economics"*, 18(2): 65–79. DOI: 10.24147/1812-3988.2020.18(2).65-79. (in Russian).
- Talkanbaeva R.A. 2019. Digitalization must begin from regions. *Vestnik akademii gosudarstvennogo upravleniya pri prezidente kyrgyzskoj respubliky*, (26): 38–41. (in Russian).
- Khomonenko A.D. 2023. About the reliability and availability of object data stores. *Intellectual technologies on transport*, (S1): 123–128. (in Russian).
- Hromova A.R., Petrosjan L.E. 2023. Analiz ujazvimostej v sistemah bezopasnosti dannyh [Analysis of vulnerabilities in data security systems]. *Inzhenernyj vestnik Dona*, (6 (102)): 67–76.
- Shikulskiy M.I., Medvedeva O.V., Barkova V.M., Pleshakova L.A. 2022. Application of etl processes for automation of retail sales data analysis. *Inzhenerno-stroitel'nyj vestnik Prikaspija*, 4 (42): 108–113. DOI: 10.52684/2312-3702-2022-42-4-108-113. (in Russian).
- Engel E.A., Engel N.E. 2018. Modernizacija programmogo modulja "Zagruzka dannyh dlja intellektual'noj modeli" [Modernization of the software module "Data loading for an intelligent model"]. *Vestnik Hakasskogo gosudarstvennogo universiteta im. NF Katanova*, (23): 25–30.
- Belov S., Ilina A., Javadzade J., Kadochnikov I., Korenkov V., Pelevanyuk I., Semenov R., Zrellov P., Tarabrin V. 2021. Analytical platform for socio-economic studies. In *CEUR Workshop Proceedings*, 9: 619–623. DOI: 10.54546/MLIT.2021.81.99.001.
- Bolsunovskaya M.V., Kudryavtseva T.Y., Rudskaya I.A., Gintciak A.M., Zhidkov D.O., Fedyaevskaya D.E., Burlutskaya Z.V. 2023. Digital Platform for Modeling the Development of Regional Innovation Systems of Russian Federation. *International Journal of Technology*, 14(8): 1779–1789. DOI: 10.14716/ijtech.v14i8.6843.
- Cenamora J., Parida V., Wincent J. 2019. How entrepreneurial SMEs compete through digital platforms: The roles of digital platform capability, network capability and ambidexterity. *Journal of Business Research*, 100: 196–206. DOI: 10.1016/j.jbusres.2019.03.035.
- Constantinides P., Henfridsson O., Parker G.G. 2018. Introduction—platforms and infrastructures in the digital age. *Information Systems Research*, 29(2): 381–400. DOI: 10.1287/isre.2018.0794.
- Gorodetsky V.I., Laryukhin V.B., Skobelev P.O. 2019. Conceptual Model of a Digital Platform for Cyber-Physical Management of a Modern Enterprises Part 1. *Digital Platform and Digital Ecosystem. Mekhatronika, Avtomatizatsiya, Upravlenie*, 20(6): 323–332. DOI: 10.17587/mau.20.323-332.
- Hasell J., Mathieu E., Beltekian D., Macdonald B., Giattino C., Ortiz-Ospina E., Roser M., Ritchie H. 2020. A cross-country database of COVID-19 testing. *Scientific Data*, 7(1): 345. DOI: 10.1038/s41597-020-00688-8.
- Jovanovic M., Sjödin D., Parida V. 2022. Co-evolution of platform architecture, platform services, and platform governance: Expanding the platform value of industrial digital platforms. *Technovation*, 118: 102218. DOI: 10.1016/j.technovation.2020.102218.
- Mathieu E., Ritchie H., Ortiz-Ospina E., Roser M., Hasell J., Appel C., Giattino C., Rodes-Guirao. 2021. A global database of COVID-19 vaccinations. *Nat Hum Behav*, (5): 947–953. DOI: 10.1038/s41562-021-01122-8.

- Mehmood E., Anees T. 2022. Distributed real-time ETL architecture for unstructured big data. *Knowledge and Information Systems*, 64(12): 3419–3445. DOI: 10.1007/s10115-022-01757-7.
- Ricciato F., Wirthmann A., Giannakouris K., Skaliotis M. 2019. Trusted smart statistics: Motivations and principles. *Statistical Journal of the IAOS*, 35(4): 1–15. DOI: 10.3233/SJI-190584.
- Shastitko A.E., Markova O.A. 2020. An old friend is better than two new ones? Approaches to market research in the context of digital transformation for the antitrust laws enforcement. *Voprosy Ekonomiki*, (6): 37–55. DOI: 10.32609/0042-8736-2020-6-37-55.
- Winther K.T., Hoffmann M.J., Boes J.R., Mamun O., Bajdich M., Bligaard T. 2019. Catalysis-Hub. org, an open electronic structure database for surface reactions. *Scientific data*, 6(1): 75. DOI: 10.1038/s41597-019-0081-y.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

Поступила в редакцию 19.08.2024

Received August 19, 2024

Поступила после рецензирования 05.09.2024

Revised September 05, 2024

Принята к публикации 06.09.2024

Accepted September 06, 2024

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Бекетов Сальбек Мустафаевич, аналитик лаборатории «Цифровое моделирование промышленных систем», Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург, Россия

Salbek M. Beketov, Analyst at the Laboratory of Digital Modeling of Industrial Systems, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Saint-Petersburg, Russia

Федяевская Дарья Эдуардовна, аналитик лаборатории «Цифровое моделирование промышленных систем», Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург, Россия

Daria E. Fedyaevskaya, Analyst at the Laboratory of Digital Modeling of Industrial Systems, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Saint-Petersburg, Russia

Схведиани Анги Ерастиевич, кандидат экономических наук, доцент Высшей инженерно-экономической школы, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург, Россия

Angi E. Skhvediani, Candidate in Economics Sciences, Associate Professor at the Higher School of Engineering and Economics, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Saint-Petersburg, Russia

Редько Сергей Георгиевич, доктор технических наук, директор Высшей школы проектной деятельности и инноваций в промышленности, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург, Россия

Sergey G. Redko, Doctor of Technical Sciences, Director of Higher School of Design and Innovation in Industry, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Saint-Petersburg, Russia

Бурлуцкая Жанна Владиславовна, младший научный сотрудник лаборатории «Цифровое моделирование промышленных систем», Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург, Россия

Zhanna V. Burlutskaya, Junior researcher at the Laboratory of Digital Modeling of Industrial Systems, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Saint-Petersburg, Russia