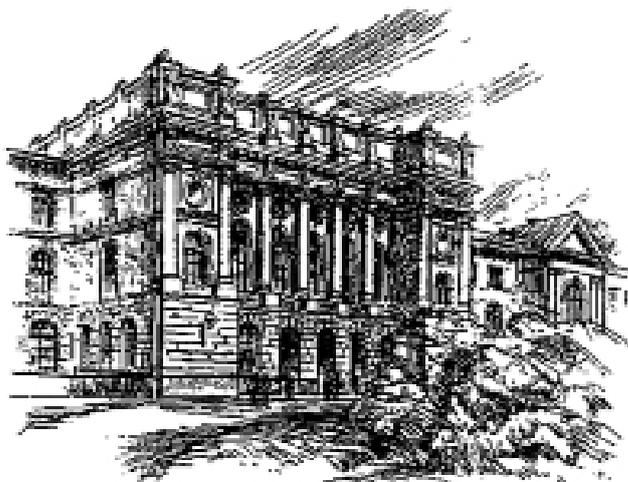


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ISSN 2782-6015

π -ECONOMY

Том 18, № 4, 2025

Санкт-Петербург
2025

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Акаев А.А., иностр. член РАН, д-р физ.-мат. наук, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия;
Квинт В.Л., иностр. член РАН, д-р экон. наук, профессор, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия;
Клейнер Г.Б., чл.-корр. РАН, д-р экон. наук, профессор, Центральный экономико-математический институт РАН, Москва, Россия;
Окрепилов В.В., академик РАН, д-р экон. наук, профессор, Институт проблем региональной экономики РАН, Санкт-Петербург, Россия;
Смешко О.Г., д-р экон. наук, Санкт-Петербургский университет технологий управления и экономики, Санкт-Петербург, Россия.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор – Глухов В.В., д-р экон. наук, профессор, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия;
Заместитель главного редактора – Бабкин А.В., д-р экон. наук, профессор, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия;
Адаменко А.А., д-р экон. наук, профессор, декан факультета «Финансы и кредит» Кубанского государственного аграрного университета им. И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия;
Аллаева Г.Ж., д-р экон. наук, доцент, заведующая кафедрой «Экономика и менеджмент промышленности» Ташкентского государственного технического университета им. Ислама Каримова, Ташкент, Узбекистан;
Басарева В.Г., д-р экон. наук, профессор, главный научный сотрудник, Сибирский Федеральный Научный Центр Агробиотехнологий РАН, Краснообск, Россия;
Булатова Н.Н., д-р экон. наук, профессор, Восточно-Сибирский гос. университет технологий и управления, Улан-Удэ, Россия;
Буркальцева Д.Д., д-р экон. наук, профессор, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Россия;
Бухвальд Е.М., д-р экон. наук, профессор, Институт экономики РАН, Москва, Россия;
Васильева З.А., д-р экон. наук, профессор, директор Института управления бизнес-процессами, Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия;
Вертакова Ю.В., д-р экон. наук, профессор, Курский филиал федерального государственного образовательного бюджетного учреждения высшего образования «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», Курск, Россия;
Гамидуллаева Л.А., д-р экон. наук, доцент, заведующая кафедрой «Менеджмент и государственное управление» Пензенского государственного университета, Пенза, Россия;
Журавлев Д.М., д-р экон. наук, директор НИИ Социальных систем Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия;
Ильина И.Е., д-р экон. наук, Российский научно-исследовательский институт экономики, политики и права в научно-технической сфере, Москва, Россия;
Качалов Р.М., д-р экон. наук, профессор, Центральный экономико-математический институт РАН, Москва, Россия;
Кирильчук С.П., д-р экон. наук, профессор, заведующая кафедрой «Экономика предприятия» Института экономики и управления Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского, Симферополь, Россия;
Корягин С.И., д-р техн. наук, профессор, Инженерно-технический институт Балтийского федерального университета им. И. Канта, Калининград, Россия;
Лычагин М.В., д-р экон. наук, профессор, Институт экономики и организации производства СО РАН, Новосибирск, Россия; Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия;
Мальшев Е.А., д-р экон. наук, профессор, Санкт-Петербургский государственный морской технический университет / SMTU, Санкт-Петербург, Россия;
Мамраева Д.Г., канд. экон. наук, Карагандинский университет им. акад. Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан;
Махмудова Г.Н., д-р экон. наук, Ташкентский государственный экономический университет, Ташкент, Узбекистан;
Мерзликина Г.С., д-р экон. наук, профессор, Волгоградский гос. технический университет, Волгоград, Россия;
Нехорошева Л.Н., д-р экон. наук, профессор, Белорусский гос. экономический университет, Минск, Республика Беларусь;
Очилов А.О., д-р экон. наук, профессор, Каршинский государственный университет, г. Карши, Узбекистан;
Писарева О.М., канд. экон. наук, Институт информационных систем, Государственный университет управления, Москва, Россия;
Плотников В.А., д-р экон. наук, профессор кафедры общей экономической теории и истории Санкт-Петербургского государственного экономического университета, Санкт-Петербург, Россия;
Пшеничников В.В., канд. экон. наук, доцент, Воронежский гос. аграрный университет им. Императора Петра I, Воронеж, Россия;
Тронина И.А., д-р экон. наук, доцент, Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, Орел, Россия;
Умаров А.Т., канд. экон. наук, декан, Национальный университет Узбекистана им. Мирзо Улугбека, г. Ташкент, Узбекистан;
Чупров С.В., д-р экон. наук, профессор, Байкальский гос. университет, Иркутск, Россия;
Шкарунета Е.В., зам. гл. ред., д-р экон. наук, профессор, Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Россия;
Юдина Т.Н., д-р экон. наук, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия.

Сетевое издание публикует научные статьи и обзоры на русском и английском языках в области региональной и отраслевой экономики, управления экономическими системами, математических методов экономики.

С 2002 года входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, где публикуются основные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.

Сетевое издание зарегистрировано Федеральной службой по надзору в сфере информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-52146 от 11 декабря 2012 г.

Сведения о публикациях представлены в Реферативном журнале ВИНТИ РАН, в международной справочной системе «Ulrich's Periodical Directory», в базах данных «Российский индекс научного цитирования» (РИНЦ), Google Scholar, EBSCO, ProQuest, ROAD, DOAJ.

Учредитель и издатель: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Российская Федерация.

Редакция журнала

д-р экон. наук, профессор В.В. Глухов – председатель редколлегии; д-р экон. наук, профессор А.В. Бабкин – зам. председателя редколлегии; А.А. Родионова – секретарь редакции; А.А. Кононова – компьютерная вёрстка; И.Е. Лебедева – редактирование английского языка; Ф.К.С. Бастиан – редактор.

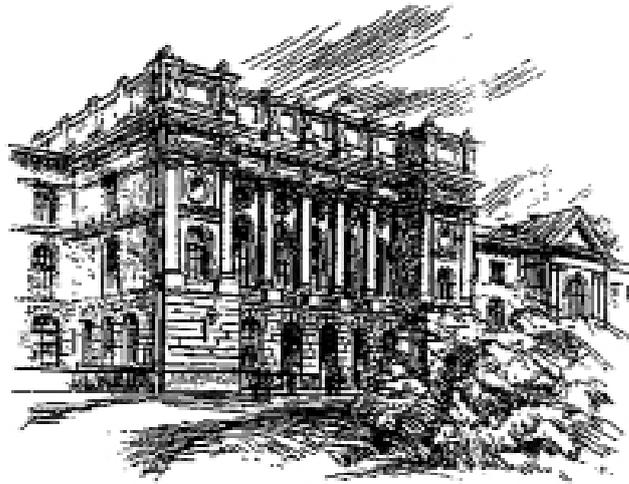
Адрес редакции: Россия, 195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29.

Телефон редакции: +7 (812) 552-62-16, e-mail редакции: economy@spbstu.ru

Дата выхода: 29.08.2025

© Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2025

THE MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION OF THE RUSSIAN FEDERATION



ISSN 2782-6015

π -ECONOMY

Vol. 18, no. 4, 2025

Saint Petersburg
2025

π -ECONOMY

EDITORIAL COUNCIL

- A.A. Akaev* – foreign member of the Russian Academy of Sciences, Dr.Sc. (phys.-math.), Lomonosov Moscow State University, Russia;
G.B. Kleiner – corresponding member of the Russian Academy of Sciences, Central Economics and Mathematics Institute Russian Academy of Sciences, Russia;
V.L. Kvint – foreign member of the Russian Academy of Sciences (USA), Lomonosov Moscow State University, Russia;
V.V. Okrepilov – full member of the Russian Academy of Sciences, Institute for Problem Regional Economics RAS, Russia;
O.G. Smeshko – Dr.Sc. (econ.), St. Petersburg University of Management Technologies and Economics, Russia.

EDITORIAL BOARD

- V.V. Gluhov* – Dr.Sc. (econ.), prof., head of the editorial board, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Russia;
A.V. Babkin – Dr.Sc. (econ.), prof., deputy head of the editorial board, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Russia;
A.A. Adamenko – Dr.Sc. (econ.), prof., Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Russia;
G.J. Allaeva – Dr.Sc. (econ.), Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, Uzbekistan;
V.G. Basareva – Dr.Sc. (econ.), prof., Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, Russia;
E.M. Buhval'd – Dr.Sc. (econ.), prof., Institute of Economics Russian Academy of Sciences, Russia;
N.N. Bulatova – Dr.Sc. (econ.), prof., East-Siberian State University of Technology and Management, Russia;
D.D. Burkalteva – Dr.Sc. (econ.), V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Russia;
S.V. Chuprov – Dr.Sc. (econ.), prof., Baikal State University, Russia;
L.A. Gamidullaeva – Dr.Sc. (econ.), Penza State University, Russia;
I.E. Ilina – Dr.Sc. (econ.), Russian Research Institute of Economics, Politics and Law in Science and Technology, Russia;
R.M. Kachalov – Dr.Sc. (econ.), prof., Central Economics and Mathematics Institute Russian Academy of Sciences, Russia;
S.P. Kirilchuk – Dr.Sc. (econ.), prof., V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Russia;
S.I. Koryagin – Dr.Sc. (tech.), prof., Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia;
M.V. Lychagin – Dr.Sc. (econ.), prof., Novosibirsk State University, Russia;
G.N. Makhmudova – Dr.Sc. (econ.), Tashkent State University of Economics, Uzbekistan;
E.A. Malyshev – Dr.Sc. (econ.), prof., SMTU, Russia;
D.G. Mamaeva – Assoc. Prof. Dr., PhD, Karaganda University named after academician Y.A. Buketov, Kazakhstan;
G.S. Merzlikina – Dr.Sc. (econ.), prof., Volgograd State Technical University, Russia;
L.N. Nehorosheva – Dr.Sc. (econ.), prof., Belarus State Economic University, Republic of Belarus;
A.O. Ochilov – Dr.Sc. (econ.), prof., Karshi State University, Uzbekistan;
O.M. Pisareva – Assoc. Prof. Dr., State University of Management, Russia;
V.A. Plotnikov – Dr.Sc. (econ.), prof., St. Petersburg State University of Economics, Russia;
V.V. Pshenichnikov – Assoc. Prof. Dr., Voronezh State Agricultural University, Russia;
E.V. Shkarupeta – Dr.Sc. (econ.), prof., Voronezh State Technical University, Russia;
I.A. Tronina – Dr.Sc. (econ.), Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Orel State University named after I.S., Russia;
A.T. Umarov – Assoc. Prof. Dr., National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, Uzbekistan;
Z.A. Vasilyeva – Dr.Sc. (econ.), prof., Siberian Federal University, Russia;
U.V. Vertakova – Dr.Sc. (econ.), prof., Financial University under the Government of the Russian Federation, Russia;
T.N. Yudina – Dr.Sc. (econ.), Lomonosov Moscow State University, Russia;
D.M. Zhuravlev – Dr.Sc. (econ.), Lomonosov Moscow State University, Russia.

The online journal publishes research papers and reviews in Russian and English on regional and industrial economics, management of economic systems, mathematical methods in economics.

The journal is included in the List of Leading Peer-Reviewed Scientific Journals and other editions to publish major findings of PhD theses for the research degrees of Doctor of Sciences and Candidate of Sciences.

The publications are presented in the VINITI RAS Abstract Journal and Ulrich's Periodical Directory International Database, EBSCO, ProQuest, Google Scholar, ROAD, DOAJ.

The journal is registered with the Federal Service for Supervision in the Sphere of Telecom, Information Technologies and Mass Communications (ROSKOMNADZOR). Certificate ПИ № ФС77-52146 issued December 11, 2012.

Editorial office

Dr.Sc., Professor V.V. Gluhov – Head of the editorial board; Dr.Sc., Professor A.V. Babkin – Deputy head of the editorial board; A.A. Rodionova – editorial manager; A.A. Kononova – computer layout; I.E. Lebedeva – English translation; Ph.Ch.S. Bastian – editor.

Address: 195251 Polytekhnicheskaya Str. 29, St. Petersburg, Russia.

+7 (812) 552-62-16, e-mail: economy@spbstu.ru

Release date: 29.08.2025

© Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 2025

Содержание

Цифровая экономика: теория и практика

- Мухачёва А.В.** Эконометрическое моделирование цифрового развития экономики и социальной сферы российских регионов..... 7
- Бабкин А.В., Михайлов П. А., Шкарупета Е.В., Чэнь Лэйфэй.** Инструментарий оценки цифровой зрелости интеллектуальной промышленной экосистемы на основе коэволюции и экосистемной синергии..... 32
- Барановский В.Ю.** Цифровая трансформация и стратегическое управление: переосмысление понятий, подходов и организационных форм..... 54

Региональная и отраслевая экономика

- Беилин И.Л., Кормушина Е.В.** Развитие инвестиционной привлекательности инновационно-промышленного центра нефтегазового региона в национально ориентированной экономике.... 68
- Морозов Д.Е., Гамидуллаева Л.А.** Влияние транспортной инфраструктуры на социально-экономическое развитие регионов: эконометрический анализ..... 85
- Курникова М.В.** Оценка технологической зрелости регионов России как основы их технологического суверенитета и глобальной конкурентоспособности..... 105

Экономика и менеджмент предприятий и комплексов

- Флек М.Б., Угнич Е.А.** Оценка карьерного потенциала работников в системе управления человеческим капиталом предприятия..... 124

Экономико-математические методы и модели

- Булатникова П.А., Радаев А.Е.** Модель обоснования характеристик системы управления запасами материальных ресурсов с учетом различных категорий рисков..... 140
- Бернгарт Б.Р., Попова Е.В.** Адаптированный сценарный многокритериальный подход к оценке инвестиционной привлекательности агропредприятий..... 158
- Палкина Е.С., Вагин М.С.** Методика оценки влияния цифровизации бережливого производства на экономическую эффективность деятельности промышленного предприятия..... 173



Contents

Digital economy: theory and practice

- Mukhacheva A.V.** Econometric modeling of digital development of the economy and social sphere of Russian regions..... 7
- Babkin A.V., Mikhailov P.A., Shkarupeta E.V., Chen Leifei.** A toolkit for assessing the digital maturity of an intelligent industrial ecosystem based on coevolution and ecosystem synergy..... 32
- Baranovskiy B.V.** Digital transformation and strategic management: Rethinking concepts, approaches and organizational forms..... 54

Regional and branch economy

- Beilin I.L., Kormushina E.V.** Development of investment attractiveness of the innovative industrial center of the oil and gas region in the nationally oriented economy..... 68
- Morozov D.Ye., Gamidullaeva L.A.** Impact of transport infrastructure on socio-economic development of regions: econometric analysis..... 85
- Kurnikova M.V.** Assessing the technological maturity of Russian regions as a foundation for their technological sovereignty and global competitiveness..... 105

Economy and management of enterprise and complexes

- Flek M.B., Ugnich E.A.** Assessment of career potential of employees in the system of the enterprise human capital management..... 124

Economic & mathematical methods and models

- Bulatnikova P.A., Radaev A.E.** Model for substantiating the characteristics of a material resource inventory management system, taking into account various risk categories..... 140
- Berngart B.R., Popova E.V.** Adaptive scenario-based multi-criteria approach to assessing investment potential in agribusiness..... 158
- Palkina E.S., Vagin M.S.** Methodology for assessing impact of digitalization of lean production on economic efficiency of industrial enterprise..... 173

Цифровая экономика: теория и практика Digital economy: theory and practice

Научная статья

УДК 332.14

DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18401>

EDN: <https://elibrary/GYXBSF>



ЭКОНОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ И СОЦИАЛЬНОЙ СФЕРЫ РОССИЙСКИХ РЕГИОНОВ

А.В. Мухачёва  

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации
здравоохранения» Министерства здравоохранения Российской Федерации,
Москва, Российская Федерация

 oblakko@mail.ru

Аннотация. Проблема исследования заключается в дефицитности статистического аппарата и математических моделей для релевантной оценки цифрового развития регионов, необходимых для выполнения национальной цели «цифровая трансформация». Особенно выраженный характер указанная проблема имеет в части цифровизации социальной сферы, т.к. большинство статистических показателей отражают цифровизацию экономики. Первая гипотеза исследования заключается в том, что цифровизация экономики и социальной сферы региона в значительной степени зависит от социально-экономического и инновационного развития субъектов РФ. Согласно второй гипотезе, ключевые факторы цифрового развития экономики и социальной сферы региона могут быть выявлены с помощью эконометрического анализа и формирования на его основе математических моделей. Эконометрический анализ позволяет также сформировать типологию регионов в соответствии с динамикой показателей цифрового развития, выявить основные цифровые профили субъектов РФ; определить тенденции развития цифровизации в российских регионах, которые до сих пор были недостаточно изучены. Целью исследования является проведение эконометрического анализа имеющихся в открытом доступе статистических данных о цифровом развитии экономики и социальной сферы регионов для того, чтобы: а) математическим путем выявить ключевые показатели цифрового развития социальной сферы (наименее изученной области регионального развития в части внедрения цифровых технологий); б) определить интегральные показатели комплексного цифрового развития региона (включая экономику и социальную сферу); в) выявить наиболее значимые факторы-детерминанты цифрового развития экономики и социальной сферы; г) провести типологию регионов для формирования перечня наиболее часто встречающихся цифровых профилей субъектов РФ. Методы исследования представлены факторным, корреляционным, регрессионным, кластерным видами анализа. Факторный анализ использовался для снижения размерности показателей, выделения коррелирующих факторов, формирования ключевых интегральных показателей цифрового развития социальной сферы, а также экономики и социальной сферы во взаимосвязи указанных показателей. Отдельно посредством факторного анализа были выделены ключевые компоненты социально-экономического и инновационного развития региона для того, чтобы в последствии сформировать регрессионные модели их влияния на цифровое развитие территорий. Кластерный анализ позволил выявить цифровые профили регионов. Уровень значимости моделей был проверен техническими методами в SPSS Statistic. Результаты исследования могут быть применены при формировании региональной политики цифровизации экономики и социальной сферы с учетом уровня социально-экономического и инновационного развития региона.

Ключевые слова: цифровое развитие, цифровой профиль региона, цифровые потребности региона, цифровые ресурсы региона, цифровизация социальной сферы, цифровизация экономики

Для цитирования: Мухачёва А.В. (2025) Эконометрическое моделирование цифрового развития экономики и социальной сферы российских регионов. *П-Эconomy*, 18 (4), 7–31. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18401>

Research article

DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18401>



ECONOMETRIC MODELING OF DIGITAL DEVELOPMENT OF THE ECONOMY AND SOCIAL SPHERE OF RUSSIAN REGIONS

A.V. Mukhacheva  

Russian Research Institute of Health, Moscow, Russian Federation

 oblakkko@mail.ru

Abstract. The problem of the research lies in the deficiency of statistical apparatus and mathematical models for relevant assessment of digital development of regions, necessary for achieving the national goal of “digital transformation”. This problem is especially pronounced in terms of digitalization of the social sphere, since most statistical indicators reflect digitalization of the economy. The first hypothesis of the study is that digitalization of the economy and social sphere of the region largely depends on the socio-economic and innovative development of the constituent entities of the Russian Federation. According to the second hypothesis, key factors of digital development of the economy and social sphere of the region can be identified using econometric analysis and formation of mathematical models on its basis. Econometric analysis also allows to form a typology of regions in accordance with the dynamics of digital development indicators, identify the main digital profiles of the constituent entities of the Russian Federation; determine trends in the development of digitalization in Russian regions, which have been insufficiently studied so far. The objective of the study is to conduct an econometric analysis of publicly available statistical data on the digital development of the economy and social sphere of the regions in order to: a) mathematically identify the key indicators of the digital development of the social sphere (the least studied area of regional development in terms of the introduction of digital technologies); b) determine the integral indicators of the comprehensive digital development of the region (including the economy and social sphere); c) identify the most significant factors-determinants of the digital development of the economy and social sphere; d) conduct a typology of regions to form a list of the most common digital profiles of the constituent entities of the Russian Federation. The research methods are represented by factor, correlation, regression, cluster types of analysis. Factor analysis was used to reduce the dimensionality of indicators, identify correlated factors, and form key integral indicators of digital development of the social sphere, as well as the economy and the social sphere in the relationship of these indicators. Separately, through factor analysis, the key components of the socio-economic and innovative development of the region were identified in order to subsequently form regression models of their impact on the digital development of the territories. Cluster analysis made it possible to identify the digital profiles of the regions. The significance level of the models was verified by technical methods in SPSS Statistic. The results of the study can be used in the formation of regional policies for the digitalization of the economy and social sphere, taking into account the level of socio-economic and innovative development of the region.

Keywords: digital development, digital profile of the region, digital needs of the region, digital resources of the region, digitalization of the social sphere, digitalization of the economy

Citation: Mukhacheva A.V. (2025) Econometric modeling of digital development of the economy and social sphere of Russian regions. *П-Эconomy*, 18 (4), 7–31. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18401>

Введение

Эволюция стратегических и методических подходов к оценке цифрового развития региона

Современный категориальный аппарат цифровой экономики активно развивался в рамках исследований последних десятилетий и продвижения «цифровой повестки» в деятельности национальных и региональных органов власти [1, 2]. Свидетельством тому в России являются пул сформированных исследовательских подходов к сущностному анализу цифровизации, цифровой трансформации, цифровой зрелости, а также стратегических документов территориального развития. Речь идет о сменяющих друг друга национальных проектах «Цифровая экономика» и «Экономика данных», Стратегии развития информационного общества РФ до 2030 г., Стратегическом направлении в области цифровой трансформации государственного управления¹, формировании стратегий цифровой трансформации экономики и социальной сферы регионов РФ [3].

Учитывая, что, по выражению академика А.Г. Гранберга, «экономика России – не монообъект, а многорегиональный организм»², многие исследования были посвящены сравнению цифрового развития субъектов РФ, их сопоставительному анализу, оценке цифрового неравенства регионов [4, 5]. В последние годы началось исследование новых категорий цифровой экономики территорий – цифрового потенциала, цифрового профиля региона [6], цифрового качества жизни [7], экстерналий цифровизации экономики и социальной сферы, развитию концепции «цифровой регион» [8].

Статистическая база цифрового развития региона трансформировалась по мере появления новых стратегических документов в этой области на национальном и региональном уровнях. Первым документом, регламентирующим процесс цифровизации и методики расчета показателей цифровой экономики, стала федеральная целевая программа «Электронная Россия (2002–2010 гг.)»³, включавшая преимущественно технологические характеристики создания инфраструктуры для электронного правительства. В ее рамках проводился расчет 42 показателей, описывающих процессы внедрения информационно-коммуникационных технологий в сферу государственного управления, в том числе для обеспечения взаимодействия населения и власти в электронном формате.

Уже в ходе реализации программы «Электронная Россия» обнаружились методические проблемы, связанные с абстрактностью показателей цифровой экономики. Уроки были извлечены, их результаты были формализованы при создании новой программы «Информационное общество (2011–2020 гг.)»⁴. Помимо методических изменений программа расширила свой охват до социальной сферы, включив расчет социальных эффектов, что соответствует мировым тенденциям. Повышение качества жизни и работы граждан, развитие экономического потенциала страны стали новыми целями стратегии развития информационного общества России.

Вопрос равномерности регионального развития информационного общества в России на государственном уровне актуализировался к 2015 г., когда была создана Концепция региональной информатизации (на срок до 2018 г.)⁵. Первая цель документа – повышение качества жизни за счет информационно-коммуникационных технологий. Остальные цели были направлены на выравнивание развития информационного общества в регионах РФ, достижение эффективной системы государственного управления. В концепции региональной информатизации уже были сформированы приоритетные отрасли экономики и социальной сферы для внедрения ИКТ:

¹ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 16 марта 2024 г. № 637-п. [online] Available at: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202403200032> (Accessed 20.08.2025)

² Гранберг А.Г. Экономическое пространство России: вечные проблемы, трансформационные процессы, поиск стратегий [online] Available at: <https://lib.usue.ru/resource/free/12/s54.pdf> (Accessed 26.08.2025)

³ Постановление Правительства Российской Федерации от 28 января 2002 г. № 65. [online] Available at: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&prev-Doc=102120318&backlink=1&&nd=102074602> (Accessed 14.07.2025)

⁴ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 20 октября 2010 г. № 1815-п. [online] Available at: <http://static.government.ru/media/files/41d47c465b2b53f82bb1.pdf> (Accessed 14.07.2025)

⁵ Распоряжение Правительства РФ от 29 декабря 2014 г. № 2769-п. [online] Available at: <http://static.government.ru/media/files/Ea8035fPr3I.pdf> (Accessed 20.08.2025)

образование, здравоохранение, социальное обеспечение, рынок труда, строительство, дороги, ЖКХ, БЖД, транспорт, связь, культура, энергетика, сельское хозяйство, государственные и муниципальные финансы. Начала формироваться статистическая основа для анализа цифрового развития региона в рамках различных отраслей экономики и социальной сферы.

Ключевой ориентир на развитие цифровой экономики появился вместе с одноименным национальным проектом в 2019 г. в рамках Указа Президента Российской Федерации⁶. Новая веха цифрового развития появилась в 2020 г. вместе с новым Указом Президента России⁷, в рамках которого была установлена цель «Цифровая трансформация» (с этого момента началась активная научная и практическая проработка данной категории).

Примечателен переход используемых категорий «электронный – информационный – цифровой», наблюдаемый в названиях стратегических документов РФ, а также большинства стран и международных организаций. В соответствии с этим изменялись индикаторы и статистическая база.

Следующим шагом в эволюции подходов к цифровому развитию РФ является формирование и развитие цифрового потенциала на государственном и региональном уровнях, изучение цифровых профилей регионов, их цифровых потребностей и ресурсов, формирование цифрового качества жизни населения, учет экстерналий цифрового развития экономики и социальной сферы в текущем и будущем периодах, формирование сценарных карт цифрового развития на основе предикативной аналитики и цифровых моделей, реализации концепции «цифровой регион».

При этом управление цифровизацией, цифровой трансформацией, а также достижение показателей цифровой зрелости РФ начинается с ее субъектов, однако методический аппарат оценки и измерения цифрового развития на уровне регионов сохраняет пробелы в обосновании, полноте и охвате [9, 10].

Система показателей цифровой экономики в РФ на национальном и региональном уровне

Современная российская система показателей цифровой экономики базируется на указанных в национальном проекте «Цифровая экономика» и новых индикаторах в цифровой зрелости как степени готовности к цифровой трансформации [11]. Система расширилась за счет охвата социальных и экономических последствий цифровизации, оценки инновационного потенциала цифровых технологий и готовности к их применению населением в повседневной жизни [12, 13].

Цифровая экономика современной России, согласно программе, представлена тремя уровнями:

- 1) рынки и отрасли экономики (обеспечивают взаимодействие субъектов),
- 2) платформы и технологии (формируют компетенции),

3) среда для развития всех указанных элементов (охватывают вопросы нормативно-правового регулирования и создания соответствующих актов, развития инфраструктуры, обеспечения трудовыми ресурсами и поддержания информационной безопасности).

Данный подход в своей структуре и ключевых принципах соответствует методике Всемирного банка Digital Economy Country Assessment (DECA) [14].

Методическое обеспечение развития цифровой экономики России в части формирования системы показателей началось еще в 2019 г. вместе с реализацией национального проекта «Цифровая экономика» [15]. Однако даже на тот период система показателей все еще не была сформирована, особенно в области информационной базы. Например, в процессе реализации национального проекта только уточнялась методика расчета внутренних затрат на цифровые технологии. Таким образом, во многом цели и задачи национального проекта «Цифровая экономика» были рамочными, ориентировочными, не включали в себя конкретных индикаторов

⁶ Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года». [online] Available at: <http://static.kremlin.ru/media/acts/files/0001201805070038.pdf> (Accessed 21.08.2025)

⁷ Указ Президента Российской Федерации от 21 июля 2020 г. № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года». [online] Available at: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45726> (Accessed 21.08.2025)

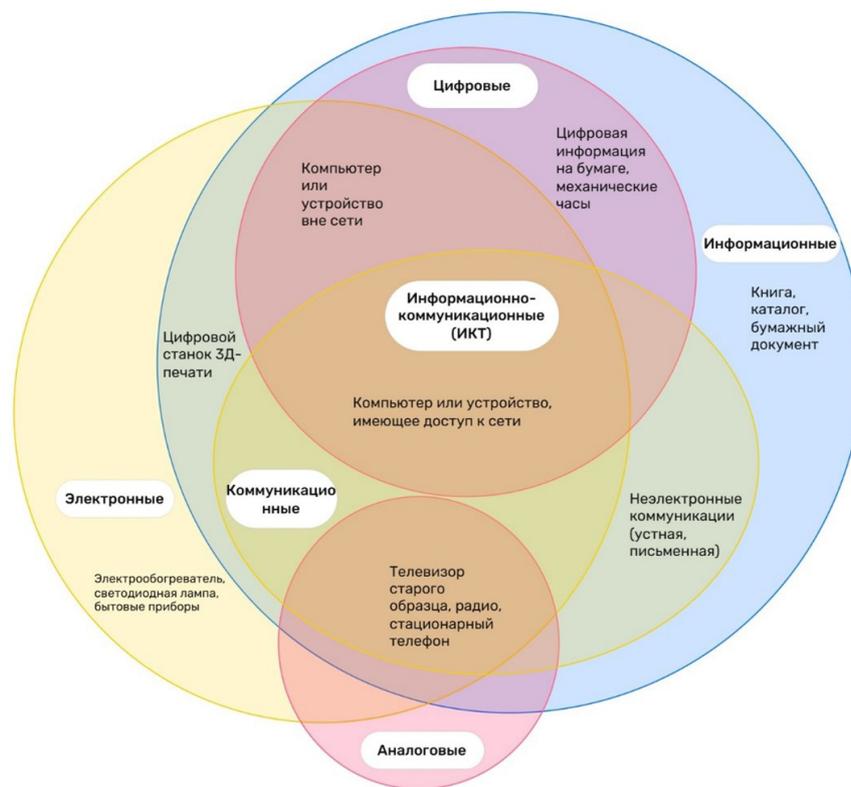


Рис. 1. Соотношение различных видов технологий в стратегических документах цифрового развития
 Fig. 1. Proportion of different technology types in digital development strategic documents

достижения, что было по вертикали спроецировано на региональные программы, в результате чего в субъектах РФ произошла трансляция цифровой повестки без какого-либо основания для ее реализации.

Методики расчета индикаторов, которые все же утверждались, регулярно пересматривались уже в процессе реализации проекта⁸. Ряд федеральных проектов, направленных на развитие кадрового потенциала ИТ-отрасли, доступа к сети Интернет, спутниковой связи, онлайн-сервисам для физических и юридических лиц длительное время оставался не обеспеченным методиками расчета показателей. Подобные методологическое и методическое отставания продиктованы условиями социального ускорения в эпоху цифровой экономики, требующими высокой скорости принятия решений, в результате чего необходима перманентная трансформация государственных механизмов принятия решений и обеспечения гибкости структур органов власти.

Для реализации национальных проектов в области развития цифровой экономики активно используются ведомственные данные информационных систем государства и технологических компаний, обеспечивающих цифровую инфраструктуру [16]. В результате система показателей эффективности цифровой экономики становится закрытой для научной общественности и граждан, отсутствуют механизмы верификации ее эффективности на примере использования открытых данных [17]. Кроме этого, не учитываются субъективные оценки населения и хозяйствующих субъектов производимых изменений, особенно в части экстерналий цифрового развития, влияющих на качество жизни граждан российских регионов, которые не всегда положительны.

⁸ Приказ Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации от 18 ноября 2020 г. № 600 «Об утверждении методик расчета целевых показателей национальной цели развития российской федерации “Цифровая трансформация”». [online] Available at: <https://legalacts.ru/doc/prikaz-mintsifry-rossii-ot-18112020-n-600-ob-utverzhdenii> (Accessed 21.08.2025)

С 2020 г. реализуется национальная цель «Цифровая трансформация» с включением приоритетных областей экономики, социальной сферы, а также государственного управления, утверждена методика оценки соответствующих показателей⁹. Федеральные проекты в связи с реализацией новой цели направлены на развитие сети Интернет, цифровых платформ, сервисов электронного правительства, импортозамещения в ИТ-секторе, собственных разработок в данной сфере, обеспечение кибербезопасности, количественного и качественного состава кадров, совершенствование системы государственной статистики, внедрение систем ИИ [18].

Ключевые мероприятия национального проекта направлены на создание платформы статистических данных ГИС ЦАП, дальнейшее развитие инфраструктуры сети Интернет, электронного правительства, внедрение шести платформ в социальной сфере, создание ИТ-инфраструктуры в образовательных учреждениях, проведение исследований в области ИИ и обучение ему студентов, специалистов (также планируется обучение другим цифровым технологиям и робототехнике), пятисот наборов данных для различных отраслей, обеспечение ста массовых социально значимых услуг «в моменте», развитие квантовых процессоров и коммуникаций, платформы по противодействию мошенничеству по отношению к гражданам и ежегодный кибераудит.

В результате реализации национального проекта к 2030 г. 97% домохозяйств смогут иметь широкополосный доступ к сети Интернет, 80% отраслей перейдут на использование базового и прикладного программного обеспечения для производства и управления, 50% органов власти будут использовать отечественное программное обеспечение, 150% составит доля предотвращенного мошенничества в информационной среде (к 2024 г.), 75% государственных услуг и сервисов будет обеспечивать удовлетворенность населения на 4,5 баллов из пяти, будут достигнуты до 50% показателей цифровой зрелости в сфере государственной власти и развития муниципалитетов, ключевых отраслей социальной сферы на основе сквозных цифровых технологий, до 99% массовых социально значимых услуг будет предоставляться в электронном виде (в том числе 100 – в проактивном режиме), 60% органов государственной и муниципальной власти будут пользоваться цифровой платформой для решения HR-вопросов.

Для расчета национального индекса цифровизации экономики РФ должны были быть внедрены новые статистические показатели, определяющие готовность к цифровизации, возникающие при этом эффекты, оценку нормативного регулирования в регионе, зрелость цифровых технологий субъектов РФ, безопасность цифровой среды, технологическую доступность, цифровые компетенции экономическую эффективность внедряемых мероприятий, а также субъективные оценки удовлетворенности сервисами. Также предполагалось брать в учет отраслевую направленность региона (учитывать его профиль и соответствующие цифровые потребности)¹⁰. Новая методика включила в себя оценку множества аспектов цифрового развития регионов: институциональных, инфраструктурных, а также касающихся цифровой трансформации ключевых объектов (бизнеса, государственной и муниципальной власти, социальной сферы)¹¹.

В 2021 г. утверждена методика составления рейтинга «цифровой зрелости регионов»¹² в рамках пяти ключевых отраслей, признанных приоритетными: общее образование, здравоохранение, городское хозяйство и строительство, общественный транспорт, государственное управление¹³.

⁹ Указ Президента Российской Федерации от 21 июля 2020 г. № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года». [online] Available at: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45726> (Accessed 21.08.2025)

¹⁰ Сведения закупки. [online] Available at: <https://zakupki.gov.ru/epz/order/notice/ok504/view/common-info.html?regNumber=0173100007521000006> (Accessed 20.06.2025)

¹¹ Карасев О.И. (2021) Индекс цифрового развития субъектов Российской Федерации (Рейтинг). [online] Available at: <https://digitalregion.ru/storage/filemanager/presentation/nircerf/karasev-indeks-tsifrovogo-razvitiya.pdf> (Accessed 20.08.2025)

¹² Приложение №38 к Постановлению Правительства Российской Федерации от 03 апреля 2021 г. № 542 «Об утверждении методик расчета показателей для оценки эффективности деятельности высших должностных лиц (руководителей высших исполнительных органов государственной власти) субъектов Российской Федерации и деятельности органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, а также о признании утратившими силу отдельных положений постановления Правительства Российской Федерации от 17 июля 2019 г. № 915». [online] Available at: <http://static.government.ru/media/acts/files/1202104130046.pdf> (Accessed 21.08.2025)

¹³ Приказ Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации от 18 ноября 2020 г. № 600 «Об утверждении методик расчета целевых показателей национальной цели развития российской федерации “Цифровая трансфор-



Достижение цифровой трансформации социальной сферы, согласно этой методике, рассчитывается на основе трех показателей в неравных пропорциях:

- 1) коэффициент 0,25 присваивается достижению цели по необходимой численности специалистов, интенсивно использующих ИКТ, занятых в экономике;
- 2) 0,25 – по расходам организаций на внедрение и использование цифровых решений;
- 3) 0,5 – по достижению показателей цифровой зрелости в 10 отраслях [19].

Критерии достижения показателей цифровой зрелости различны в регионах и устанавливаются ими самостоятельно (изначально предполагалось установление единых критериев, но впоследствии от этой идеи государство отказалось)¹⁴. Цифровая зрелость отраслей социальной сферы определяется по степени проникновения в нее цифровых технологий. Например, при оценке цифровой зрелости отрасли здравоохранения учитывается использование электронных медицинских карт, востребованность электронной записи ко врачу, доступность электронных рецептов, реализация цифрового контура здравоохранения (подключение к единой системе).

В 2022 г. в рейтинг цифровой зрелости регионов включили также показатели импортозамещения, поддержки ИТ-сектора, обеспечения информационной безопасности, использования системы межведомственного электронного взаимодействия (СМЭВ)¹⁵. Также в рейтинге учитывается перевод массовых социально значимых услуг в электронный вид, платформы обратной связи. Всего семь групп показателей, общий балл рассчитывается методом суммирования значений. Рейтинг цифровой зрелости регионов позволяет оценить уровень внедрения (проникновения) цифровых технологий в экономику, социальную сферу, государственное управление.

В настоящее время существуют следующие методики оценки цифрового развития территорий [20]:

- 1) показатель оценки развития цифровой экономики (доступ домохозяйств и организаций к сети Интернет, расходы на цифровые технологии, индекс цифровизации и долю населения, пользующуюся сетью Интернет в регионах, индекс цифровой экономики и общества России и других стран, индекс развития электронного правительства России);
- 2) индекс «Цифровая Россия» (показатели регулирования цифровизации, учебные программы в этой области, исследовательские компетенции и технологический задел, информационная инфраструктура и безопасность, экономические показатели цифровизации, социальные эффекты);
- 3) национальный индекс развития цифровой экономики РФ (оценка влияния цифровых технологий на государственное управление, бизнес, домохозяйства и население, формирование рейтинговых оценок, предусматривает кластерный анализ регионов);
- 4) индекс развития информационно-коммуникационных технологий региона (ИКТ-доступ, ИКТ-использование, ИКТ-компетенции);
- 5) российский региональный индекс цифровизации качества жизни населения (соотношение «цены» 1% ежегодного прироста индекса РРИЦКЖН» и среднедушевых инвестиций в ИКТ на душу населения в среднегодовом эквиваленте);
- 6) рейтинг цифровой зрелости регионов (цифровая зрелость пяти отраслей, платформа для обратной связи, поддержка IT-отрасли, информационная безопасность, эксплуатация СМЭВ, импортонезависимость ПО, наличие электронных массовых социально значимых услуг);
- 7) показатель развития цифрового потенциала региона (доля организаций, имеющих сайт; количество компьютеров с выходом в интернет на 1 работника; доля организаций, применяющих электронный документооборот; доля домохозяйств, подключенных к сети Интернет; количество абонентов мобильного интернета);

мация»». [online] Available at: <https://legalacts.ru/doc/prikaz-mintsify-rossii-ot-18112020-n-600-ob-utverzhdanii> (Accessed 21.08.2025)

¹⁴ Постановление Правительства Российской Федерации от 04 июня 2022 г. № 1024 «О внесении изменений в Постановление Правительства Российской Федерации от 03 апреля 2021 г. № 542». [online] Available at: <http://government.ru/docs/all/141370/> (Accessed 21.08.2025)

¹⁵ Составлен новый рейтинг цифровой зрелости регионов | Digital Russia. [online] Available at: <https://d-russia.ru/sostavlen-novyy-rejting-cifrovoj-zrelosti-regionov.html> (Accessed 21.08.2025)

8) показатель цифрового потенциала региона (цифровизации операционных и бизнес-процессов, структур и систем управления, потребления и производства; трансформации экономики и общества; формирование единого цифрового пространства нации).

До сих пор статистическая база о цифровом развитии регионов в экономике и социальной сфере остается дефицитной для полноценного охвата аспектов цифровизации в разрезе большинства международных подходов (особенно в части открытой статистической информации) [20, 21]. В результате исследователи вынуждены строить методические подходы «от имеющегося», что существенно обедняет диагностические исследования развития цифровизации в России, ее влияние на качество жизни населения [22, 23]. Нами был проведен сбор имеющихся в открытом доступе статистических данных о цифровом развитии российских регионов, и на основе полученной информации был произведен эконометрический анализ для оценки уровня цифровизации экономики и социальной сферы регионов, оценки влияния социально-экономических факторов.

Математические модели оценки цифрового развития регионов РФ и их взаимосвязи с показателями социально-экономического и инновационного развития

Взаимосвязь показателей цифрового и экономического развития изучали А.Л. Лукьянова, М.М. Балог, С.Е. Демидова, В.В. Троян, М.Г. Васькина, Д.В. Литвинова, Б.Ж. Тагаров, А.О. Бабичев. В этой связи предлагаются модели на основе индексов, матриц, графов и нечетких множеств, многокритериального и системного анализа [24]. Например, А.О. Бабичев предлагает рассматривать для формирования цифровой экосистемы региона факторы (затраты в различном выражении) и индикаторы (социально-экономический эффект от внедрения/использования фактора) в отношении таких блоков, как наука, инновации, образование, кадровый потенциал, здравоохранение, бизнес и региональные органы власти [25]. В.В. Грацинская и В.Ф. Пучков предлагают для оценки цифрового развития регионов использовать метод группового учета аргументов (позволяет оценить влияние ряда факторов на аргумент, который, в свою очередь, влияет на последующие факторы, и т.д.) [26].

В условиях цифровой экономики сохраняет актуальность формализация цифровых региональных экосистем с помощью модели межотраслевого баланса и решения векторных задач линейного программирования [27, 28]. В отношении моделирования социально-экономического развития зарекомендовали себя агент-ориентированные модели, в которых общие законы функционирования систем являются производными от индивидуальных стратегий региональных агентов [29]. Системно-динамические региональные модели, напротив, декомпозируют общие законы развития, проецируя их на частные стратегии.

Международные системы оценки цифрового развития территорий базируются преимущественно на индексном подходе. Количество и состав индексов определяются на основе декомпозиции структурных элементов цифровой экономики. А.С. Бождай и В.В. Свиридова представили индексы цифровой трансформации региональных отраслей – локальный индекс применения сквозных цифровых технологий, цифрового развития здравоохранения, цифрового государственного управления, цифрового развития городской среды, внедрения сквозных цифровых технологий в общее образование [24].

Но наиболее распространенными в математическом анализе взаимосвязи цифрового и экономического развития региона остаются эконометрические модели, включающие традиционные методы корреляционного, кластерного, факторного, дисперсионного, ковариационного анализов. Моделирование структурными уравнениями позволяет комбинировать указанные методы эконометрического анализа, формируя комплексные многофакторные модели (примеры подобных моделей регионального развития есть в авторских трудах [8]).

Цель исследования

Целью исследования является проведение эконометрического анализа имеющихся в открытом доступе статистических данных о цифровом развитии экономики и социальной сферы регионов для решения следующих задач:



- а) математическим путем выявить интегральные показатели цифрового развития социальной сферы (наименее изученной области регионального развития в части внедрения цифровых технологий);
- б) определить интегральные показатели комплексного цифрового развития региона (включая экономику и социальную сферу);
- в) выявить наиболее значимые факторы-детерминанты цифрового развития экономики и социальной сферы;
- г) провести типологию регионов для формирования перечня наиболее часто встречающихся цифровых профилей субъектов РФ.

Методы исследования

Методы исследования представлены факторным, корреляционным, регрессионным, кластерным видами анализа. Факторный анализ использовался для снижения размерности показателей, выделения коррелирующих факторов, формирования ключевых интегральных показателей цифрового развития социальной сферы (8 показателей), а также экономики и социальной сферы во взаимосвязи указанных показателей (19 показателей). Первый блок показателей включается во второй блок для установления взаимосвязи между показателями цифровизации экономики и социальной сферы, что позволяет выявить новый набор факторов с учетом указанных корреляций и установить новые закономерности.

Отдельно, посредством факторного анализа, были выделены ключевые компоненты социально-экономического и инновационного развития региона (третий блок анализа, 28 показателей) для того, чтобы впоследствии сформировать регрессионные модели их влияния на цифровое развитие территорий. Итого 47 показателей за период (в максимальном разрезе) 2014–2024 гг.

Фактор (латентная переменная) представляет собой вектор в пространстве, вокруг которого сосредотачиваются значения отдельных индикаторов, обладающих мультиколлинеарностью (взаимозависимостью), то есть эти индикаторы могут быть заменены одним показателем (происходит снижение размерности переменных), SPSS позволяет присваивать ему определенные значения и оперировать ими в дальнейшем (в данном случае они будут использованы для формирования регрессионных моделей). Таким образом, вместо нескольких переменных рассматривается одна со стандартизированными значениями по всем регионам. Процедура стандартизации позволяет аккумулировать переменные в различных единицах измерения (применяется также в кластерном, регрессионном и других видах анализа). Состав каждого фактора определяется через корреляционные матрицы – вычлняются только те переменные, которые имеют наибольшую корреляцию с фактором (в данном исследовании принят коэффициент корреляции более 0,5). Факторы (вектора) являются некоррелированными (независимыми) между собой.

Кластерный анализ позволил выявить цифровые профили регионов. Уровень значимости моделей был проверен техническими методами в SPSS Statistic. Результаты исследования могут быть применены при формировании региональной политики цифровизации экономики и социальной сферы с учетом уровня социально-экономического и инновационного развития региона.

Эмпирическая база исследования включает в себя данные с максимальным охватом 2014–2024 гг. (присутствуют значения за более короткие периоды) по 87 территориям (исключены новые территории в связи с отсутствием данных, включены составные регионы РФ в различных вариантах – Тюменская, Архангельская области с включением и без включения автономных округов). Индикаторы за каждый временной период были включены как отдельные переменные, что позволило сопоставить показатели с различным интервалом наблюдений в целях проведения факторного и корреляционного анализа.

Результаты и обсуждение

Общим итогом проведенного факторного анализа показателей цифрового развития социальной сферы, экономики и социальной сферы, социально-экономического и инновационного развития регионов стали три набора выявленных латентных переменных (табл. 1).

В первом блоке показателей (**цифровизация социальной сферы**) были выделены следующие факторы:

1.1. **Интернет-инфраструктура** (доля активных пользователей сети Интернет, доля населения, имеющего компьютер, число пользователей сети Интернет на 100 человек). Также высокий уровень корреляции с данным фактором имеет индикатор наличия широкополосного интернета, но не во все периоды, а начиная с 2018 г.

1.2. **Электронная коммерция** (включает долю населения, совершающего интернет-заказы). Активность пользователей при осуществлении интернет-заказов, как показывают данные регионального анализа, не зависит от наличия доступа к сети Интернет, обеспеченности компьютерной техникой, активности пользователей в сети (выделяется в отдельный фактор). Как показали последующие модели, интернет-заказы могут быть высокими как в экономически развитых регионах (как следствие развитой инфраструктуры), так и в экономически депрессивных регионах (для компенсации дефицита торговой инфраструктуры).

1.3. **Электронное правительство** (доля получателей государственных и муниципальных услуг в электронной форме). Данный показатель также не имеет корреляции с индикаторами интернет-инфраструктуры и активностью ее использования. Высокая активность жителей регионов на сервисах электронного правительства часто имеет корреляцию с высоким уровнем бедности, т.к. существенная часть массовых социально значимых услуг относится к социальной помощи уязвимым категориям граждан.

Не входят ни в один из факторов показатель неиспользования сети Интернет по соображениям безопасности (значения данного показателя колеблются в диапазоне 0,5–2% в зависимости от региона и имеют тенденцию к снижению за 2014–2024 гг.); показатель доли учреждений системы здравоохранения, подключенных к сети Интернет. Динамика указанных индикаторов подвержена собственным законам, не определяющим изменение большинства показателей цифрового развития (исключены из модели).

Во втором блоке показателей (**комплексной цифровизации экономики и социальной сферы**) были выделены следующие факторы:

2.1. **Цифровая инфраструктура** (доля населения, являющегося активными пользователями сети Интернет, доля домашних хозяйств, имеющих компьютер, число пользователей сети Интернет на 100 человек населения, доля населения, использовавшего сеть Интернет для заказа товаров (услуг), в общей численности населения, объем телекоммуникационных услуг всего, млн руб., объем телекоммуникационных услуг на душу населения, доля организаций, использовавших серверы, локальные вычислительные сети, частично – «облачные» сервисы). Данный фактор по 87 территориям объединяет многие значимые показатели развития цифровой инфраструктуры, сети Интернет и активности ее использования населением, обеспеченности организаций компьютерным и сетевым оборудованием, доказывая их существенную взаимосвязь.

2.2. **Пользовательская ИКТ-пассивность** (отрицательная взаимосвязь с долей населения, являющегося активным пользователем сети Интернет, числом пользователей сети Интернет на 100 человек населения, объемом телекоммуникационных услуг в абсолютном и относительном выражении). В данный фактор попали отрицательные значения корреляции с показателями активности использования сети Интернет.

2.3. **Сквозные цифровые технологии** (организации, использовавшие «облачные» сервисы, технологии сбора, обработки и анализа больших данных, интернет вещей, технологии ИИ, цифровые платформы). В данный фактор вошли значения всех показателей, относящихся к развитию



сквозных цифровых технологий. Его выделение в отдельную компоненту подтверждает отсутствие прямой взаимосвязи развития сквозных цифровых технологий в регионах с развитием цифровой инфраструктуры и активности ИКТ-пользователей.

2.4. **Электронное правительство** (доля граждан, использующих механизм получения государственных и муниципальных услуг в электронной форме, %). Данный показатель, как и в первом блоке анализа, был выделен в отдельный фактор (использование гражданами сервиса государственных услуг в онлайн-среде не зависит от других показателей цифровизации экономики и социальной сферы).

В третьем блоке показателей (**социально-экономического и инновационного развития регионов**) были выделены следующие факторы:

3.1. **Уровень социально-экономического и инновационного развития региона**. Данный фактор вобрал в себя значения показателей ВРП (в абсолютном выражении), инвестиций в основной капитал, объема выпущенной продукции обрабатывающими производствами, численности исследователей, внутренних затрат на инновации, количества заявок на патенты и полезные модели, использования передовых производственных технологий, затрат на инновационную деятельность, объема инновационных товаров, доходов и социальных расходов региональных бюджетов. Высокие взаимные корреляции (взаимосвязь) продемонстрировали все показатели, отражающие экономический рост, инвестиционную и инновационную активность регионов.

3.2. **Социальная уязвимость**. Данная группа индикаторов вобрала в себя факторы социальных рисков и маргинализации населения: долю городского населения, долю молодого населения (положительная взаимосвязь), уровня безработицы, бедности (отрицательная взаимосвязь). Жители села, пожилые граждане, безработные и бедные могут иметь более высокую социально-экономическую (и, возможно, цифровую) эксклюзию.

3.3. **Уровень жизни** (объединяет показатели ВРП на душу населения, доходов населения). Примечательно, что данный фактор является независимым от фактора общего уровня социально-экономического и инновационного развития регионов (выделяется отдельно).

3.4. **Индустриализация** (инвестиции в основной капитал, объем производства добывающих отраслей промышленности, мощность электростанций).

Факторные нагрузки показателей социально-экономического и инновационного развития регионов по всем 87 территориям были сохранены как отдельные переменные. Как результат были выявлены и сохранены значения ключевых факторов цифрового развития социальной сферы (интернет-инфраструктура, электронная коммерция, электронное правительство); комплексного цифрового развития (цифровая инфраструктура, пользовательская пассивность, сквозные цифровые технологии, электронное правительство); социально-экономического и инновационного развития (уровень социально-экономического и инновационного развития регионов, социальная уязвимость, уровень жизни, индустриализация). Полученный анализ позволил подтвердить первую гипотезу о возможности выявления ключевых факторов цифрового развития субъектов РФ.

Далее актуальной становится проверка второй гипотезы – о влиянии факторов социально-экономического и инновационного развития на цифровизацию региона. В связи с этим следующим этапом является **регрессионный анализ влияния показателей социально-экономического и инновационного развития** (третий блок показателей, 4 фактора) на цифровизацию социальной сферы (первый блок показателей, 3 фактора) и цифровизацию экономики и социальной сферы (второй блок показателей, 4 фактора). Для уравнений регрессии использовались скорректированные коэффициенты при аргументах уравнения в SPSS (в данном виде в уравнении регрессии отсутствует первый аргумент «а»), значимость модели оценивалась на основе коэффициента детерминации.

Таблица 1. Результаты факторного анализа индикаторов цифровизации экономики, социальной сферы, показателей социально-экономического и инновационного развития регионов РФ
 Table 1. Results of factor analysis of indicators of digitalization of the economy, social sphere, indicators of socio-economic and innovative development of regions of the Russian Federation

№	Блок показателей	Изначальный набор показателей	Выявленные латентные переменные (факторы)
1	Цифровизация социальной сферы	<ol style="list-style-type: none"> Доля населения, являющегося активным пользователем сети Интернет, в общей численности населения, % Доля населения, не использующего сеть Интернет по соображениям безопасности, в общей численности населения, % Доля граждан, использующих механизм получения государственных и муниципальных услуг в электронной форме, % Доля домашних хозяйств, имеющих компьютер, в общем числе домашних хозяйств, % Доля домашних хозяйств, имеющих широкополосный доступ к информационно-коммуникационной сети Интернет, в общем числе домашних хозяйств, % Число пользователей сети Интернет на 100 человек населения, чел. Доля населения, использовавшего сеть Интернет для заказа товаров (услуг), в общей численности населения, % Доля учреждений здравоохранения, использующих сеть Интернет, в общем числе учреждений здравоохранения, % 	<ol style="list-style-type: none"> Интернет-инфраструктура (1, 4, 5, 6) Электронная коммерция (7) Электронное правительство (3)
2	Комплексная цифровизация (экономики и социальной сферы)	<ol style="list-style-type: none"> Доля населения, являющегося активным пользователем сети Интернет, в общей численности населения, % Доля населения, не использующего сеть Интернет по соображениям безопасности, в общей численности населения, % Доля граждан, использующих механизм получения государственных и муниципальных услуг в электронной форме, % Доля домашних хозяйств, имеющих компьютер, в общем числе домашних хозяйств, % Доля домашних хозяйств, имеющих широкополосный доступ к информационно-коммуникационной сети Интернет, в общем числе домашних хозяйств, % Число пользователей сети Интернет на 100 человек населения, чел. Доля населения, использовавшего сеть Интернет для заказа товаров (услуг), в общей численности населения, % Доля учреждений здравоохранения, использующих сеть Интернет, в общем числе учреждений здравоохранения, % Организации, использовавшие персональные компьютеры, % Организации, использовавшие серверы, % Организации, использовавшие локальные вычислительные сети, % Организации, использовавшие «облачные» сервисы, % Организации, использовавшие технологии сбора, обработки и анализа больших данных, % Организации, использовавшие Интернет вещей Организации, использовавшие технологии искусственного интеллекта, % Организации, использовавшие цифровые платформы, % Объем телекоммуникационных услуг всего, млн руб. Объем телекоммуникационных услуг на душу населения, руб. 	<ol style="list-style-type: none"> Цифровая инфраструктура (1, 4, 6, 7, 10, 11, 12, 17, 18) Пользовательская пассивность (-1, -5, -6, 7, -17, -18) Сквозные цифровые технологии (12, 13, 14, 15, 16) Электронное правительство (3)
3	Социально-экономическое и инновационное развитие регионов	<ol style="list-style-type: none"> Удельный вес городского населения в общей численности населения, % Население моложе трудоспособного возраста, % Уровень безработицы, % Среднедушевые денежные доходы населения, руб. Уровень бедности, % Численность студентов вузов, на 10 000 чел. населения ВРП на душу населения, руб. ВРП, млн руб. Объем инвестиций в основной капитал, млн руб. Добыча полезных ископаемых, объем отгруженных товаров, млн руб. Обрабатывающие производства, объем отгруженных товаров, млн руб. Мощность электростанций, млн квт Численность персонала, занятого научными исследованиями и разработками, чел. Внутренние затраты на научные исследования и разработки, млн руб. Текущие затраты на научные исследования и разработки, млн руб. Подано патентных заявок на изобретения, шт. Подано патентных заявок на полезные модели, шт. Разработанные производственные технологии Используемые передовые производственные технологии Уровень инновационной активности организаций Доля организаций, осуществляющих технологические инновации Затраты на инновационную деятельность, млн руб. Затраты на инновационную деятельность, % от объема отгруженных товаров и услуг Доля инновационных товаров, % Доходы консолидированных бюджетов субъектов РФ, млн руб. Социальные расходы бюджета, % 	<ol style="list-style-type: none"> Уровень развития региона (8, 9, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 22, 25, 26) Социальная уязвимость (пожилой возраст, бедность, проживание в сельской местности, отсутствие работы) (1, 2, 3, 5) Уровень жизни (4, 7) Индустриализация (9, 10, 12)

Влияние показателей социально-экономического и инновационного развития на индикаторы **цифровизации социальной сферы** (первый блок показателей) описываются следующими регрессионными уравнениями (табл. 2).

В первом блоке (цифровизация социальной сферы) показатель интернет-инфраструктуры и активности пользователей в наибольшей степени зависит от уровня социально-экономического и инновационного развития (0,385), индустриализации региона (развития тяжелой промышленности, 0,343). Определяется в значительной степени уровнем жизни населения (0,254) и в некоторой – отсутствием факторов маргинализации населения (–0,17).

Таким образом, развитие интернет-инфраструктуры ожидаемо выше в регионах с более высоким уровнем социально-экономического и инновационного развития, а также в индустриальных регионах с высокой долей тяжелой промышленности в отраслевой инфраструктуре.

Показатель развития электронной коммерции в наибольшей степени зависит от фактора социальной уязвимости населения (0,652), а также (в гораздо меньшей степени) от уровня социально-экономического и инновационного развития региона (0,101), уровня жизни (0,130), в некоторой степени – от показателей индустриализации региона (0,058). Примечательно, что именно социально-экономические дефициты, факторы социальной уязвимости населения (бедность, безработица) создают условия для развития электронной коммерции (т.е. население больше нуждается в товарах и услугах, которые отсутствуют в офлайн-среде).

Значимые регрессионные уравнения, определяющие развитие сервисов электронного правительства факторами социально-экономического и инновационного развития регионов, получены не были.

Во втором блоке (цифровизация экономики и социальной сферы) показатель развития цифровой инфраструктуры в значительной степени зависит от уровня развития региона (0,558), в меньшей – от факторов социальной уязвимости населения: в данном случае ряд индикаторов положительно коррелирует с обеспеченностью цифровой инфраструктурой, 0,325), уровнем жизни (0,233) и индустриализацией региона (0,188).

Примечательно, что наличие социально уязвимых граждан, сталкивающихся с проблемами бедности, безработицы, живущих в сельской местности, не только не снижает уровень развития цифровой инфраструктуры (включающей, помимо развития сети Интернет, активность онлайн-пользователей и потребление телекоммуникационных услуг), а, напротив, увеличивает его. Это может быть связано с необходимостью поиска работы в сети Интернет, в том числе на условиях удаленной занятости, и более активным использованием цифрового телевидения и сотовой связи.

Показатель пользовательской ИКТ-пассивности логичным образом в наибольшей степени зависит от уровня социально-экономического и инновационного развития региона (–0,397, отрицательная взаимосвязь), факторов социальной уязвимости (0,434, положительная взаимосвязь), в меньшей степени – от уровня социально-экономического развития, уровня жизни и индустриализации региона (отрицательная взаимосвязь). Следовательно, чем более развит регион в социально-экономическом и инновационном отношении, тем больше граждане потребляют блага цифровой инфраструктуры, включая Интернет и телекоммуникации.

На фактор развития сквозных цифровых технологий показатели социально-экономического и инновационного развития не влияют ($R^2 = 0,125$). Развитие ИИ, цифровых платформ, «облачных» решений, больших данных, интернета вещей в регионах практически не зависит от социально-экономического и инновационного развития субъектов РФ. Как показывает ряд рейтингов и исследований, передовые разработки в этой области могут быть даже в самых депрессивных регионах, в том числе для компенсации дефицита развития.

Показатель развития электронного правительства в указанной конфигурации (при корреляции с фактором в среднем на 50% дисперсии признака) существенно зависит от социально-



экономического и инновационного развития региона (0,541), в меньшей степени – от уровня жизни населения (–0,284, отрицательная зависимость, государственные муниципальные услуги более востребованы социально уязвимыми слоями населения), в незначительной степени – от других факторов.

При рассмотрении обратной зависимости было установлено значимое регрессионное **влияние показателей цифровизации экономики и социальной сферы на показатели социально-экономического и инновационного развития.**

С первым фактором (уровень социально-экономического и инновационного развития) получена значимая модель (максимальный коэффициент детерминации из всех моделей, 0,694). Дисперсия данного признака на 69,4% определяется факторами цифровой инфраструктуры (0,385), развитием сквозных цифровых технологий (0,254), электронного правительства (0,373), в меньшей степени – отсутствием факторов социальной уязвимости (–0,17). С другими факторами модели с достаточным уровнем значимости получены не были.

Таким образом, уровень социально-экономического и инновационного развития в значительной степени определяется факторами цифрового развития, особенно развитием цифровой инфраструктуры, в меньшей степени – использованием электронного правительства, сквозных цифровых технологий, в незначительной степени – отсутствием факторов социальной уязвимости. С остальными факторами значимые модели регрессионного анализа получены не были.

Кластерный анализ значений цифрового развития социальной сферы позволил получить классификацию регионов и сформировать их цифровые профили (табл. 3).

В *первом кластере* сосредоточилась значительная часть регионов, составляющих «кластерное ядро» и обладающих среднероссийскими характеристиками. Примечательно, что ВРП на душу населения данных регионов больше среднероссийских значений в два раза, а среднедушевые доходы населения – на 13%. Географически в «средней» группе сосредоточились регионы Северо-Западного, Сибирского, Приволжского, Уральского федеральных округов.

Регионы *второго кластера* отстают по показателям цифрового развития социальной сферы (в особенности по объему телекоммуникационных услуг на душу населения). Это небольшие регионы в составе Центрального, Приволжского, Сибирского федеральных округов, у которых ВРП на душу населения в полтора раза ниже среднероссийских значений, а денежные доходы – на 28%.

Третий кластер регионов также в некоторой степени отстает по цифровому (и социально-экономическому) развитию, однако имеет высокие показатели телекоммуникационных услуг на душу населения.

Отставание индикаторов *четвертого кластера* от среднероссийских значений цифрового развития можно назвать критическим: при невысокой пользовательской активности в сети Интернет использование сервисов электронного правительства ниже на 28%, сервисов интернет-заказов – на 22%, телекоммуникационных услуг на душу населения – на 15%. Так же, как и регионы второго кластера, субъекты четвертого кластера имеют низкие показатели социально-экономического развития, что негативно влияет на цифровое развитие.

Пятый кластер представлен большим количеством регионов со средними значениями активности населения в сети Интернет, развития инфраструктуры широкополосного доступа, использования сервисов электронного правительства. При этом отставание наблюдается по показателю объема телекоммуникационных услуг на душу населения (на 13% по сравнению со средним по России), интернет-заказам (11%). Регионы пятого кластера имеют различное географическое положение и социально-экономическое развитие.

Шестой кластер, представленный регионами Арктической зоны и Дальнего Востока, имеет высокие показатели цифрового развития, особенно объема телекоммуникационных услуг на душу населения (на 65% выше, чем в среднем по России, вследствие невысокой численности населения). Большая доля населения (на 35% выше, чем в большинстве других регионов)

Таблица 2. Результаты регрессионного анализа влияния показателей социально-экономического и инновационного развития регионов РФ на индикаторы цифровизации экономики, социальной сферы
 Table 2. Results of the regression analysis of the impact of indicators of socio-economic and innovative development of regions of the Russian Federation on indicators of digitalization of the economy and social sphere

Зависимая переменная	Независимые переменные				Коэффициент детерминации
	Коэффициент при x_1 (b)	Коэффициент при x_2 (c)	Коэффициент при x_3 (d)	Коэффициент при x_4 (e)	
Блок 1. Цифровое развитие социальной сферы					
y_1	x_1 – уровень социально-экономического и инновационного развития региона	x_2 – социальная уязвимость населения	x_3 – уровень жизни	x_4 – индустриализация	R^2 скорр
F1.1. Интернет-инфраструктура	0,385	-0,17	0,254	0,343	0,323 (нижняя граница значимости)
F1.2. Электронная коммерция	0,101	0,652	0,130	0,058	0,427 (средний уровень значимости)
F1.3. Электронное правительство	–	–	–	–	–
Блок 2. Цифровое развитие экономики и социальной сферы					
y_1	x_1 – уровень социально-экономического и инновационного развития региона	x_2 – социальная уязвимость населения	x_3 – уровень жизни	x_4 – индустриализация	R^2 скорр
F2.1. Цифровая инфраструктура	0,558	0,325	0,233	0,188	0,483 (средний уровень значимости)
F2.2. Пользовательская ИКТ-пассивность	-0,397	0,434	-0,175	-0,188	0,372 (нижняя граница значимости)
F2.3. Сквозные цифровые технологии	–	–	–	–	–
F2.4. Электронное правительство	0,541	0,082	-0,284	-0,058	0,346
Регрессионная оценка обратной зависимости (влияния факторов цифрового развития экономики и социальной сферы на социально-экономическое и инновационное развитие)					
y_1	x_1 – цифровая инфраструктура	x_2 – пользовательская ИКТ-пассивность	x_3 – сквозные цифровые технологии	x_4 – электронное правительство	R^2 скорр
F3.1. Уровень социально-экономического и инновационного развития	0,385	-0,17	0,254	0,343	0,694 (высокий уровень значимости)
F3.2. Социальная уязвимость населения F3.3. Уровень жизни F3.4. Индустриализация	–	–	–	–	–

Таблица 3. Отставание среднего значения по кластеру от среднего значения по всем регионам за 2014–2023, %
Table 3. Lag of the cluster average from the overall regional average for 2014–2023, %

Кластеры	Доля населения, активно использующего сеть интернет, %	Доля населения, использующая государственные и муниципальные услуги в онлайн-среде, %	Объем телекоммуникационных услуг на душу населения, млн руб.	Доля населения, имеющего широкополосный доступ к сети Интернет, %	Доля населения, совершающего интернет-заказы, %	ВРП на душу населения, млн руб.	Среднедушевые денежные доходы, руб.
Кластер 1 (Архангельская обл., Ненецкий АО, Архангельская обл. (кроме Ненецкого АО), Алтайский край, Приморский край, Красноярский край, Пензенская обл., Брянская обл., Респ. Карелия, Респ. Коми, Рязанская обл., Удмуртская Респ., Чувашская Респ., Респ. Хакасия)	–2,42	–2,25	–3,60	–2,52	3,64	102,01	13,67
Кластер 2 (Костромская обл., Ульяновская обл., Кировская обл., Респ. Марий Эл, Респ. Мордовия, Респ. Алтай)	–6,42	–2,58	–21,75	–4,15	–15,26	–55,25	–28,77
Кластер 3 (Псковская обл., Иркутская обл., Забайкальский край, Респ. Саха)	–1,46	–12,01	7,71	–4,16	–6,33	–11,63	–5,66
Кластер 4 (Орловская обл., Тверская обл., Еврейская АО)	–7,58	–28,18	–14,48	–8,14	–22,48	–46,99	–17,28
Кластер 5 (Саратовская обл., Новосибирская обл., Волгоградская обл., Самарская обл., Карачаево-Черкесская Респ., Респ. Калмыкия, Респ. Северная Осетия–Алания, Респ. Бурятия, Курская обл., Омская обл., Курганская обл.)	0,56	–3,40	–12,75	0,84	–10,92	–49,78	–23,62
Кластер 6 (Мурманская обл., Камчатский край, Хабаровский край)	6,08	–7,63	65,41	4,67	35,12	14,34	44,70
Кластер 7 (Тульская обл., Тюменская обл., Сахалинская обл., Воронежская обл., Астраханская обл., Оренбургская обл., Ростовская обл., Тюменская обл., Краснодарский край, Респ. Башкортостан, Калининградская обл., Амурская обл.)	5,19	17,32	35,74	9,26	26,69	136,96	37,05
Кластер 8 (Новгородская обл., Томская обл., Пермский край)	–3,11	1,34	–7,21	–4,96	–0,48	–24,39	–10,23
Кластер 9 (Ленинградская обл., Свердловская обл., Владимирская обл., Ярославская обл., Белгородская обл., Ивановская обл., Вологодская обл., Липецкая обл., Нижегородская обл., Челябинская обл., Калужская обл., Кемеровская обл., Ставропольский край)	–1,97	5,14	–15,45	–2,83	–2,62	–32,34	–10,07
Кластер 10 (Респ. Крым, Респ. Тыва, г. Севастополь)	3,43	–7,54	–52,99	5,57	–7,07	–67,30	–34,41
Кластер 11 (г. Москва, Респ. Татарстан, Ямало-Ненецкий АО, г. Санкт-Петербург, Московская обл.)	11,80	37,26	88,13	18,12	58,02	275,08	101,08
Кластер 12 (Магаданская обл., Чукотский АО)	9,02	–37,88	78,82	–13,95	26,87	147,34	134,67
Кластер 13 (Респ. Ингушетия, Респ. Кабардино-Балкария)	–2,26	–9,23	–26,60	–5,35	–29,70	–76,18	–39,31
Кластер 14 (Смоленская обл., Тамбовская обл., Респ. Адыгея)	–3,76	–2,66	–23,33	–0,42	–20,31	–52,15	–15,26
Без кластера (Респ. Дагестан)	–0,81	–37,43	–33,72	–6,14	–40,57	–67,39	–14,22
Без кластера (Чеченская Респ.)	1,51	4,62	–32,23	–8,94	–10,47	–77,12	–24,96

использует интернет-заказы, что может быть связано со сложностями логистики и пограничным положением субъектов. Социально-экономические показатели субъектов шестого кластера также выше среднего.

В седьмом кластере оказались регионы с высоким уровнем цифрового развития социальной сферы (все показатели выше нормы), которые также существенно опережают другие территории по социально-экономическому развитию.

Восьмой кластер представлен территориями, которые несколько отстают от среднероссийских показателей цифровизации при том, что социально-экономическое отставание регионов проявляется существенно больше.

Девятый кластер представлен большим количеством регионов, имеющих среднероссийские значения показателей цифрового развития социальной сферы, кроме объема телекоммуникационных услуг на душу населения (отставание в 15% от других регионов).

Одиннадцатый кластер представлен регионами-лидерами цифрового развития социальной сферы, которые также имеют передовые показатели социально-экономического развития.

Двенадцатый кластер в целом при высоких показателях социально-экономического развития имеет противоречивую динамику показателей цифровизации социальной сферы. С одной стороны, в регионах высока активность граждан в сети Интернет, в том числе в части интернет-заказов товаров и услуг (в силу их дефицита), на 78% более высокие значения объема телекоммуникационных услуг на душу населения (в связи с низкой численностью граждан). При этом на 40% меньше населения, чем в среднем по стране, использует сервисы государственных муниципальных услуг, на 13% ниже обеспеченность широкополосным интернетом.

В тринадцатом кластере сосредоточились регионы-аутсайдеры социально-экономического развития, имеющие существенное отставание по всем показателям цифрового развития социальной сферы.

Несколько лучше, но в целом такая же ситуация у регионов *четырнадцатого кластера*.

Не вошли в другие кластеры Республика Дагестан и Чеченская Республика – данные регионы обладают собственной выраженной динамикой цифрового развития (например, в Чеченской Республике активность жителей в сети Интернет остается достаточно высокой, однако развитие интернет-инфраструктуры несколько отстает).

Заключение

Результаты факторного анализа трех блоков показателей (цифровизации социальной сферы, цифровизации экономики и социальной сферы, социально-экономического и инновационного развития) и оценки их взаимосвязи на основе регрессионного анализа позволил сформулировать следующие общие выводы:

1. Развитие цифровой инфраструктуры и активность пользователей ИКТ во многом определяется факторами социально-экономического и инновационного развития региона (в особенности общим уровнем развития территории). Однако в гораздо большей степени выражен обратный эффект – влияние цифровизации регионов на социально-экономическое и инновационное развитие региона.

2. Развитие электронной коммерции более выражено в регионах с высоким уровнем факторов социальной уязвимости и маргинализации, т.к. позволяет перекрыть дефицит структуры офлайн-торговли. По той же причине в этих регионах в ряде случаев может наблюдаться повышенная активность использования цифровых технологий. Дефицит товаров и услуг, работы, возможностей образования, досуга и др. может покрываться с помощью цифровых технологий.

3. Развитие сквозных цифровых технологий (ИИ, цифровых платформ, «облачных» решений, больших данных, интернета вещей) практически не зависит от социально-экономического и инновационного развития субъектов РФ.



4. Развитие сервисов электронного правительства в ряде случаев коррелирует только с развитием «облачных» сервисов в регионах, в остальном это не зависящая от других показателей цифрового развития переменная. На ее динамику влияет в некоторой степени наличие социально уязвимых слоев населения, т.к. значительная часть социально значимых государственных услуг относится к социальной помощи.

В результате исследования была сформирована типология регионов на основе кластерного анализа показателей цифрового развития социальной сферы. Формирование «цифрового профиля региона» должно также дополняться другими индикаторами внедрения цифровых технологий в социальную сферу и экономику региона. Это позволит выявить имеющиеся цифровые ресурсы и оценить актуальные цифровые потребности региона, сформировать индивидуальный контур управления его цифровым потенциалом.

Направления дальнейших исследований

Эконометрический анализ содержит широкий перечень инструментов для статистического анализа показателей цифрового развития экономики и социальной сферы региона [30, 31]. В ретроспективном разрезе планируется провести кластеризацию регионов по ключевым показателям программными средствами (SPSS, Statistica), выбрать в рамках каждой из групп репрезентативные регионы и провести детальное изучение их показателей. С помощью этого будет получено описание ключевых цифровых профилей регионов с целью дифференцирования дальнейшей политики цифрового развития [32–35]. Также возможно формирование структурных моделей цифрового развития региона на основе методов моделирования структурными уравнениями (SEM), реализация которого возможна в SPSS Amos.

Цифровой потенциал региона в экономике и социальной сфере может быть оценен на основе прогнозных эконометрических моделей, в том числе в рамках регрессионных уравнений, представленных в данной статье, а также с помощью экспертных оценок и их последующей обработки статистическими методами. Благодаря этому появится возможность выбрать необходимые и доступные управляющие и управляемые факторы внедрения цифровых технологий с целью повышения производительности труда, роста качества жизни населения, повышения эффективности государственного управления.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Berardi L., Valentinetti D. (2022) Digitalization of social impact for social economy organizations. *Canadian Journal of Nonprofit and Social Economy Research*, 13 (2), 116–122. DOI: <https://doi.org/10.29173/cjnser617>
2. Grybauskas A., Stefanini A., Ghobakhloo M. (2021) Social sustainability in the age of digitalization: A systematic literature review on the social implications of Industry 4.0. *SSRN Electronic Journal*. DOI: <https://doi.org/10.2139/ssrn.3962898>
3. Новикова И.В., Абросова О.Е., Бойко К.В. и др. (2020) *Стратегирование человеческого потенциала Кузбасса* (ред. В.Л. Квинт). Кемерово: Кемеровский государственный университет.
4. Аксянова А.В., Александровская Ю.П., Гадельшина Г.А. (2021) К вопросу о цифровом неравенстве регионов Российской Федерации. *Управление устойчивым развитием*, 6 (37), 5–13.
5. Логачева Н.А. (2021) Профиль цифровой трансформации региона как качественная характеристика уровня цифрового развития. *Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент*, 11 (2), 275–285.
6. Мухачёва А.В. (2025) Цифровой профиль региона как фактор развития цифрового потенциала в социальной сфере. *Экономика, предпринимательство и право*, 15 (2). 1219–1240. DOI: <https://doi.org/10.18334/epp.15.2.122639>
7. Мухачёва А.В. (2025) Инструменты обеспечения цифрового качества жизни населения в национальной экономике. *π-Economy*, 18 (1), 57–79. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18103>

8. Мухачёва А.В. (2025) Концепция «цифровой регион»: методологические основы формирования и реализации в социальной сфере. *Экономика, предпринимательство и право*, 15 (2), 875–898. DOI: <https://doi.org/10.18334/epp.15.2.122593>
9. Onyango G., Ondiek J.O. (2023) *Digitalising analogue policy targets!* ‘Digital capabilities’ of older persons and policy digitalisation of social safety net programs in a developing country context. *Journal of Technology in Human Services*, 41 (4), 348–375. DOI: <https://doi.org/10.1080/15228835.2023.2263494>
10. Алабина Т.А., Голубев М.Р., Морозова Е.А. (2020) «Стратегия» в стратегировании: теоретические подходы к определению понятия. *Теория и практика стратегирования*, 72–75.
11. Афанасьева Н.В., Еникеева Л.А., Шамина Л.К. (2024) Трансформационные процессы динамики инновационного развития регионов. *Финансовый менеджмент*, 5, 11–23.
12. Пастухова Е.Я., Корчагина И.В., Морозова Е.А. (2025) Динамика и социально-экономические факторы ожидаемой продолжительности жизни: региональный аспект. *Вопросы управления*, 19 (1), 42–55. DOI: <https://doi.org/10.22394/2304-3385-2025-1-42-55>
13. Shchekotin E., Goiko V., Myagkov M., Dunaeva D. (2021) Assessment of quality of life in regions of Russia based on social media data. *Journal of Eurasian Studies*, 12 (2), 182–198. DOI: <https://doi.org/10.1177/18793665211034185>
14. Токмергенова М., Банхиди З., Добош И. (2021) Анализ измерений I-DESI развития цифровой экономики в Российской Федерации и ЕС-28 с использованием многомерной статистики. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика*, 37 (2), 189–204. DOI: <https://doi.org/10.21638/spbu05.2021.201>
15. Рубан Л.С., Ананьин М.А. (2023) Процессы цифровизации на производстве, в государственном управлении и социальной сфере России. *Наука. Культура. Общество*, 29 (1), 25–37. DOI: <https://doi.org/10.19181/nko.2023.29.1.2>
16. Стукаленко Е.А. (2021) Риски цифровизации жизни населения и пути их снижения. *Идеи и идеалы*, 13 (4-1), 180–203. DOI: <https://doi.org/10.17212/2075-0862-2021-13.4.1-180-203>
17. Пахомов Е.В. (2021) Анализ подходов к оценке влияния цифровизации на качество жизни населения. *Управленческий учет*, 12, 198–206. DOI: <https://doi.org/10.25806/uu12-12021198-206>
18. Пахомов Е.В. (2020) Концепция системы показателей оценки уровня и качества жизни населения в условиях цифровой экономики. *Экономика: вчера, сегодня, завтра*, 10 (12-1), 233–250. DOI: <https://doi.org/10.34670/AR.2020.23.41.075>
19. Литвинцева Г.П., Карелин И.Н. (2022) Эффекты и риски цифрового качества жизни населения в регионах России. *Экономика региона*, 18 (1), 146–158. DOI: <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-1-11>
20. Мухачёва А.В., Никитская Е.Ф. (2024) Развитие цифрового потенциала региона в управлении качеством жизни населения. *Экономика, предпринимательство и право*, 14 (3), 859–884. DOI: <https://doi.org/10.18334/epp.14.3.120602>
21. Zhao X., Lu S., Yuan S. (2023) How does the digitization of government environmental governance affect environmental pollution – spatial and threshold effects. *Journal of Cleaner Production*, 415, art. no. 137670. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137670>
22. Lukyanov A.A. (2023) Trends in the digitalization of the social sphere: advantages and disadvantages. *Тенденции развития науки и образования*, 94 (4), 32–36. DOI: <https://doi.org/10.18411/trnio-02-2023-184>
23. Lukyanov A.A., Gussenov B.Sh. (2023) Digitalization of the social sphere as a factor of strengthening the financial security of the region. *Statistics, accounting and audit*, 1 (88), 58–63. DOI: <https://www.doi.org/10.51579/1563-2415.2023-1.08>
24. Бождай А.С., Свиридова В.В. (2023) Методика численной оценки уровня цифровой трансформации приоритетных направлений социально-экономических процессов регионов. *Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе*, 2, 172–184. DOI: <https://doi.org/10.21685/2227-8486-2023-2-11>
25. Бабищев А.О. (2023) Экономико-математическая модель развития цифровой экосистемы экономики региона (на примере Курской области). *Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент*, 13 (6), 267–276. DOI: <https://doi.org/10.21869/2223-1552-2023-13-6-267-276>
26. Грацинская Г.В., Пучков В.Ф. (2021) Построение и оценка параметров математических моделей, отражающих в цифровой экономике процессы развития регионов. *Цели и пути устойчивого экономического развития*, 58–68.

27. Машунин И.А. (2022) Анализ и стратегическое социально-экономическое развитие региона в условиях цифровой экономики. *Анализ, моделирование, управление, развитие социально-экономических систем (АМУР-2022)*, 231–238.
28. Машунин И.А. (2024) Прогнозирование и управление социально-экономическим развитием региона в современных условиях. *Анализ, моделирование, управление, развитие социально-экономических систем (АМУР-2024)*, 216–223.
29. Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Сушко Е.Д., Абрамов В.И., Евдокимов Д.С. (2020) Использование агент-ориентированных моделей для расширения стратегического функционала ситуационного центра Кузбасса. *Экономика промышленности*, 13 (3), 300–307. DOI: <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2020-3-300-307>
30. Фролов К.В., Бабкин А.В., Фролов А.К. (2024) Понятие и сущность цифровизации и цифровой трансформации на основе фундаментальных и прикладных аспектов системно-кибернетической теории. *π-Economy*, 17 (1), 7–26. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.17101>
31. Рузина Е.И. (2022) Цифровизация: об определении понятия, о выгодах и рисках цифровой трансформации. *Горизонты экономики*, 5 (71), 96–99.
32. Халин В.Г., Чернова Г.В. (2018) Цифровизация и ее влияние на российскую экономику и общество: преимущества, вызовы, угрозы и риски. *Управленческое консультирование*, 10, 46–63. DOI: <https://doi.org/10.22394/1726-1139-2018-10-46-63>
33. Маслов М.П., Петров С.П. (2021) Методические аспекты оценки цифрового потенциала экономики регионов России. *Институциональная трансформация экономики: человек и социум (ИТЭ-ЧС 2021)*, 123–124. DOI: <https://doi.org/10.17223/978-5-907442-40-5-2021-86>
34. Кулагина Н.А., Сергеев Д.А. (2022) Цифровое развитие региона: вопросы оценки потенциала в условиях современных вызовов. *Цифровая экономика и онлайн-образование: ключевые тренды и препятствия*, 48–52.
35. Куликова И.Ю. (2022) Место цифрового потенциала мезотерритории в системе потенциалов региона. *Экономика и предпринимательство*, 8 (145), 451–455. DOI: <https://doi.org/10.34925/EIP.2022.145.8.088>

REFERENCES

1. Berardi L., Valentineti D. (2022) Digitalization of social impact for social economy organizations. *Canadian Journal of Nonprofit and Social Economy Research*, 13 (2), 116–122. DOI: <https://doi.org/10.29173/cjnser617>
2. Grybauskas A., Stefanini A., Ghobakhloo M. (2021) Social sustainability in the age of digitalization: A systematic literature review on the social implications of Industry 4.0. *SSRN Electronic Journal*. DOI: <https://doi.org/10.2139/ssrn.3962898>
3. Novikova I.V., Abrosova O.E., Bojko K.V. et al. (2020) *Strategizing of Kuzbass human capacity* (ed. V.L. Kvint). Kemerovo: Kemerovo State University.
4. Aksyanova A.V., Aleksandrovskaya Y.P., Gadelshina G.A. (2021) To the question of digital inequality of the regions of the Russian Federation. *Managing Sustainable Development*, 6 (37), 5–13.
5. Logacheva N.A. (2021) The digital transformation profile of the region as qualitative characteristics of the digital level development. *Proceedings of the Southwest State University. Series: Economics. Sociology. Management*, 11 (2), 275–285.
6. Mukhachyova A.V. (2025). The region's digital profile as a factor in the development of social digital potential. *Journal of Economics, Entrepreneurship and Law*, 15 (2), 1219–1240. DOI: <https://doi.org/10.18334/epp.15.2.122639>
7. Mukhacheva A.V. (2025) Tools for ensuring digital quality of life of the population in the national economy. *π-Economy*, 18 (1), 57–79. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18103>
8. Mukhachyova A.V. (2025) The concept of the digital region: methodological foundations of formation and implementation in the social sphere. *Journal of Economics, Entrepreneurship and Law*, 15 (2), 875–898. DOI: <https://doi.org/10.18334/epp.15.2.122593>
9. Onyango G., Ondiek J.O. (2023) *Digitalising analogue policy targets!* ‘Digital capabilities’ of older persons and policy digitalisation of social safety net programs in a developing country context. *Journal of Technology in Human Services*, 41 (4), 348–375. DOI: <https://doi.org/10.1080/15228835.2023.2263494>

10. Alabina T.A., Golubev M.R., Morozova E.A. (2020) “Strategy” in strategizing: theoretical approaches to the definition of the concept. *Teoriya i praktika strategirovaniya*, 72–75.
11. Afanasieva N.V., Enikeeva L.A., Shamina L.K. (2024) Transformational processes of the dynamics of innovative development of regions. *Financial Management*, 5, 11–23.
12. Pastukhova E.Ya., Korchagina I.V., Morozova E.A. (2025) Dynamics and life expectancy socio-economic factors: regional aspect. *Management Issues*, 19 (1), 42–55. DOI: <https://doi.org/10.22394/2304-3369-2025-1-42-55>
13. Shchekotin E., Goiko V., Myagkov M., Dunaeva D. (2021) Assessment of quality of life in regions of Russia based on social media data. *Journal of Eurasian Studies*, 12 (2), 182–198. DOI: <https://doi.org/10.1177/18793665211034185>
14. Tokmergenova M., Bánhidi Z., Dobos I. (2021) Analysis of I-DESI dimensions of the digital economy development of the Russian Federation and EU-28 using multivariate statistics. *St. Petersburg University Journal of Economic Studies*, 37 (2), 189–204. DOI: <https://doi.org/10.21638/spbu05.2021.201>
15. Ruban L.S., Ananjin M.A. (2023) Digitalization processes in production, public administration, and the social sphere in Russia. *Science. Culture. Society*, 29 (1), 25–37. DOI: <https://doi.org/10.19181/nko.2023.29.1.2>
16. Stukalenko E. (2021) Risks of the digitalization of life of the population and ways of decreasing them. *Ideas and Ideals*, 13 (4-1), pp. 180–203. DOI: <https://doi.org/10.17212/2075-0862-2021-13.4.1-180-203>
17. Pakhomov E.V. (2021) Analysis of approaches to assessing the impacts of digitalization on people’s well-being. *Management Accounting*, 12, 198–206. DOI: <https://doi.org/10.25806/uu12-12021198-206>
18. Pakhomov E.V. (2020) Concept of a system of indicators for assessing standards of living and quality of life in the digital economy. *Economics: Yesterday, Today and Tomorrow*, 10 (12-1), 233–250. DOI: <https://doi.org/10.34670/AR.2020.23.41.075>
19. Litvintseva G.P., Karelin I.N. (2022) Effects and Risks of Digital Quality of Life in Russian Regions. *Economy of Regions*, 18 (1), 146–158. DOI: <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-1-11>
20. Mukhacheva A.V., Nikitskaya E.F. (2024) Developing the region's digital potential in managing the quality of life. *Journal of Economics, Entrepreneurship and Law*, 14 (3), 859–884. DOI: <https://doi.org/10.18334/epp.14.3.120602>
21. Zhao X., Lu S., Yuan S. (2023) How does the digitization of government environmental governance affect environmental pollution – spatial and threshold effects. *Journal of Cleaner Production*, 415, art. no. 137670. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137670>
22. Lukyanov A.A. (2023) Trends in the digitalization of the social sphere: advantages and disadvantages. *Tendencii razvitiya nauki i obrazovaniya [Trends in the development of science and education]*, 94 (4), 32–36. DOI: <https://doi.org/10.18411/trnio-02-2023-184>
23. Lukyanov A.A., Gussenov B.Sh. (2023) Digitalization of the social sphere as a factor of strengthening the financial security of the region. *Statistics, accounting and audit*, 1 (88), 58–63. DOI: <https://www.doi.org/10.51579/1563-2415.2023-1.08>
24. Bozhday A.S., Sviridova V.V. (2023) Method for numerical assessment of the level of digital transformation of priority directions of socio-economic processes of the regions. *Models, systems, networks in economics, technology, nature and society*, 2, 172–184. DOI: <https://doi.org/10.21685/2227-8486-2023-2-11>
25. Babichev A.O. (2023) Economic and mathematical model of the development of the digital ecosystem of the regional economy (using the example of the Kursk Region). *Proceedings of the South-west State University. Series: Economics. Sociology. Management*, 13 (6), 267–276. DOI: <https://doi.org/10.21869/2223-1552-2023-13-6-267-276>
26. Gracinskaya G.V., Puchkov V.F. (2021) Postroenie i ocenka parametrov matematicheskikh modelej, otrazhayushchih v cifrovoj ekonomike processy razvitiya regionov [Construction and evaluation of parameters of mathematical models reflecting regional development processes in the digital economy]. *Celi i puti ustojchivogo ekonomicheskogo razvitiya [Goals and paths of sustainable economic development]*, 58–68.
27. Mashunin I.A. (2022) Management, modeling socio-economic systems of the region within the digital economy. *Analiz, modelirovanie, upravlenie, razvitie social'no-ekonomicheskikh sistem (AMUR-2022) [Analysis, modeling, management, development of socio-economic systems (AMUR-2022)]*, 231–238.



28. Mashunin I.A. (2024) Forecasting and management of socio-economic development of the region in modern conditions. *Analiz, modelirovanie, upravlenie, razvitie social'no-ekonomicheskikh sistem (AMUR-2024)* [Analysis, modeling, management, development of socio-economic systems (AMUR-2024)], 216–223.
29. Makarov V.L., Bakhtizin A.R., Sushko E.D., Abramov V.I., Evdokimov D.S. (2020) Using agent-based models to expand strategic functionality of the Kuzbass situation centers. *Russian Journal of Industrial Economics*, 13 (3), 300–307. DOI: <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2020-3-300-307>
30. Frolov K.V., Babkin A.V., Frolov A.K. (2024) Concept and essence of digitalization and digital transformation based on fundamental and applied aspects of the systems-cybernetic theory. *π-Economy*, 17 (1), 7–26. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.17101>
31. Ruzina E.I. (2022) Digitalization: on the definition of the concept, on the benefits and risks of digital transformation. *Gorizonty ekonomiki* [Horizons of Economics], 5 (71), 96–99.
32. Khalin V.G., Chernova G.V. (2018) Digitalization and Its impact on the russian economy and society: Advantages, challenges, threats and risks. *Administrative Consulting*, 10, 46–63. DOI: <https://doi.org/10.22394/1726-1139-2018-10-46-63>
33. Maslov M.P., Petrov S.P. (2021) Metodicheskie aspekty ocenki cifrovogo potentsiala ekonomiki regionov Rossii [Methodological aspects of assessing the digital potential of the economy of Russian regions]. *Institucional'naya transformatsiya ekonomiki: chelovek i socium (ITE-CHS 2021)* [Institutional transformation of the economy: man and society], 123–124. DOI: <https://doi.org/10.17223/978-5-907442-40-5-2021-86>
34. Kulagina N.A., Sergeev D.A. (2022) Cifrovoe razvitie regiona: voprosy ocenki potentsiala v usloviyah sovremennykh vyzovov [Digital development of the region: issues of assessing potential in the context of modern challenges]. *Cifrovaya ekonomika i onlajn-obrazovanie: klyuchevye trendy i prepyatstviya* [Digital Economy and Online Education: Key Trends and Obstacles], 48–52.
35. Kulikova I.Y. (2022) The place of the digital potential of the mesoterritory in the system of potentials of the region. *Ekonomika i predprinimatel'stvo* [Economy and Entrepreneurship], 8 (145), 451–455. DOI: <https://doi.org/10.34925/EIP.2022.145.8.088>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT AUTHOR

МУХАЧЁВА Анна Валентиновна

E-mail: oblakkko@mail.ru

Anna V. MUKHACHEVA

E-mail: oblakkko@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3720-4969>

Поступила: 27.06.2025; Одобрена: 09.08.2025; Принята: 10.08.2025.

Submitted: 27.06.2025; Approved: 09.08.2025; Accepted: 10.08.2025.

Научная статья

УДК 330.322.012

DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18402>

EDN: <https://elibrary/ICAXWK>



ИНСТРУМЕНТАРИЙ ОЦЕНКИ ЦИФРОВОЙ ЗРЕЛОСТИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКОСИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ КОЭВОЛЮЦИИ И ЭКОСИСТЕМНОЙ СИНЕРГИИ

А.В. Бабкин, П.А. Михайлов , Е.В. Шкарупета , Чэнь Лэйфэй

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

 pavel-mixailov1999@yandex.ru

Аннотация. В условиях повсеместной цифровизации и цифровой трансформации промышленности возрастает потребность в комплексных методах оценки цифровой зрелости не только отдельных предприятий, но и полноценных интеллектуальных промышленных экосистем. Несмотря на наличие различных методик оценки цифровой зрелости для компаний и предприятий, данная тематика еще только развивается. Более того, подходы к анализу полноценных экосистем остаются достаточно фрагментарными и часто не учитывают важные аспекты их функционирования – например, синергетические эффекты, возникающие за счет применения экосистемных форматов, а также коэволюцию между участниками экосистемы, означающую необходимость согласованного и взаимосвязанного развития между всеми участниками для достижения максимальных результатов. Таким образом, в качестве объекта исследования рассматриваются интеллектуальные промышленные экосистемы, функционирующие на основе коэволюции и экосистемной синергии. Предметом исследования является цифровая зрелость интеллектуальной промышленной экосистемы, функционирующей на основе коэволюции и экосистемной синергии. Цель исследования заключается в разработке научно-методического инструментария оценки цифровой зрелости интеллектуальной промышленной экосистемы, функционирующей на основе коэволюции и экосистемной синергии, которые отражают системные свойства связности, взаимообусловленное развитие элементов и обеспечение взаимовыгодного сотрудничества акторов экосистемы. В рамках исследования уточнены понятия «интеллектуальная промышленная экосистема» и «цифровая зрелость»; рассмотрено современное состояние предметной области цифровой экономики, цифровизации, цифровых технологий; предложен комплексный научно-методический подход для оценки цифровой зрелости интеллектуальной промышленной экосистемы, который позволяет оценивать цифровой коэволюционный потенциал, учитывающий особенности синергетических эффектов экосистемы, и цифровой форсайт промышленных экосистем; на основе предложенного подхода разработана методика оценки цифровой зрелости, интегрирующая как анализ текущих возможностей экосистемы (коэволюционный потенциал), так и перспективы ее развития (цифровой форсайт). Ключевыми особенностями исследования являются учет эффекта коэволюции в экосистемных форматах – адаптации участников к совместному развитию в цифровой среде, а также оценка синергии между ними – дополнительных эффектов от взаимодействия предприятий в рамках экосистемы.

Ключевые слова: интеллектуальная промышленная экосистема, цифровая зрелость, коэволюция, синергия, промышленный симбиоз

Благодарности: Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда, № 25-18-00978 «Стратегическое управление интеллектуальной зрелостью промышленных экосистем в условиях экономики данных: методология, фреймворк, инструментарий».

Для цитирования: Бабкин А.В., Михайлов П. А., Шкарупета Е.В., Чэнь Лэйфэй. (2025) Инструментарий оценки цифровой зрелости интеллектуальной промышленной экосистемы на основе коэволюции и экосистемной синергии. П-Economy, 18 (4), 32–53. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18402>

Research article

DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18402>

A TOOLKIT FOR ASSESSING THE DIGITAL MATURITY OF AN INTELLIGENT INDUSTRIAL ECOSYSTEM BASED ON COEVOLUTION AND ECOSYSTEM SYNERGY

A.V. Babkin, P.A. Mikhailov , E.V. Shkarupeta , Chen Leifei

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, Russian Federation

 pavel-mixailov1999@yandex.ru

Abstract. In the context of widespread digitalization and digital transformation of industry, there is an increasing need for comprehensive methods for assessing the digital maturity of not only individual enterprises, but also full-fledged intelligent industrial ecosystems. Despite the availability of various methods for assessing digital maturity for companies and enterprises, this topic is still developing. Moreover, approaches to the analysis of full-fledged ecosystems remain rather fragmented and often do not take into account important aspects of their functioning, such as the synergetic effects resulting from the use of ecosystem formats, as well as coevolution between ecosystem participants, which means the need for coordinated and interconnected development between all participants to achieve maximum results. Thus, intelligent industrial ecosystems functioning on the basis of coevolution and ecosystem synergy are considered as the object of research. The subject of the study is the digital maturity of an intelligent industrial ecosystem operating on the basis of coevolution and ecosystem synergy. The purpose of the research is to develop scientific and methodological tools for assessing the digital maturity of an intelligent industrial ecosystem operating on the basis of coevolution and ecosystem synergy, which reflect the systemic properties of connectivity, the interdependent development of elements and ensuring mutually beneficial cooperation between ecosystem actors. Within the framework of the study, the concepts of "intelligent industrial ecosystem" and "digital maturity" were clarified; the current state of the subject area of the digital economy, digitalization, and digital technologies was considered; a comprehensive scientific and methodological approach was proposed to assess the digital maturity of an intelligent industrial ecosystem, which makes it possible to assess the digital coevolutionary potential, taking into account the features of the synergetic effects of the ecosystem, and the digital foresight of industrial ecosystems; Based on the proposed approach, a methodology for assessing digital maturity has been developed that integrates an analysis of both the current capabilities of the ecosystem (coevolutionary potential) and its development prospects (digital foresight). The key features of the study are taking into account the effect of coevolution in ecosystem formats – the adaptation of participants to joint development in the digital environment, as well as assessing the synergy between them – additional effects from the interaction of enterprises within the ecosystem.

Keywords: intellectual industrial ecosystem, digital maturity, coevolution, synergy, industrial symbiosis

Acknowledgements: The study was funded by the Russian Science Foundation grant, № 25-18-00978 «Strategic Management of intellectual maturity of industrial ecosystems in a data economy: methodology, framework, tools».

Citation: Babkin A.V., Mikhailov P.A., Shkarupeta E.V., Chen Leifei. (2025) A toolkit for assessing the digital maturity of an intelligent industrial ecosystem based on coevolution and ecosystem synergy. *IT-Economy*, 18 (4), 32–53. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18402>

Введение

В современной цифровой экономике концепции Индустрии 4.0/5.0 задают новые векторы развития высокотехнологичной промышленности. Если Индустрия 4.0 фокусируется на автоматизации и минимизации человеческого фактора, то Индустрия 5.0 делает шаг вперед, предлагая модель синергии между людьми и интеллектуальными машинами. Таким образом, возрастает ценность человеческого интеллекта, который не выступает как дополнение к техническим устройствам, а является важнейшим компонентом производственного процесса. Все это создает основу для персонализированного производства, устойчивого развития и креативной экономики [1–7].

Более того, в научной дискуссии уже начинают обсуждаться основы будущей Индустрии 6.0, где технологии полностью интегрируются с биологией, сознанием и окружающей средой, открывая новые горизонты за счет квантовых вычислений и биоинженерии [8–10].

Таким образом, в современных условиях особую актуальность приобретает задача разработки инструментария, позволяющего количественно измерить результаты цифровизации отдельных бизнес-процессов или полноценной цифровой трансформации промышленных предприятий и экосистем.

Литературный обзор

В современной экономике цифровые технологии превратились в важнейший фактор развития как для отдельных компаний и предприятий, так и на уровне целых государств.

Цифровизация и цифровая трансформация создают новые условия и возможности для роста эффективности и конкурентоспособности предприятий. Цифровые технологии позволяют им оптимизировать свои производственные процессы, сокращать издержки, повышать производительность. На их основе появляются новые бизнес-модели в виде цифровых и промышленных платформ и экосистем, которые позволяют устранить многие барьеры, а также создают возможности для выхода на новые рынки. Активное применение средства аналитики позволяет повысить качество проводимых прогнозов, лучше понимать портрет своих потребителей, быстрее реагировать на изменения рынка [11, 12].

На уровне государств применение цифровых технологий становится основой для повышения эффективности государственного управления, а также качества жизни граждан. Одним из проявлений подобных преимуществ являются создание и развитие цифровых государственных платформ, значительно упрощающих бюрократические барьеры для простых граждан. Не менее важными направлениями развития оказываются национальные программы цифровизации, направленные на развитие высокотехнологичных и иных направлений [13, 14].

Например, в России с 2018 по 2024 год действовала национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации», направленная на внедрение цифровых технологий в экономике и социальной сфере, создание условий для высокотехнологичного бизнеса, повышение конкурентоспособности страны на глобальном рынке, укрепление национальной безопасности и повышение качества жизни граждан¹.

Развитие цифровых технологий сегодня является важнейшим условием устойчивого развития как на уровне отдельных предприятий, где необходима постоянная адаптация к новым условиям рынка, так и для государств в целом, где основным фокусом является цифровое развитие инфраструктуры, сферы образования, нормативного регулирования.

Тематика цифровых технологий и цифровой экономики в своем современном виде зародилась относительно недавно.

¹ Минцифры (2024) *Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации»*. [online] Available at: <https://digital.gov.ru/target/nacziionalnaya-programma-cifrovaya-ekonomika-rossijskoj-federaczii/> [Accessed 5.08.2025]. (in Russian).



Так, одним из ключевых этапов становления данной темы является 2015 год, когда в рамках Всемирного экономического форума цифровизация была официально признана ключевым драйвером Четвертой промышленной революции. Цифровая экономика была определена как система, где данные становятся новым фактором производства наравне с более традиционными факторами, заложены принципы ответственного использования искусственного интеллекта (ИИ).

С 2017 года Европейская комиссия приняла программу «Digitising European Industry» как ответ на вызовы Четвертой промышленной революции. Ключевым направлениями для рассмотрения программы являлись ускорения внедрения цифровых технологий (промышленный интернет вещей, ИИ, большие данные, облачные вычисления и т.д.), поддержка малых и средних предприятий, стремящихся проводить цифровую трансформацию, а также изучение разрывов в уровне цифрового развития между странами [16].

Дальнейшим развитием данной темы стал 2019 год, где на саммите G20 в Осаке лидеры «Большой двадцатки» впервые приняли международные принципы цифровой экономики в качестве попытки примирить и объединить подходы разных стран к развитию и правовому регулированию вопросов цифровизации и цифровой экономики. Это стало основой для принятий ряда последующих соглашений, регулирующих данную сферу [17].

Не меньший вклад в развитие тематики цифровых технологий, цифровой экономики, цифровых технологий внесли отдельные ученые, чьи работы заложили теоретические основы и ключевые концепции для дальнейших исследований. Их идеи в том числе нашли практическое применение в бизнесе и государственном управлении.

Так, в рамках статьи [18] рассматриваются различия в подходах к определению цифровизации как процесса внедрения цифровых технологий в разные бизнес-процессы, использования цифровых ресурсов для улучшения работы организации, общего проникновения цифровых технологий в разных сферах жизни общества.

Формируется подход к определению цифровой трансформации как более широкого в сравнении с цифровизацией внедрения цифровых технологий в разные процессы работы предприятия: «Цифровая трансформация бизнеса – это переход от традиционной системы управления предприятием на инновационную, на основе внедрения релевантных информационно-коммуникационных технологий в деятельность предприятия, направленных на преобразование бизнеса и/или его трансформацию в цифровую форму для получения и/или удержания конкурентных преимуществ в современном обществе» [18].

В статьях [19, 20] рассматривается определение цифровой экономики как системы, в которой ключевыми факторами производства, распределения и потребления становятся цифровые данные и технологии. Подчеркиваются ее роль в преобразовании традиционных отраслей, создании новых рынков, а также ключевые особенности в виде удешевления и повышения качества работы с цифровыми данными, снижения стоимости и упрощения взаимодействия между участниками рынка, создания новых форматов взаимодействия между участниками рынка.

Ряд статей, таких как [21, 22], посвящены изучению преимуществ конкретных цифровых технологий на практике.

Так, блокчейн (Blockchain) представляет собой базу данных, содержащую информацию о действиях ее участников в виде «цепочки блоков», где каждый пользователь подтверждает истинность информации от других участников. Это снижает риск недобросовестной работы с информацией, что крайне актуально для банковской сферы.

Цифровой двойник (Digital Twin) – это виртуальная копия физического объекта, процесса или системы, которая создается при помощи данных, полученных с датчиков, IoT-устройств и математических моделей, и в виртуальном времени отражает состояние своего «близнеца». Это позволяет тестировать различные сценарии, проводить исследования без угрозы для реального объекта.

Интернет вещей (Internet of Things, IoT) представляет собой сеть физических устройств, которые оснащены специальными датчиками и программами, подключены к интернету и объединены в единую сеть, где они могут собирать, передавать и анализировать данные и способны взаимодействовать друг с другом без участия человека.

На основе цифровых технологий формируются новые, более эффективные бизнес-модели, позволяющие в большей степени использовать преимущества цифровых технологий. Одним из проявлений являются цифровые платформы, интегрирующие производителей, потребителей, операторов платформ и других участников рынка в цифровом пространстве. Они создают принципиально новые рыночные ниши и обеспечивают конкурентные преимущества для всех участников цифрового взаимодействия. Тем не менее их развитие все еще сопровождается рядом трудностей – начиная с регуляторных ограничений и заканчивая ограниченностью денежных, трудовых и иных ресурсов предприятий, внедряющих новые модели [23, 24].

На наших глазах формируется новая реальность, где технологические гиганты, такие как Amazon, Alibaba, Яндекс, VK, Сбер и др., используя платформенные решения, выстраивают полноценные цифровые экосистемы, постепенно расширяя свое влияние на смежные отрасли. Этот тренд требует кардинальной трансформации подходов со стороны как государственных институтов, так и самих предприятий в соответствии с новыми условиями, где крайне важны пользовательская база, контроль и анализ данных, взаимодействия между участниками.

Более того, несмотря на наличие ряда методик оценки цифровой зрелости для отдельных компаний и предприятий, они все еще находятся на стадии формирования и развития, а подходы к анализу интеллектуальных промышленных экосистем остаются фрагментарными. Помимо прочего, существующие модели, как правило, не учитывают взаимовлияние участников экосистемы, а также преимущества от синергии в экосистемных форматах.

Все это является подтверждением актуальности проводимого исследования в области формирования инструментария, позволяющего оценить уровень цифровой зрелости интеллектуальной промышленной экосистемы с точки зрения объема и качества внедряемых цифровых технологий. Исходя из этого сформированы соответствующие объект, предмет, цель и задачи исследования.

В качестве *объекта исследования* рассматриваются интеллектуальные промышленные экосистемы, функционирующие на основе коэволюции и экосистемной синергии.

Предметом исследования является цифровая зрелость интеллектуальной промышленной экосистемы, функционирующей на основе коэволюции и экосистемной синергии.

Цель исследования заключается в разработке научно-методического инструментария оценки цифровой зрелости интеллектуальной промышленной экосистемы, функционирующей на основе коэволюции и экосистемной синергии, которые отражают системные свойства связности, взаимообусловленное развитие элементов и обеспечение взаимовыгодного сотрудничества акторов экосистемы.

Инструментарий включает в свой состав комплексный экосистемный подход, иерархическую систему показателей оценки и методику оценки цифровой зрелости интеллектуальной промышленной экосистемы.

Для достижения цели выделим основные *задачи исследования*:

1. Рассмотреть современное состояние предметной области цифровой экономики, цифровизации, цифровых технологий, а также понятие, особенности и преимущества интеллектуальных промышленных экосистем.
2. Уточнить и систематизировать терминологический аппарат, отражающий ключевые понятия «интеллектуальная промышленная экосистема» и «цифровая зрелость».
3. Предложить комплексный научно-методический подход для оценки цифровой зрелости интеллектуальной промышленной экосистемы, который позволяет оценивать цифровой



коэволюционный потенциал, учитывающий особенности синергетических эффектов экосистемы, и цифровой форсайт промышленных экосистем.

4. На основе предложенного подхода разработать методику оценки цифровой зрелости, интегрирующую анализ как текущих возможностей экосистемы (коэволюционный потенциал), так и перспективы ее развития (цифровой форсайт). Необходимо провести апробацию разработанной методики на примере проведенных расчетов для конкретной промышленной экосистемы.

Методы и материалы исследования

Методологическая база исследования включала комплекс аналитических подходов, применяемых на различных этапах работы. На начальной стадии проводился системный сравнительный анализ с использованием библиографических методов, а также осуществлялось сопоставление российских и международных научных разработок, теоретических концепций и эмпирических данных из различных источников.

При изучении аспектов цифровизации и технологической трансформации промышленного сектора были задействованы сравнительные оценки динамики цифрового развития отдельных производственных предприятий и промышленных экосистем в целом.

Для комплексной оценки уровня цифровой зрелости и технологического потенциала субъектов исследования применялись методы иерархического объединения интегральных показателей.

Информационную основу работы составили открытые электронные ресурсы, официальные статистические материалы, научные публикации и отраслевые отчеты, данные о развитии российских промышленных предприятий и экосистем.

Результаты исследований и их обсуждение

Понятие и особенности интеллектуальной промышленной экосистемы

Интеллектуальная промышленная экосистема в широком смысле слова представляет собой сложный механизм взаимодействия между различными экономическими субъектами, включая производителей, государственные институты, научно-инновационные организации и потребителей, основанный на использовании в ее деятельности интеллектуальных методов, цифровых технологий, систем поддержки принимаемых решений, технологий ИИ. Ее ключевая функция заключается в интеграции ресурсов участников – технологических решений, экспертных знаний и инфраструктурных возможностей – с целью достижения синергетического эффекта. Такой формат объединения способствует ускоренному развитию предприятий-участников, обеспечивает их устойчивость на рынке, укрепляет их конкурентные позиции, позволяет объединить опыт и сильные стороны участников, предоставляет возможности для выхода на новые рынки [25, 26].

Интеллектуальные промышленные экосистемы – это качественно новый уровень организации производственных систем, принципиально отличающийся от простой совокупности отдельных предприятий. В таких экосистемах формируется целостный организм, где все участники (производители, поставщики, научные центры и другие стейкхолдеры) взаимосвязаны и вносят свой вклад в достижение общих стратегических целей, недостижимых для отдельно взятых предприятий.

По своей сути интеллектуальные промышленные экосистемы представляют собой развитие формата промышленных кластеров, где на первый план выходят взаимовыгодные связи между участниками. Особенностью таких систем является интенсивный обмен не только традиционными ресурсами, но и побочными продуктами производства, техническими и иными знаниями, технологическими решениями и различной информацией. Такой комплексный обмен создает синергетический эффект, позволяющий одновременно решать задачи устойчивого развития и повышения экономической эффективности всех участников системы [27, 28].

Интеллектуальная промышленная экосистема обладает четырьмя ключевыми отличиями от традиционного промышленного кластера. Во-первых, она не требует географической концентрации участников – благодаря цифровым технологиям предприятия могут эффективно взаимодействовать, находясь в разных регионах или даже странах, что устраняет необходимость в территориальной близости, характерную для кластеров. Во-вторых, экосистема преодолевает отраслевые границы, объединяя участников из различных секторов экономики, тогда как кластеры обычно фокусируются на одной специализированной отрасли. В-третьих, экосистемный подход делает акцент на принципах устойчивого развития и экологичности производства, что часто остается второстепенным или вообще не рассматривается для кластерных моделей. В-четвертых, деятельность и развитие экосистемы осуществляется на основе принятия интеллектуальных (оптимальных) решений.

Таким образом, можно выделить следующие особенности экосистемного формата:

- целостность и взаимозависимость участников;
- совместное использование всех видов ресурсов (материальных, интеллектуальных, информационных);
- ориентацию на достижение синергетического эффекта;
- акцент на устойчивость и эффективность всей системы;
- эволюцию от кластерной модели к экосистемному подходу.

Все это позволяет преодолеть ограничения традиционных производственных моделей и создать принципиально новые возможности для инновационного развития промышленности.

Интеллектуальные промышленные экосистемы открывают качественно новые возможности для взаимодействия, значительно превосходящие потенциал традиционных кластерных структур. Ключевые преимущества данной модели включают в себя следующее [29–31]:

- 1) экономическую эффективность:
 - оптимизацию производственных затрат благодаря совместному использованию активов;
 - синергию от объединения инфраструктуры;
 - реализацию эффекта масштаба;
 - оптимизацию логистических цепочек;
- 2) инновационный потенциал:
 - общий доступ к знаниям и технологиям;
 - интеграцию с исследовательскими центрами;
 - партнерство с инновационными стартапами;
- 3) экологическую устойчивость:
 - внедрение циклических производственных моделей;
 - эффективную утилизацию отходов;
 - рациональное ресурсопотребление;
- 4) рыночную адаптивность и устойчивость к кризисам:
 - разработку уникальных продуктовых решений;
 - освоение новых рыночных ниш;
 - распределение рисков между участниками;

и многое другое.

Сущность экосистемного подхода

Совместная работа в рамках экосистемы открывает перед участниками широкие перспективы благодаря синергии, совместной реализации стратегических задач и углублению партнерских связей. Интеграция цифровых решений, составляющих технологическую основу таких объединений, значительно усиливает конкурентные преимущества предприятий – от внедрения передовых аналитических инструментов (включая промышленный интеллект вещей и большие базы данных (Big Data)) до оптимизации управления рисками за счет объединенного рыночного опыта всех участников.

Экосистемный подход демонстрирует свою эффективность как для высокотехнологичных цифровых компаний, так и для представителей более традиционных секторов экономики. В текущих геоэкономических условиях российские экосистемы проявляют особую динамику, концентрируясь на трех стратегических направлениях:

- 1) на освоении новых рыночных ниш;
- 2) на развитии отечественных технологических решений;
- 3) на расширении внутренней пользовательской базы.

Современные экосистемы демонстрируют разнонаправленные стратегии развития. Например, VK сделала ставку на медийный сегмент, тогда как Яндекс реализует диверсифицированный подход, охватывая множество рыночных ниш — от поисковых технологий до сервисов доставки, питания и транспортных услуг.

Эволюция экосистем предполагает постоянную оптимизацию бизнес-портфеля. Яркий пример — решение Яндекса о передаче медийных активов (Новости, Дзен) VK для концентрации на технологических разработках. Это отражает общий тренд на специализацию и фокусировку ключевых компетенций.

Успешное развитие экосистемы предполагает баланс между:

- бизнес-диверсификацией и специализацией;
- инновационностью и устойчивостью;
- краткосрочной эффективностью и долгосрочными целями.

Важной характеристикой интеллектуальной промышленной экосистемы является принцип коэволюции, который означает необходимость согласованного и взаимосвязанного развития всех ее участников. Этот принцип подразумевает, что все они (предприятия, поставщики, научные центры и т.д.) развиваются взаимозависимо, изменения происходят на многих уровнях экосистемы одновременно, но при этом развитие ее отдельных элементов синхронизировано с ее общими целями.

В контексте промышленных экосистем коэволюция проявляется как процесс взаимной адаптации участников, при котором происходит согласованная трансформация их бизнес-процессов и ресурсной базы в ответ на внешние вызовы и внутренние потребности развития. Такой подход, основанный на принципах взаимовыгодного партнерства, позволяет достичь значительного синергетического эффекта и существенно повысить устойчивость всей системы в долгосрочной перспективе [32–34].

Ключевым элементом данной модели выступают симбиотические отношения между участниками, характеризующиеся следующими особенностями:

- экономической взаимозависимостью между участниками экосистемы;
- эффективным обменом материальными и иными ресурсами;
- интенсивным информационным взаимодействием участников экосистемы;
- обменом опытом, навыками, технологиями между участниками экосистемы.

Тем не менее все еще остается вопрос, каким образом участники экосистемы могут оценить эффективность проведения цифровой трансформации, имеющиеся ресурсы компании, качество взаимодействия между участниками, возможные точки дальнейшего роста?

Несмотря на очевидные преимущества экосистемного подхода, перед участниками по-прежнему стоят важные вопросы оценки:

- эффективности цифровизации и цифровой трансформации: Как измерить реальную отдачу от внедренных цифровых решений? Какие показатели наиболее точно отражают прогресс трансформации?
- ресурсного потенциала: Какими возможностями обладает компания для внедрения цифровых решений?
- качества кооперации: По каким критериям можно измерить эффективность взаимодействия между партнерами? Как можно оценить синергетический эффект?

• перспектив развития: Как выявить наиболее перспективные направления для дальнейшего роста? Какие методы стратегического анализа применимы в условиях экосистемы?

Эти вопросы требуют разработки комплексной методики оценки, сочетающей количественные метрики, качественные показатели и дополнительные параметры.

Решение данных задач позволит участникам экосистемы:

- оптимизировать процесс цифровой трансформации;
- более эффективно распределять свои ресурсы;
- выявить узкие места;
- укрепить партнерские связи;
- более точно определять стратегические приоритеты развития.

Цифровая зрелость экосистемы

Одним из решений данной проблемы является проведение комплексной оценки уровня цифровой зрелости промышленной экосистемы, которая позволяет измерить прогресс цифровой трансформации предприятий-участников за конкретный временной период.

Таким образом, мы получаем оценки цифровой зрелости как для отдельных предприятий, входящих в экосистему, так и для экосистемы в целом с учетом свойств промышленного симбиоза, коэволюции, синергии и иных факторов.

На практике возможна ситуация, когда некоторые предприятия экосистемы имеют высокий уровень цифровой зрелости. Но в то же время часть важных для экосистемы предприятий сильно отстает с точки зрения своего цифрового развития, не имеет достаточно ресурсов или знаний для дальнейшего развития, или же предприятия относительно плохо взаимодействуют между собой, не до конца используют преимущества цифровых технологий.

Оценка цифровой зрелости для экосистемы направлена на то, чтобы выявить данные особенности и сделать соответствующие выводы по возможностям дальнейшего развития экосистемы.

Под *цифровой зрелостью экосистемы* будем понимать свойство экосистемы, которое отражает уровень ее технологической, инфраструктурной и архитектурной цифровизации и оценивается с помощью комплексного показателя, отражающего способности и возможности всех участников экосистемы (предприятий, научных организаций, производственных комплексов) эффективно использовать ее потенциал и цифровые технологии, включая получение симбиотических, коэволюционных и синергетических эффектов от взаимодействия.

Представленный подход (концепция) позволяет рассматривать цифровую зрелость как комплексную оценку экосистемы, отражающую степень интеграции цифровых технологий в деятельность участников и текущее состояние технологического развития системы в целом. Это позволяет модифицировать критерии оценки под специфику конкретной экосистемы, обеспечивать базу для сравнительного анализа различных экосистем, применять методику к экосистемам любого формата и отраслевой принадлежности.

В рамках исследования цифровой зрелости экосистем применяется комплексный подход, рассматривающий данный показатель как интегральную характеристику, отражающую одновременно текущее состояние цифровой трансформации и потенциал дальнейшего развития. Методология основана на трех ключевых принципах: во-первых, цифровая зрелость оценивается и как степень внедрения цифровых технологий в деятельность экосистемы, и как способность экосистемы к стратегическому развитию; во-вторых, она обеспечивает возможность количественно измерять уровень цифровизации бизнес-процессов и динамику формирования цифровой среды; в-третьих, она позволяет выразить качественные изменения через интегральные количественные показатели.

Практическое применение данной методологии демонстрирует широкий диапазон возможных состояний: от экосистем с нулевым уровнем зрелости, где практически полностью отсутствуют цифровые технологии, до высокоразвитых систем, осуществивших полную цифровую



трансформацию бизнес-моделей. Такой разброс показателей напрямую связан с конкурентными преимуществами участников экосистемы – чем выше уровень цифровой зрелости, тем значительнее эффективность работы экосистемы и потенциал ее дальнейшего развития.

Методика оценки цифровой зрелости интеллектуальной промышленной экосистемы

Рассмотрим методику оценки цифровой зрелости интеллектуальной промышленной экосистемы на основе изложенного подхода (концепции).

В рамках методики предположим, что цифровая зрелость как интегральный показатель объединяет два ключевых компонента:

1) цифровой коэволюционный потенциал (W_1) – отражающий существующие технологические и организационные возможности предприятий, входящих в экосистему, а также потенциал экосистемной синергии;

2) цифровой форсайт (W_2) – отражающий стратегическое видение и планирование цифрового развития экосистемы.

Математически данную взаимосвязь представим в виде выражения:

$$W = \alpha W_1 + \beta W_2, \quad (1)$$

где W – интегральный показатель цифровой зрелости; α, β – весовые коэффициенты, отражающие относительную значимость компонентов, при этом $\alpha + \beta = 1$.

Как правило, цифровой потенциал W_1 будет иметь больший вес в сравнении с форсайтом, потому что невозможно проводить изменения без материальной базы, денежных и трудовых ресурсов и т.д. Тем не менее это не умаляет важности проработки стратегии цифрового развития для эффективного проведения изменений.

Цифровой коэволюционный потенциал включает несколько субпотенциалов. Для каждого из субпотенциалов (назовем его L_n) цифрового коэволюционного потенциала или цифрового форсайта действует такой же принцип оценивания:

$$L = \gamma_1 L_1 + \gamma_2 L_2 + \gamma_3 L_3 + \dots + \gamma_n L_n, \quad (2)$$

где L – цифровой коэволюционный потенциал или потенциал форсайта; $L_1 \dots L_n$ – отдельно взятые показатели для оценки субпотенциалов; $\gamma_1 \dots \gamma_n$ – весовые коэффициенты субпотенциалов.

Для получения значений показателей могут использоваться анкетирование работников и специалистов экосистемы, метод опроса или же экспертная оценка самих исследователей, применяющих методику оценки.

Потенциал экосистемной синергии представляет собой дополнительный синергетический потенциал оценки цифрового коэволюционного потенциала, который позволяет сделать оценку более полной, релевантной и точной.

Это связано с тем, что технологии в экосистеме сами по себе не равняются ценности. Их реальная отдача проявляется только во взаимодействии участников. Поэтому даже если предприятия в рамках экосистемы по отдельности имеют отличные показатели с точки зрения цифровой зрелости, в рамках единой экосистемы они могут не так эффективно взаимодействовать между собой, что скажется на итоговом качестве работы единой экосистемы.

Проведенные авторами исследования позволили интерпретировать значения индекса цифровой зрелости по шкале от 0 до 1 (табл. 1).

Предложенный подход позволяет рассматривать текущие возможности промышленной экосистемы в плане развития цифровых технологий и способности к их эффективному внедрению и применению, включая уровень коэволюции и синергии взаимодействия участников, а также обеспечивает возможности для проведения сравнительного анализа с другими экосистемами.

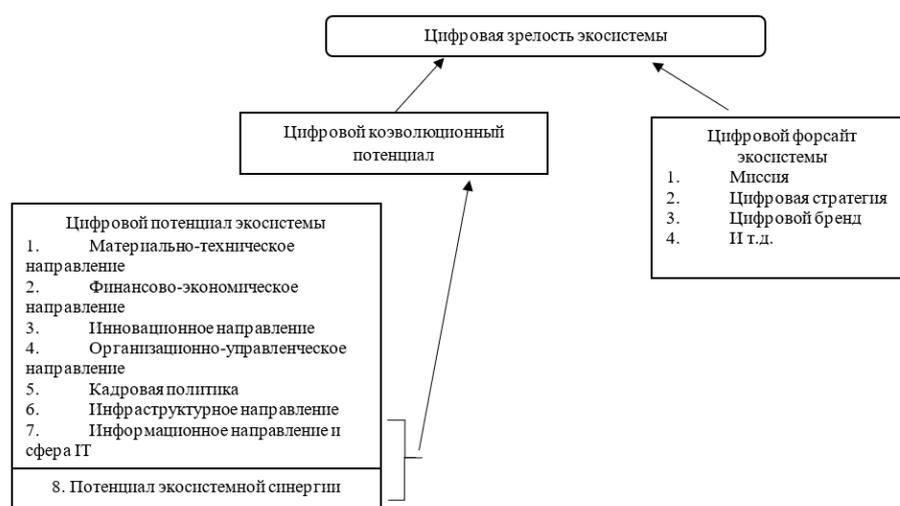


Рис. 1. Структура цифровой зрелости промышленной экосистемы

Fig. 1. The structure of the digital maturity of the industrial ecosystem

Таблица 1. Уровни цифровой зрелости интеллектуальной промышленной экосистемы

Table 1. Levels of digital maturity of the intelligent industrial ecosystem

Диапазон индекса цифровой зрелости	Уровень цифровой зрелости	Характеристика уровня
0,75–1,00	Высокий	Полноценная цифровая экосистема с автоматизированными процессами
0,50–0,74	Выше среднего	Частичная цифровизация с потенциалом дальнейшего развития
0,25–0,49	Средний	Ограниченное использование цифровых технологий
0,00–0,24	Низкий	Преобладание традиционных неавтоматизированных процессов

С учетом изложенного, в общем виде цифровую зрелость промышленной экосистемы можно представить следующим образом (рис. 1).

Методика оценки цифровой зрелости интеллектуальной промышленной экосистемы позволяет учитывать:

- *цифровой потенциал* – текущие технологические и организационные возможности предприятий, входящих в экосистему;
- *цифровой коэволюционный потенциал* – цифровой потенциал с учетом преимуществ коэволюции и синергии от учета экосистемного эффекта;
- *цифровой форсайт* – стратегические перспективы развития экосистемы.

При этом оценка осуществляется по отдельным направлениям деятельности, что выявляет возможные дисбалансы (например, между уровнем технологического оснащения и квалификацией персонала). Система включает анализ множества субпотенциалов – от финансовых возможностей до инновационной активности, совокупность которых определяет интегральный показатель цифровой зрелости экосистемы.

Важными составляющими являются коэволюционный потенциал, который учитывает способность участников системы создавать дополнительную ценность за счет взаимосвязанного, взаимообусловленного и взаимодополняемого развития акторов экосистемы (единая архитектура



бизнес-модели экосистемы, совместимые платформы и цифровые сервисы, единые стандарты данных и т.д.), и потенциал экосистемной синергии, отражающий качество и глубину взаимодействий между участниками экосистемы, ее сетевые преимущества на основе эмерджентности.

В зависимости от особенностей оценки можно рассматривать следующие показатели потенциала экосистемной синергии:

- 1) коэффициент экосистемной интеграции/связности = количество связей между участниками / максимально возможное число связей * 100%;
- 2) глубина интеграции данных = объем общедоступных данных / объем данных отдельных участников * 100%;
- 3) коэффициент экономии от синергии = сумма сокращенных затрат / затраты до объединения * 100%;
- 4) коэффициент использования совместных платформ/сервисов = число операций через общую платформу экосистемы/операции в целом по всем предприятиям в экосистеме * 100%;
- 5) коэффициент совместных инноваций = число совместных инновационных проектов / общее число проектов * 100%;
- 6) коэффициент обмена технологиями: число внедрений технологий от партнеров / общее число внедрений технологий * 100%;
- 7) коэффициент синергетического эффекта = общая выручка экосистемы / потенциальная выручка участников при отдельной работе * 100%.

Таким образом, цифровой коэволюционный потенциал можно представить следующим образом (рис. 2).

Цифровой коэволюционный потенциал экосистемы включает следующие субпотенциалы и показатели, представленные ниже [15]:

1. Материально-технический субпотенциал: стоимость основных средств, уровень освоения новой техники, обеспеченность оборотными средствами, трудоемкость произведенной инновационной продукции и т.д.

2. Финансово-экономический субпотенциал: уровень затрат на приобретение технологий, машин и оборудования, программного обеспечения, стоимость собственных финансовых ресурсов, прибыль и выручка кластера.

3. Инновационный субпотенциал: затраты на проведение инноваций и НИОКР, доля и объем инновационной продукции, количество проданных лицензий, количество новых видов продукции за определенное время.

4. Организационно-управленческий субпотенциал: скорость принятия тактических решений, «высота» организационной структуры, загруженность менеджмента, система мотивации работников, количество лабораторий, уровень организационного развития, включенность менеджмента в инновационный процесс.

5. Кадровый субпотенциал: количество работников, готовность сотрудников к принятию изменений, уровень качества подготовки сотрудников компании к применению цифровых технологий, уровень затрат на дополнительное обучение персонала.

6. Инфраструктурный субпотенциал: доступность сырья и природных ресурсов, уровень развития инновационной структуры, уровень развития образовательной структуры, логистической и энергетической структуры.

7. Информационный субпотенциал: обеспечение сотрудников персональным компьютером, внедрение технологий Индустрии 4.0/5.0 (промышленный интернет вещей, ИИ, большие базы данных и т.д.), объем использования цифровых каналов во внутренних процессах и при взаимодействии с внешними участниками, использование цифровых инструментов.

8. Потенциал экосистемной синергии – позволяет скорректировать оценку с учетом качества взаимодействия между участниками экосистемы. Даже если предприятия в рамках экосистемы

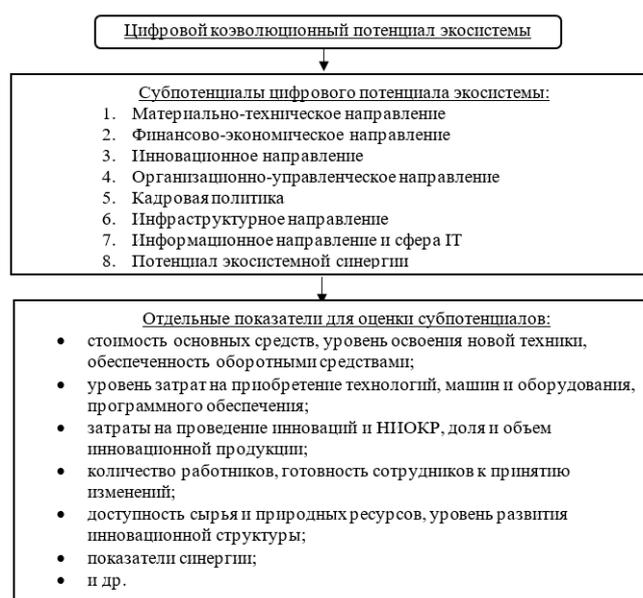


Рис. 2. Структура цифрового коэволюционного потенциала промышленной экосистемы
 Fig. 2. The structure of the digital coevolutionary potential of the industrial ecosystem

по отдельности имеют высокий потенциал для цифрового развития, они не обязательно успешно взаимодействуют друг с другом, что будет негативно сказываться на общем показателе цифровой зрелости. Данный блок позволяет учесть подобные особенности, выражаемые через свойства промышленного симбиоза и эмерджентности экосистемы.

Цифровой форсайт, отражающий способность экосистемы реализовывать свои стратегические технологические возможности, включает следующие субпотенциалы:

1. Цифровое видение экосистемы – общая стратегическая инициатива, объединяющая и координирующая все усилия компании по максимальному раскрытию преимуществ цифровых технологий.
2. Миссия экосистемы – цель компании при проведении цифровой трансформации бизнес-процессов, описанная ключевыми тезисами.
3. Целеполагание – постановка генеральной цели и задач при проведении цифровой трансформации.
4. Управление ценностью продуктов и услуг – повышение предоставляемой клиенту ценности продукции за счет применения цифровых технологий, более эффективных средств аналитики и т.д.
5. Брендинг продуктов – формирование новых приемов и идейных посылов, связанных с цифровыми технологиями.
6. Стратегия цифровизации / цифровой трансформации – основополагающий документ предприятия, описывающий его текущий этап цифровой зрелости, дальнейшие направления развития и основные шаги для их реализации, необходимые проекты и источники денежных и иных ресурсов.

Еще раз отметим, что цифровой потенциал характеризует текущее состояние технологических и организационных возможностей предприятия, отражая его актуальные ресурсы и возможности. В то же время цифровой форсайт ориентирован на перспективы развития (способности экосистемы), определяя стратегические цели цифровой трансформации и этапы их достижения.

Продemonстрируем работоспособность методики оценки цифровой зрелости интеллектуальной промышленной экосистемы на примере следующих расчетов (табл. 2–4).

Таблица 2. Значения и веса субпотенциалов цифрового форсайта экосистемы
Table 2. Values and weights of the subpotentials of the digital foresight ecosystem

	Субпотенциал	Значение (от 0 до 1)	Вес
1	Цифровое видение предприятия	0,44	27%
2	Миссия компании	0,67	17%
3	Целеполагание	0,86	10%
4	Управление ценностью продуктов и услуг	0,76	13%
5	Брендинг продуктов	0,84	10%
6	Стратегия цифровизации / цифровой трансформации	0,80	23%
		Общий вес:	100%

На основе данной таблицы можно отметить, что для рассматриваемой экосистемы с точки зрения цифрового форсайта наиболее приоритетными являются субпотенциалы 1 и 6 (в сумме имеют вес 50%).

При этом Цифровое видение предприятия имеет достаточно среднее значение 0,44, что сильно сказывается на общей оценке цифрового форсайта.

Таблица 3. Результаты определения значений субпотенциалов цифрового коэволюционного потенциала предприятия
Table 3. Results of determining the values of the subpotentials of the digital coevolutionary potential of the enterprise

№	Субпотенциалы	Значение (от 0 до 1)	Вес	Арифм.
1	Материально-технический			
	стоимость основных средств	0,77	50%	0,385
	обеспеченность оборотными средствами	0,65	60%	0,39
	стоимость нематериальных активов	0,83	10%	0,083
			120%	0,858
2	Финансово-экономический	Значение	Вес	
	уровень затрат на приобретение технологий, машин и оборудования	0,56	35%	0,196
	стоимость собственных финансовых ресурсов	0,69	50%	0,345
	чистая прибыль	0,80	15%	0,12
			100%	0,661
3	Инновационный	Значение	Вес	
	затраты на проведение инноваций и НИОКР	0,70	80%	0,56
	количество новых видов продукции за определенное время	0,15	20%	0,03
			100%	0,59
4	Организационно-управленческий	Значение	Вес	
	«высота» организационной структуры	0,68	35%	0,238
	загруженность менеджмента	0,42	32%	0,1344
	система мотивации работников	0,81	33%	0,2673
			100%	0,6397

Окончание таблицы 3

№	Субпотенциалы	Значение	Вес	
5	Кадровый			
	количество работников	0,82	50%	0,41
	готовность сотрудников к принятию изменений	0,63	25%	0,1575
	уровень качества подготовки сотрудников компании	0,90	25%	0,225
			100%	0,7925
6	Инфраструктурный			
	доступность сырья и природных ресурсов	0,81	70%	0,567
	уровень развития образовательной структуры	0,41	30%	0,123
			100%	0,69
7	Информационный			
	обеспечение сотрудников персональным компьютером	0,71	50%	0,355
	использование цифровых технологий	0,60	50%	0,3
			100%	0,655
8	Потенциал экосистемной синергии			
	экосистемная интеграция	0,71	40%	0,284
	экономия от синергии	0,89	45%	0,4005
	совместные инновации	0	15%	0
			100%	0,6845

В табл. 3 представлен ряд показателей для оценки отдельных субпотенциалов коэволюционного потенциала экосистемы. В зависимости от целей оценки можно выделить намного больше дополнительных ее показателей или изменить их.

Можно выделить достаточно низкие значения по ряду показателей коэволюционного потенциала экосистемы – в частности, экосистема сильнее всего отстает по показателю количества новых видов продукции, что является ее узким местом.

Кроме того, ряд показателей также имеет не самые лучшие значения (в пределах 0,4–0,45), что может требовать дальнейшей доработки.

Таблица 4. Значения и веса субпотенциалов цифрового коэволюционного потенциала предприятия
Table 4. Values and weights of subpotentials of the digital coevolutionary potential of the enterprise

№	Субпотенциал	Значение	Вес
1	Материально-техническое направление	0,858	23%
2	Финансово-экономическое направление	0,661	12%
3	Инновационное направление	0,59	8%
4	Организационно-управленческое направление	0,6397	13%
5	Кадровая политика	0,7925	14%
6	Инфраструктурное направление	0,69	8%
7	Информационное направление и сфера ИТ	0,655	12%
8	Потенциал экосистемной синергии	0,6845	10%
		Общий вес:	100%

На основе данных табл. 4 можно отметить, что наименее значимыми субпотенциалами для экосистемы являются инновационное и инфраструктурное направления. При этом наименьшие значения экосистема имеет также по этим субпотенциалам, поэтому это не так сильно скажется на итоговом показателе.

В табл. 5 представлен итоговый показатель уровня цифровой зрелости промышленной экосистемы. В данном случае вес между коэволюционным потенциалом и форсайтом распределяется в соотношении 70/30. Это говорит о том, что при проведении оценки для экосистемы более важным являются ее текущие возможности, включая трудовые, денежные и иные ресурсы.

В зависимости от особенностей экосистемы данное соотношение может быть другим.

Таблица 5. Интегральный показатель цифровой зрелости экосистемы
Table 5. An integral indicator of the digital maturity of the ecosystem

	Значение арифметическое	Вес
Цифровой потенциал	0,72	0,700
Цифровой форсайт	0,686	0,300
Итого	0,71	

Таким образом, цифровая зрелость экосистемы находится на уровне 0,71, т.е. она оценивается как выше среднего.

Отдельно можно отметить, что потенциал экосистемной синергии был оценен на уровне 0,6845, т.е. является выше среднего и требует дальнейшей работы по его повышению.

Таким образом, этапы методики оценки уровня цифровой зрелости промышленной экосистемы можно представить следующим образом:

1) Проводится подготовка к оценке цифровой зрелости – создается рабочая группа из IT-специалистов, руководителей производственных подразделений, которые будут участвовать в проведении оценки. Устанавливаются общие сроки оценки, а также ее основные цели – выявить основные узкие места энергетического предприятия с точки зрения цифровой развития, проследить соответствие существующей стратегии по цифровой трансформации.

2) Производится сбор, анализ и систематизация исходных данных для оценки экосистемы. Основными источниками для получения данных являются анализ документации и отчетов, а также опросы и интервью сотрудников предприятий.

3) Производится оценка цифрового потенциала и цифрового форсайта предприятий, входящих в экосистему, присваиваются весовые коэффициенты для каждого направления в зависимости от особенностей оценки. Перед проведением оценки уточняются показатели оценки для каждого из субпотенциалов – интересует ли нас изучение доли сотрудников с цифровыми навыками, уровень покрытия IoT-датчиками, процент сбоев и аварий на участках или ряд иных показателей. Вычисляется потенциал экосистемной синергии для расчета коэволюционного потенциала экосистемы.

4) Проводится оценка общего показателя цифровой зрелости экосистемы, делаются выводы о ресурсах, возможностях и способностях предприятий по проведению цифровой трансформации – какие направления наименее развиты, какие из них являются ключевыми, какие возможности по усилению своих сильных сторон или устранению слабых сторон имеют предприятия, какие существуют потенциальные угрозы для их дальнейшего развития и проведения цифровой трансформации. Делается общая оценка уровня цифровой зрелости.

5) В зависимости от результатов оценки цифровой зрелости, а также целей экосистемы определяются формат и объем проводимых изменений, применяемые цифровые технологии, разрабатываются рекомендации и стратегия цифровой трансформации – будет ли предприятие точно

внедрять новую технологию на одном из участков/объектов или же стремиться полностью преобразовать свои бизнес-процессы, каких ресурсов это потребует, необходимо ли дополнительно обучать персонал для эффективного использования новых технологий.

б) Проводится внедрение новых технологий, рассматриваются полученные результаты и разрабатываются предложения по дальнейшему совершенствованию экосистемы. Происходит постоянный мониторинг и корректировка получаемых результатов внедрения.

Построим матрицу соотношения уровня цифровой зрелости экосистемы и ее составляющих: коэволюционного потенциала и цифрового форсайта (табл. 6).

Таблица 6. Матрица оценки уровня цифровой зрелости экосистемы в зависимости от развития цифрового коэволюционного потенциала и цифрового форсайта
Table 6. Matrix for assessing the level of digital maturity of an ecosystem depending on the development of digital coevolutionary potential and digital foresight

Уровень цифровой зрелости	Цифровой коэволюционный потенциал (70%) (технологии, инфраструктура, данные)	Цифровой форсайт (30%) (стратегия, целеполагание)	Итоговый уровень
Начальный (фрагментарный)	Ручные процессы, отсутствие IoT Локальные цифровые решения Данные не структурированы	Нет стратегии цифровизации Управление на основе опыта (не данных) Нет долгосрочного видения	0–25%
Развивающийся (интеграционный)	Внедрены базовые цифровые решения Частичная автоматизация Обучение персонала	План цифровизации отдельных цехов Пилотные проекты (предиктивная аналитика)	26–50%
Трансформационный (преобразующий)	Цифровые двойники оборудования ИИ для контроля качества Единая цифровая платформа Высокий уровень цифровых компетенций	Цифровая стратегия на 3–5 лет ROI-анализ инноваций Четкая дорожная карта трансформации	51–75%
Интеллектуальный (экосистемный)	Интеллектуальные системы поддержки решений Интеллектуальные производства Квантовые вычисления ИИ для управления предприятием Замкнутые циклы ресурсов	Гибкие бизнес-модели Лидерство в отраслевых стандартах Экосистемная цифровая стратегия	76–100%

На основе данной матрицы можно отметить, что в среднем цифровой коэволюционный потенциал имеет несколько большее значение (70%) в сравнении с цифровым форсайтом. Это может быть объяснено тем, что, даже если экосистема имеет великолепную цифровую стратегию, подробный план цифрового развития на ближайшие 5–10 лет и т.д., этого не всегда достаточно для развития экосистемы, если у нее отсутствуют ресурсы и возможности для реализации своих стратегий.

Однако в зависимости от особенностей экосистемы / рассматриваемой отрасли данное соотношение может быть другим.

Кроме того, важно отметить, что для перехода на новый уровень деятельности экосистемы необходимо синхронное развитие обоих компонентов. Если экосистема слишком отстает по одному



из них, другой компонент тоже не может быть реализован в полной мере, что скажется на итоговой оценке цифровой зрелости в худшую сторону.

К примеру, если у экосистемы высокий цифровой потенциал (например, внедрены ИИ и цифровые двойники), но низкий уровень форсайта (нет стратегии цифрового развития, дорожной карты изменений), ее цифровая зрелость вряд ли превысит 50%. Если у экосистемы есть амбициозная стратегия (форсайт), но неразвитая инфраструктура (потенциал), рост также будет ограничен.

Важно сохранять баланс при развитии этих направлений, и разработанная матрица помогает выявить дисбалансы и приоритетные направления для развития экосистемы.

Заключение

Разработанный подход оценки цифровой зрелости интеллектуальной экосистемы на основе коэволюционного потенциала существенно повышает ценность оценки цифровой зрелости за счет учета системного характера цифровой трансформации, преимуществ процессов коэволюции и синергетических эффектов, повышения точности оценки и прогнозирования.

Такой методологический подход особенно важен в условиях быстро меняющейся цифровой экономики, где способность экосистемы к скоординированному развитию становится критическим фактором конкурентоспособности.

В результате исследований получены следующие основные результаты:

1. Рассмотрены современное состояние предметной области цифровой экономики, цифровизации, цифровых технологий, а также понятие, особенности и преимущества интеллектуальных промышленных экосистем.

2. Уточнен и систематизирован терминологический аппарат, отражающий ключевые понятия «интеллектуальная промышленная экосистема» и «цифровая зрелость».

3. Предложен комплексный научно-методический подход для оценки цифровой зрелости интеллектуальной промышленной экосистемы, который позволяет оценивать цифровой коэволюционный потенциал, учитывающий особенности синергетических эффектов экосистемы, и цифровой форсайт промышленных экосистем.

4. На основе предложенного подхода разработана методика оценки цифровой зрелости, интегрирующая как анализ текущих возможностей экосистемы (коэволюционный потенциал), так и перспективы ее развития (цифровой форсайт). Апробация разработанной методики проведена на примере проведенных расчетов для конкретной промышленной экосистемы.

5. Разработанный подход и методика представляют собой инструментарий оценки цифровой зрелости интеллектуальной промышленной экосистемы на основе коэволюции и экосистемной синергии, который является дальнейшим развитием теории и инструментов цифровой экономики.

Направления дальнейших исследований

В ходе дальнейших исследований предполагается уточнить процедуру оценки коэволюционного потенциала экосистемы с учетом эффектов промышленного симбиоза и провести апробацию методики на практическом примере реальной интеллектуальной промышленной экосистемы.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Фомина А.В., Мухин К.Ю. (2018) Индустрия 4.0. Основные понятия, преимущества и проблемы. *Экономический вектор*, 3 (14), 33–38.

2. Тарасов И.В. (2018) Индустрия 4.0: понятие, концепции, тенденции развития. *Стратегии бизнеса*, 6 (50), 57–63.

3. Щетинина, Н.Ю. (2017) Индустрия 4.0: Практические аспекты реализации в российских условиях. *Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе*, 1 (21), 75–84.
4. Тарасов И.В. (2018) Технологии индустрии 4.0: Влияние на повышение производительности промышленных компаний. *Стратегические решения и риск-менеджмент*, 2, 62–69. DOI: <https://doi.org/10.17747/2078-8886-2018-2-62-69>
5. Бабкин А.В., Гаев К.Ю., Михайлов П.А., Теплицкий Г.С. (2024) Методика выбора и внедрения технологий искусственного интеллекта для предприятий и кластерных экосистем в условиях Индустрии 5.0. *Вестник Академии знаний*, 4 (63), 64–71.
6. Rijwani T., Kumari S., Srinivas R., Abhishek K., Iyer G., Vara H., Dubey Sh., Revathi V., Gupta M. (2025) Industry 5.0: a review of emerging trends and transformative technologies in the next industrial revolution. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 19, 667–679. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12008-024-01943-7>
7. Розанова Н.М. (2023) Индустрия 5.0: Золотой век или прыжок в темноту? *Вестник Института экономики Российской академии наук*, 6, 61–76. DOI: https://doi.org/10.52180/2073-6487_2023_6_61_77
8. Roshid Md.M., Waaje A., Karim R. (2025) Industry 6.0 as an Emerging Field of Research: A Systematic and Bibliometric Analysis. *EMIDWORLD 2nd International Congress on Economics Public Finance Business & Social Science*, 784–802.
9. Бабкин А.В., Либерман И.В., Клачек П.М., Шкарупета Е.В. (2025) Индустрия 6.0: методология, инструментарий, практика. *π-Economy*, 18 (1), 21–56. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18102>
10. Бабкин А.В., Шкарупета Е.В. (2024) Индустрия 6.0: сущность, тенденции и стратегические возможности для России. *Экономика промышленности*, 17 (4), 353–377. DOI: <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2024-4-1369>
11. Клишин И.А. (2023) Влияние цифровых технологий на развитие промышленного предприятия: опыт и перспективы. *Вестник Московского финансово-юридического университета*, 4, 117–124. DOI: https://doi.org/10.52210/2224669X_2023_4_117
12. Назаренко А.А. (2021) Распространение цифровых технологий среди малых и средних форм хозяйствующих субъектов в Российской Федерации. *Вопросы инновационной экономики*, 11 (4), 1439–1450. DOI: <https://doi.org/10.18334/vinec.11.4.113671>
13. Крюкова И.В. (2022) Цифровая экономика как системный тренд. *E-Scio*, 10 (73), 377–392.
14. Дуплякина О.К., Мирошниченко М.А. (2017) Необходимые условия развития цифровой экономики в России. *Экономика знаний в России: от генерации знаний и инноваций к когнитивной индустриализации*, 225–232.
15. Бабкин А.В., Михайлов П.А. (2024) Методика оценки цифровой зрелости промышленной экосистемы на основе ее потенциала и форсайта. *Стратегическое управление цифровой трансформацией интеллектуальной экономики и промышленности в новой реальности* (под ред. А.В. Бабкина), монография, СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 748–764. DOI: <https://doi.org/10.18720/IEP/2024.3/31>. [online] Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=67925044&pff=1> [Accessed 5.08.2025]. (in Russian)
16. Кудбиев Ш.Д. (2019) Зарубежный опыт стимулирования рынка труда в условиях цифровой трансформации. *International scientific review*, 67, 33–42.
17. Киртон Дж. (2020) Последствия глобализации для управления «Группы двадцати». *Вестник международных организаций: образование, наука, новая экономика*, 15 (2), 24–54. DOI: <https://doi.org/10.17323/1996-7845-2020-02-02>
18. Зайченко И.М., Козлов А.В., Шитова Е.С. (2020) Драйверы цифровой трансформации бизнеса: понятие, виды, ключевые стейкхолдеры. *Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки*, 13 (5), 38–49. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.13503>
19. Xia L., Baghaie S., Mohammad S. (2024) The digital economy: Challenges and opportunities in the new era of technology and electronic communications. *Ain Shams Engineering Journal*, 15 (2), art. no. 102411. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.asej.2023.102411>
20. Паньшин Б. (2019) Цифровая экономика: понятия и направления развития. *Наука и инновации*, 3 (193), 48–55.
21. Соколинская Н.Э., Зиновьева Е.А. (2021) Ключевые цифровые технологии «будущего» в России. *Финансовые рынки и банки*, 5, 42–49.

22. Машевская О.В. (2020) Цифровые технологии как основа цифровой трансформации современного общества. *Вестник Полесского государственного университета. Серия общественных и гуманитарных наук*, 1, 37–44.
23. Гелисханов И.З., Юдина Т.Н., Бабкин А.В. (2018) Цифровые платформы в экономике: сущность, модели, тенденции развития. *Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки*, 11 (6), 22–36. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.11602>
24. Кругликов С.В., Ивашкин М.В. (2021) Цифровые платформы как инструмент эволюции информационных коммуникаций. *Вестник Академии знаний*, 6 (47), 227–235. DOI: <https://doi.org/10.24412/2304-6139-2021-6-227-235>
25. Митяков С.Н., Митяков Е.С. (2024) Формирование промышленных экосистем как инструмент антикризисного управления. *Мир новой экономики*, 18 (3), 47–62. DOI: <https://doi.org/10.26794/2220-6469-2024-18-3-47-62>
26. Головина А.Н., Потанин В.В. (2021) Развитие теоретических основ формирования экосистем промышленных предприятий. *Общество: политика, экономика, право*, 12 (101), 52–56. DOI: <https://doi.org/10.24158/per.2021.12.8>
27. Титова Н.Ю., Зиглина В.Е. (2021) Различия и сходства понятий «промышленные кластеры» и «промышленные экосистемы». *Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика*, 3, 7–17. DOI: <https://doi.org/10.24143/2073-5537-2021-3-7-16>
28. Донцова О.И. (2023) Цифровая трансформация промышленных кластеров. *Экономика, предпринимательство и право*, 13 (1), 4929–4942. DOI: <https://doi.org/10.18334/erp.13.11.119669>
29. Герцик Ю.Г., Малашин И.П., Горлачева Е.Н. (2024) Особенности построения промышленной экосистемы цифрового формата. *Экономика высокотехнологичных производств*, 5 (1), 9–24. DOI: <https://doi.org/10.18334/evp.5.1.120923>
30. Вишнягова Е.А., Соловьева И.А. (2024) Идентификация структуры и особенностей промышленных экосистем. *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент*, 18 (1), 80–89. DOI: <https://doi.org/10.14529/em240107>
31. Борисюк Н.К., Смотрина О.С. (2023) Развитие потенциала промышленной экосистемы региона. *Креативная экономика*, 17 (9), 3217–3230. DOI: <https://doi.org/10.18334/ce.17.9.118930>
32. Карпинская Р.С., Лисеев И.К., Огурцов А.П. (1995) *Философия природы: коэволюционная стратегия*, М.: Интерпракс.
33. Клейнер Г.Б. (2019) Экономика экосистем: шаг в будущее. *Экономическое возрождение России*, 1 (59), 40–45.
34. Карпинская В.А. (2018) Экосистема как единица экономического анализа. *Системные проблемы отечественной мезоэкономики, микроэкономики, экономики предприятий*, 2, 125–141. DOI: <https://doi.org/10.33276/978-5-8211-0769-5-125-141>
35. Бабкин А.В., Ташенова Л.В. (2020) Этапы оценки цифрового потенциала инновационно-активного промышленного кластера Арктической зоны России. *Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки*, 13 (5), 65–81. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.13505>

REFERENCES

1. Fomina A.V., Mukhin K.Yu. INDUSTRIYA 4.0. OSNOVNYE PONYATIYA, PREIMUSHCHESTVA I PROBLEMY // *EV*. 2018. №3 (14), s. 33–38.
2. Tarasov I.V. Industriya 4.0: ponyatiye, kontseptsii, tendentsii razvitiya // *Strategii biznesa*. 2018. №6 (50), s. 57–63.
3. Shchetinina N.Yu. Industriya 4.0: Prakticheskiye aspekty realizatsii v rossiyskikh usloviyakh / N.Yu. Shchetinina // *Modeli, sistemy, seti v ekonomike, tekhnike, prirode i obshchestve*. – 2017. – №1 (21). – s. 75–84.
4. Tarasov I.V. Tekhnologii industrii 4.0: Vliyaniye na povysheniye proizvoditelnosti promyshlennykh kompaniy / I.V. Tarasov // *Strategicheskkiye resheniya i risk-menedzhment*. – 2018. – №2. – s. 62–69.

5. Babkin A.V., Gayev K.Yu., Mikhaylov P.A., Teplitskiy G.S. Metodika vybora i vnedreniya tekhnologiy iskusstvennogo intellekta dlya predpriyatiy i klasternykh ekosistem v usloviyakh Industrii 5.0 // *Vestnik Akademii znaniy* № 4 (63), 2024. S. 64–71.
6. Rijwani T., Kumari S., Srinivas R., Abhishek K., Iyer G., Vara H., Dubey Sh., Revathi V., Gupta M. (2024). Industry 5.0: a review of emerging trends and transformative technologies in the next industrial revolution. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*. 19. 667–679. 10.1007/s12008-024-01943-7
7. Rozanova N.M. INDUSTRIYA 5.0: ZOLOTY VEK ILI PRYZhOK V TEMNOTU? // *Vestnik Instituta ekonomiki Rossiyskoy akademii nauk*. 2023. №6, s. 61–76.
8. Roshid Md.M., Waaje A., Karim R. (2025). Industry 6.0 as an Emerging Field of Research: A Systematic and Bibliometric Analysis. *EMIDWORLD 2nd International Congress on Economics Public Finance Business & Social Science*, 784–802.
9. Babkin A.V., Liberman I.V., Klachek P.M., Shkarupeta Ye.V. (2025) Industriya 6.0: metodologiya, instrumentariy, praktika. *π -Economy*, 18 (1), 21–56. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18102>
10. Babkin A.V., Shkarupeta Ye.V. Industriya 6.0: sushchnost, tendentsii i strategicheskiye vozmozhnosti dlya Rossii // *Ekonomika promyshlennosti*. – 2024. – T. 17, № 4. – S. 353–377.
11. Klishin I.A. VLIYANIE TSIFROVYKH TEKhnOLOGII NA RAZVITIE PROMYShLENNOGO PREDPRIYATIYA: OPYT I PERSPEKTIVY // *Vestnik MFYuA*. 2023. №4, s. 117–124.
12. Nazarenko A.A. RASPROSTRANENIE TSIFROVYKH TEKhnOLOGII SREDI MALYKH I SREDNIKH FORM KhoZYaySTVUYuShchIKh SUBEKTOV V ROSSIYSKOY FEDERATsII // *Vo-prosy innovatsionnoy ekonomiki*. 2021. №4, s. 1439–1450.
13. Kryukova I.V. TSIFROVAYA EKONOMIKA KAK SISTEMNYY TREND // *E-Scio*. 2022. №10 (73).
14. Duplyakina O.K., Miroshnichenko M.A. Neobkhodimyye usloviya razvitiya tsifrovoy ekonomiki v Rossii // V sbornike: *Ekonomika znaniy v Rossii: ot generatsii znaniy i innovatsiy k kognitivnoy industrializatsii*. Materialy IX Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Otvetstvennyye redaktory V.V. Yermolenko, M.R. Zakaryan. 2017. S. 225–232.
15. Babkin A.V., Mikhaylov P.A. Metodika otsenki tsifrovoy zrelosti promyshlennoy ekosistemy na osnove yeye potentsiala i forsayta // *Strategicheskoye upravleniye tsifrovoy transformatsiyey intellektualnoy ekonomiki i promyshlennosti v novoy realnosti: monografiya* / A.A. Aletdinova, A.V. Babkin, V.V. Burlakov [i dr.] ; pod red. d-ra ekon. nauk, prof. A.V. Babkina. – SPb: POLITEKh-PRESS, 2024. S. 748–764. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=67925044&pf=1>
16. Kudbiyev Sh.D. Zarubezhnyy opyt stimulirovaniya rynka truda v usloviyakh tsifrovoy transformatsii // *International scientific review*. 2019. №LXVII, s. 33–42.
17. Kirton Dz.Dz. Posledstviya globalizatsii dlya upravleniya «Gruppy dvadtsati» // *Vestnik mezhdunarodnykh organizatsiy: obrazovaniye, nauka, novaya ekonomika*. 2020. №2, s. 24–54.
18. Zaychenko I.M., Kozlov A.V., Shitova Ye.S. Drayvery tsifrovoy transformatsii biznesa: Ponyatiye, vidy, klyuchevyye steykkholdery // *Nauchno-tekhnicheskiye vedomosti SPbGPU. Ekonomicheskkiye nauki*. 2020. T. 13, № 5. S. 38–49. DOI: 10.18721/JE.13503
19. Xia L., Baghaie S., Mohammad S. The digital economy: Challenges and opportunities in the new era of technology and electronic communications, *Ain Shams Engineering Journal*, Volume 15, Issue 2, 2024, 102411, ISSN 2090-4479, <https://doi.org/10.1016/j.asej.2023.102411>
20. Panshin B. Tsifrovaya ekonomika: ponyatiya i napravleniya razvitiya // *Nauka i innovatsii*. 2019. №3 (193), s. 48–55.
21. Sokolinskaya N.E., Zinovyeva Ye.A. KLYuChEVYE TSIFROVYE TEKhnOLOGII «BUDUShchEGO» V ROSSII // *Finansovyye rynki i banki*. 2021. №5, s. 42–49.
22. Mashevskaya O.V. Tsifrovyye tekhnologii kak osnova tsifrovoy transformatsii sovremennogo obshchestva // *Vestnik Polesskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya obshchestvennykh i gumanitarnykh nauk*. 2020. №1, s. 38–44.
23. Geliskhanov I.Z. Tsifrovyye platformy v ekonomike: sushchnost, modeli, tendentsii razvitiya // I.Z. Geliskhanov, T.N. Yudina, A.V. Babkin // *Nauchno-tekhnicheskiye vedomosti SPbGPU. Ekonomicheskkiye nauki*. – 2018. - №6 – s. 22–36.
24. Kruglikov C.V., Ivashkin M.V. TSIFROVYE PLATFORMY KAK INSTRUMENT EVOLYUTsII INFORMATsIONNYKH KOMMUNIKATsIY // *Vestnik Akademii znaniy*. 2021. №6 (47), s. 227–235.
25. Mityakov S.N., Mityakov Ye.S. Formirovaniye promyshlennykh ekosistem kak instrument antikrizisnogo upravleniya // *Mir novoy ekonomiki*. 2024. №3. S. 47–62.

26. Golovina A.N., Potanin V.V. RAZVITIE TEORETICHESKIKH OSNOV FORMIROVANIYA EKOSISTEM PROMYSHLENNYKH PREDPRIYATIY // *Obshchestvo: politika, ekonomika, pravo*. 2021. №12 (101). S. 52–56.
27. Titova Natalya Yuryevna, Ziglina Vasilisa Yevgenyevna RAZLICHIYA I SKHODSTVA PONYATIY "PROMYSHLENNYE KLASTERY" I "PROMYSHLENNYE EKOSISTEMY" // *Vestnik AGTU. Seriya: Ekonomika*. 2021. №3, s. 7–17.
28. Dontsova O.I. Tsifrovaya transformatsiya promyshlennykh klasterov / O.I. Dontsova // *Ekonomika, predprinimatelstvo i pravo*. – 2023. – T. 13, № 11. – S. 4929–4942.
29. Gertsik Yu.G. Osobennosti postroyeniya promyshlennoy ekosistemy tsifrovogo formata / Yu.G. Gertsik, I. P. Malashin, Ye. N. Gorlacheva // *Ekonomika vysokotekhnologichnykh proizvodstv*. – 2024. – T. 5, № 1. – S. 9–24.
30. Vishnyagova Ye.A., Solovyeva I.A. IDENTIFIKATSIYA STRUKTURY I OSOBENNOSTEY PROMYSHLENNYKH EKOSISTEM // *Vestnik YuUrGU. Seriya: Ekonomika i menedzhment*. 2024. №1. S. 80–89.
31. Borisyuk N.K. Razvitiye potentsiala promyshlennoy ekosistemy regiona / N.K. Borisyuk, O.S. Smotrina // *Kreativnaya ekonomika*. – 2023. – T. 17, № 9. – S. 3217–3230.
32. Karpinskaya R.S., Liseyev I.K., Ogurtsov A.P. (1995) *Filosofiya prirody: koevolyutsionnaya strategiya*. Moskva: Interpraks, s. 352.
33. Kleynner G.B. (2019) *Ekonomika ekosistem: shag v budushcheye. Ekonomicheskoye vozrozhdeniye Rossii*, №. 1 (59), S. 40–45.
34. Karpinskaya V.A. (2018) *Ekosistema kak yedinita ekonomicheskogo analiza. Sistemnyye problemy otechestvennoy mezoekonomiki, mikroekonomiki, ekonomiki predpriyatiy: materialy Vtoroy konferentsii Otdeleniya modelirovaniya proizvodstvennykh obyektov i kompleksov TsEMI RAN (Moskva, 12 yanvarya 2018 g.)*, №. 2, S. 125.
35. Babkin A.V., Tashenova L.V. (2020) *Etapy otsenki tsifrovogo potentsiala innovatsionno-aktivnogo promyshlennogo klastera arkticheskoy zony Rossii. Nauchno-tekhnicheskiye vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta. Ekonomicheskiye nauki*, 13 (5), 65–81. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.13505>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT AUTHORS

БАБКИН Александр Васильевич

E-mail: al-vas@mail.ru

Aleksandr V. BAVKIN

E-mail: al-vas@mail.ru

МИХАЙЛОВ Павел Александрович

E-mail: pavel-mixailov1999@yandex.ru

Pavel A. MIKHAILOV

E-mail: pavel-mixailov1999@yandex.ru

ШКАРУПЕТА Елена Витальевна

E-mail: 9056591561@mail.ru

Elena V. SHKARUPETA

E-mail: 9056591561@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3644-4239>

ЧЭНЬ Лэйфэй

E-mail: chenleifei@yandex.ru

CHEN Leifei

E-mail: chenleifei@yandex.ru

Поступила: 10.07.2025; Одобрена: 05.08.2025; Принята: 05.08.2025.

Submitted: 10.07.2025; Approved: 05.08.2025; Accepted: 05.08.2025.

Научная статья

УДК 338.24

DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18403>

EDN: <https://elibrary/ODLBIK>



ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ И СТРАТЕГИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ: ПЕРЕОСМЫСЛЕНИЕ ПОНЯТИЙ, ПОДХОДОВ И ОРГАНИЗАЦИОННЫХ ФОРМ

В.Ю. Барановский ✉

Независимый исследователь

✉ vladislavbaranovskiy007@gmail.com

Аннотация. В статье проведен комплексный анализ эволюции стратегических парадигм, охватывающий традиционные подходы и современные методы стратегического управления. Автор систематизирует ключевые изменения в логике и практике формирования стратегии, выделяя три центральных направления трансформации: переход от статичных стратегий к процессному управлению, усиление роли корпоративных ценностей как ядра стратегического мышления, а также необходимость интеграции бизнес- и ИТ-стратегий на архитектурном уровне организации. Особое внимание уделено архитектурному подходу, который рассматривает организацию как систему взаимосвязанных компонентов – целей, структур, процессов и цифровых технологий – требующих согласованного развития и управления. В работе также анализируются примеры ведущих российских и международных компаний, таких как Skyeng, СБЕР, Spotify и Amazon, демонстрирующих успешную адаптацию к новым вызовам цифровой эпохи. Полученные результаты формируют методологическую базу для разработки новых концептуальных и практических моделей стратегического управления, отвечающих современным требованиям цифровой экономики и позволяющих организациям эффективно адаптироваться и развиваться в условиях высокой турбулентности и технологической неопределенности.

Ключевые слова: стратегическое управление, цифровая трансформация, процессный подход, организационная архитектура, ценностное лидерство, гибкая стратегия

Для цитирования: Барановский В.Ю. (2025) Цифровая трансформация и стратегическое управление: переосмысление понятий, подходов и организационных форм. П-Economy, 18 (4), 54–67. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18403>

Research article

DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18403>

DIGITAL TRANSFORMATION AND STRATEGIC MANAGEMENT: RETHINKING CONCEPTS, APPROACHES AND ORGANIZATIONAL FORMS

B.V. Baranovskiy

Independent researcher

vladislavbaranovskiy007@gmail.com

Abstract. The article provides a comprehensive analysis of the evolution of strategic paradigms, covering traditional approaches and modern methods of strategic management. The author systematizes key changes in the logic and practice of strategy formation, highlighting three central areas of transformation: the transition from static strategies to process management, the strengthening of the role of corporate values as the core of strategic thinking, as well as the need to integrate business and IT strategies at the architectural level of the organization. Particular attention is paid to the architectural approach, which considers an organization as a system of interrelated components – goals, structures, processes, and digital technologies – requiring coordinated development and management. The paper also analyzes examples of leading Russian and international companies such as Skyeng, SBER, Spotify and Amazon, demonstrating successful adaptation to the new challenges of the digital age. The results obtained form the methodological basis for the development of new conceptual and practical models of strategic management that meet the modern requirements of the digital economy and allow organizations to effectively adapt and develop in conditions of high turbulence and technological uncertainty.

Keywords: strategic management, digital transformation, process approach, organizational architecture, value leadership, flexible strategy

Citation: Baranovskiy B.V. (2025) Digital transformation and strategic management: Rethinking concepts, approaches and organizational forms. *П-Economy*, 18 (4), 54–67. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18403>

Введение

Цифровая трансформация в современном обществе выступает не только как внедрение новых технологий, но и как комплексное институциональное явление, радикально изменяющее логику управления организациями. Она затрагивает ключевые аспекты стратегического менеджмента, включая постановку целей, процесс планирования, организационные формы и способы принятия решений. В условиях цифровой экономики традиционные модели стратегического управления, основанные на предпосылках стабильности внешней среды, линейной причинно-следственной логике и долгосрочном планировании, теряют универсальность и эффективность.

Актуальность исследования обусловлена нарастающей динамикой внешней среды и высокой степенью неопределенности, описываемой через концепции VUCA (*Volatility, Uncertainty, Complexity, Ambiguity* – *волатильность, неопределенность, сложность и неоднозначность*) и BANI (*Brittle, Anxious, Nonlinear, Incomprehensible* – *хрупкость, тревожность, нелинейность и непредсказуемость*) [1–3]. Эти модели описывают не только изменчивость среды, но и уязвимость самих организаций, которые вынуждены переходить от предсказательного планирования к постоянной адаптации. Цифровая среда также ведет к платформизации рынков, то есть границы между отраслями размываются, появляются новые гибридные бизнес-модели. Банки становятся маркетплейсами, телеком-операторы переходят в статус финтех-компаний, образовательные стартапы выстраивают экосистемы вокруг данных. Таким образом, стратегическое управление перестает быть функцией статического целеполагания и все более превращается в процесс непрерывной адаптации, основанной на организационном обучении, рефлексии и экспериментировании.

Практика ведущих игроков демонстрирует, что стратегическое преимущество в цифровую эпоху формируется на основе гибкости и способности к быстрой самоорганизации:

- ОАНО ДПО «Скайенг», РФ (далее – Skyeng) выстраивает стратегию на основе обратной связи от пользователей и адаптивных продуктовых спринтов;
- ПАО «Сбербанк», РФ (далее – СБЕР) демонстрирует переход от традиционного банкинга к экосистемной платформе с модульной стратегией развития;
- Spotify Technology S.A., Швеция (далее – Spotify) организует стратегию как децентрализованное взаимодействие автономных команд (*tribes/squads*);
- Amazon.com, США (далее – Amazon) строит стратегию через архитектурный подход, где сотни продуктовых инициатив координируются в рамках общей платформенной логики.

Их примеры демонстрируют, что гибкость стратегической архитектуры компании, ее способность к быстрой адаптации к меняющемуся контексту, вовлеченность сотрудников в стратегическое мышление, а также использование данных как динамического ресурса становятся ключевыми условиями устойчивого развития в цифровой эпохе. В этой связи возникает научная необходимость в критическом переосмыслении понятий, принципов и моделей стратегического управления. Именно в условиях цифровой трансформации выявляется ограниченность классических теорий и потребность в разработке новых подходов, адекватных логике цифровой экономики. Для России эта задача приобретает особую значимость в связи с необходимостью обеспечения технологического суверенитета и ускоренного внедрения цифровых платформ в бизнес-практику.

Объектом исследования является стратегическое управление организациями в условиях цифровой трансформации. **Предметом исследования** является эволюция концепций, моделей и организационных форм стратегического управления в цифровой экономике.

Научная проблема заключается в отсутствии целостной концептуальной модели стратегического управления, адекватно отражающей вызовы цифровой эпохи. Несмотря на наличие множества частных подходов (ресурсного, процессного, рыночного, инновационного), пока не разработана интегрированная модель, способная соединить классические управленческие традиции с цифровыми механизмами адаптации и самоорганизации.

Обзор научной литературы демонстрирует, что классические школы стратегического управления, заложившие основы дисциплины в XX веке, представлены трудами М. Портера, И. Ансоффа, Г. Минцберга [4–6]. Их работы ориентированы на конкурентное позиционирование, анализ отраслей, построение стратегических сценариев и централизованное управление ресурсами. В традиционной парадигме стратегия понималась как формализованный документ, фиксирующий долгосрочные цели, планы и показатели эффективности. Однако с конца 2000-х гг. в научной литературе усиливается внимание к новым управленческим реалиям. Зарубежные исследователи [7–9] акцентируют внимание на ценностно-ориентированном лидерстве, экосистемной координации, динамических способностях и инновационных бизнес-моделях. Введены такие концепты, как стратегия как процесс [10], динамическое соответствие [11–12], цифровая архитектура предприятия [13], стратегическое согласование ИТ и бизнеса [14–15].

Российские авторы [13–16] больше акцентируют внимание на институциональных и культурных аспектах стратегического управления, подчеркивая необходимость учета национальной специфики цифровизации. Их работы развивают идеи организационной самоорганизации, цифровой зрелости, а также трансформации управленческих практик в условиях VUCA- и BANI-среды.

Современные исследования фиксируют, что стратегия перестает быть статичной конструкцией. Она все чаще воспринимается как непрерывный и распределенный процесс, встроенный в культуру, цифровую инфраструктуру и архитектуру организации [17–19]. Концепции agile strategy и lean strategy [20–22] описывают переход от линейного планирования к итеративным процессам,



основанным на экспериментировании и быстром принятии решений. Отдельное направление связано с цифровыми технологиями как катализаторами стратегического мышления. Исследования по платформенной экономике [23–24], искусственному интеллекту в управлении нематериальными активами [25–27] демонстрирует рост значимости данных, алгоритмов и сетевых экосистем для выработки стратегических решений. Итак, в научной литературе выделяются два крупных подхода:

- зарубежные авторы акцентируют внимание на гибридных моделях, основанных на данных, экосистемах и цифровой архитектуре;
- российские исследователи сосредотачиваются на организационных формах, лидерстве и культурных трансформациях.

Однако по-прежнему остается нерешенной научная проблема, а именно: большинство работ трактует либо цифровую трансформацию как преимущественно технологический процесс, либо стратегическое управление как классическую управленческую функцию. Целостного синтеза этих подходов в единую концепцию цифрового стратегического управления пока не предложено.

Таким образом, *целью исследования* является анализ трансформации стратегического управления в условиях цифровизации и обоснование классификации современных управленческих моделей, отражающих динамику цифровой экономики.

Для достижения цели поставлены следующие *задачи* исследования:

1. Рассмотреть эволюцию стратегического управления от классических концепций к современным цифровым моделям.
2. Выявить ключевые противоречия между традиционными и современными парадигмами стратегического управления.
3. Определить особенности новых организационных форм и управленческих практик, основанных на цифровых технологиях.
4. Сформировать целостную концептуальную конструкцию стратегического управления для цифровой экономики.

Методы и материалы

В исследовании применены следующие методы:

- системный анализ для изучения взаимодействия стратегических элементов организации и внешней среды;
- сравнительный анализ для сопоставления традиционных и современных подходов;
- контент-анализ публикаций в международных и российских научных базах, таких как Scopus, Web of Science, РИНЦ.

Исходными материалами выступили более 30 публикаций (2015–2025 гг.), включая труды зарубежных и российских исследователей по цифровой трансформации и стратегическому управлению. Этапы исследования проходили через достижение ключевых реперных точек: отбор релевантной литературы; классификация подходов к стратегическому управлению; обобщение практик организаций, прошедших цифровую трансформацию; формирование концептуальной конструкции.

Результаты и обсуждение

Эволюция стратегического управления: от классических концепций к цифровым моделям

Исторически стратегическое управление формировалось в рамках классических школ менеджмента от планово-аналитического, школы позиционирования М.Портера до ресурсно-ориентированного подхода и др. Эти модели исходили из предположения о стабильности внешней среды, предсказуемости конкуренции и возможности централизованного контроля через долгосрочные планы. Ключевые инструменты, такие как PEST- и SWOT-анализ, матрица

BCG, модель пяти сил Портера, сохраняют методологическую ценность, однако их применимость ограничивается ситуациями низкой изменчивости и высокой предсказуемости. Цифровизация экономики принципиально изменила логику функционирования бизнеса. Организации действуют в условиях VUCA- и BANI-среды, где неопределенность, нелинейность и ускорение темпов изменений делают долгосрочные прогнозы ненадежными. Вместо материальных активов ключевым источником конкурентных преимуществ становятся данные, цифровые платформы, клиентский опыт и скорость адаптации [18–19]. Сравнение классических и современных подходов представлено в табл. 1.

Таблица 1. Основные противоречия между классической и цифровой логикой стратегического управления

Table 1. The main contradictions between classical and digital logic of strategic management

Классическая логика	Цифровая логика
Отрасли четко разделены	Бизнес работает в мульти-секторальной логике (например, Amazon и СБЕР совмещает электронную коммерцию, финансовые сервисы и облачные технологии)
Прогнозы строятся на устойчивости среды	Прогноз теряет значимость в условиях VUCA и BANI, важнее акцент на сценарное моделирование и чувствительность к изменениям среды
Ценность создается внутри фирмы	Ценность формируется через экосистемы и коллаборации (платформенная модель)
Материальные активы доминируют	Данные, клиентский опыт и скорость адаптации к изменениям становятся основным источником конкурентных преимуществ
Планирование фиксировано на 3–5 лет	Стратегия разворачивается итеративно в режиме реального времени

Таким образом, цифровая трансформация требует отказа от линейных моделей, в которых предполагается прямая причинно-следственная связь между целями и результатами при стабильности внешней среды. Новая логика стратегирования основывается на гибкости, реагировании на слабые сигналы и способности адаптироваться, не теряя целостности.

Ключевые противоречия и сдвиг в сторону гибких стратегий

Выявленные противоречия между классической и цифровой логикой управления позволяют зафиксировать фундаментальный сдвиг в представлении о стратегии. Если в индустриальную эпоху стратегия мыслилась как фиксированный план, ведущий организацию от точки А к точке Б, то в цифровой экономике подобный подход утрачивает универсальность. Речь идет не об отказе от стратегии как таковой, а о переосмыслении ее содержания: вместо статичного плана она становится непрерывным процессом координации, адаптации и поиска новых возможностей. Причины этого сдвига можно систематизировать следующим образом:

- **Рост динамики внешней среды.** Турбулентность и усложнение рынков делают невозможным жесткое долгосрочное планирование;
- **Смена источников устойчивости.** Если раньше устойчивость обеспечивалась стабильностью, то сегодня – гибкостью, скоростью реакции и способностью менять стратегический фокус;
- **Изменение роли лидера.** Директивное управление уступает место фасилитации, смысловому лидерству и координации автономных команд.

В ответ на эти вызовы возникает новая управленческая логика, в рамках которой стратегия рассматривается не как линейный путь или документ, а как архитектура возможностей, гибкая платформа для действий и принятия решений.

На основе анализа практик можно выделить [28] три ключевых направления изменений, определяющих современное стратегическое мышление:



1. Процессная парадигма: стратегия как итеративный поток.

В этой логике стратегия не формируется единой, а развивается через непрерывные циклы микрорешений, гипотез и корректировок. Она становится частью операционного ритма организации и воплощается через управленческие инструменты гибкой реализации по работе с проектами – такие как Scrum, Lean Startup, OKR. Подобные подходы позволяют управлять не только результатами, но и самой способностью адаптироваться. Например, Spotify использует концепцию *alignment&autonomy* [28], где каждая команда выстраивает стратегический контекст через гипотезы, управление данными и получение обратной связи от пользователей без утраты общей координации.

2. Ценностно-ориентированное управление: от KPI к формированию эволюционной цели.

В современных условиях важным становится внутренний смысл стратегии, разделяемый всеми участниками. Речь идет не о замене KPI как таковых, а об их встраивании в контекст миссии, эволюционной цели и культуры команды. Это позволяет повысить уровень мотивации и устойчивости, особенно в средах с высокой неопределенностью. Например, в Skyeng стратегические цели формулируются исходя из миссии «доступ к знанию», а KPI адаптируются по мере развития продуктовых направлений на уровне команд [29].

3. Архитектурное мышление: стратегия как согласование слоев организации.

Все большую роль играет архитектура стратегии как система выравнивания целей, ресурсов, ИТ-платформ, организационных структур и логики управления. Такой подход позволяет строить стратегию как экосистему, обеспечивая горизонтальные связи между подразделениями, а также согласование бизнес- и ИТ-ориентиров. Например, Amazon использует модульную архитектуру, где стратегия задается как набор взаимосвязанных сервисных блоков, между которыми встроены метрики, API и стратегические зависимости.

Приведенные подходы особенно актуальны в тех организациях, которые работают в условиях высокой изменчивости; имеют короткие продуктовые циклы разработки (2–6 недель); опираются на цифровые каналы и платформенные взаимодействия; стремятся повысить вовлеченность и автономию команд. Однако и более традиционные компании, находящиеся в процессе цифровой трансформации, постепенно интегрируют элементы этих подходов в свою стратегическую практику – начиная с гибких форм целеполагания и заканчивая архитектурным управлением экосистемой бизнес-единиц. На основе теоретического обобщения и анализа практик стратегического управления в цифровой экономике автором выделены три доминирующие парадигмы, отражающие сдвиг от классических управленческих моделей к более гибким, ориентированным на контекст и ценности формам стратегии. Данные парадигмы не противопоставляются экономическим школам или отраслевым особенностям, а напротив дополняют и уточняют логику стратегирования в условиях цифровой трансформации, усиливая акценты на процессности, смыслах и архитектурной целостности управления. В табл. 2 обобщены характеристики каждой из парадигм с точки зрения ключевых идей, применяемых инструментов и типовых контекстов применения.

Таким образом, современные стратегии не сводятся к жестким планам, а реализуются через комбинацию трех логик: процессной (управление как поток изменений), ценностной (смысл как опора) и архитектурной (структура как связующее звено). Понимание этих парадигм позволяет не только точнее настраивать стратегические модели, но и разрабатывать гибкие и устойчивые системы управления, адекватные вызовам цифровой среды.

Новые организационные формы и управленческие практики

Переход к гибким стратегическим моделям неизбежно влечет за собой трансформацию организационных форм и управленческих практик. Если ранее стратегия существовала как внешняя «надстройка» по отношению к операционному контуру компании, то в цифровую эпоху она становится встроенным элементом управленческой ткани, определяющим структуру команд,

Таблица 2. Ключевые парадигмы стратегического управления в цифровую эпоху
Table 2. Key paradigms of strategic management in the digital era

Парадигма	Ключевая идея	Типовые инструменты и практики	Примеры применимости
Процессная	Стратегия как непрерывная настройка и ее итеративное развитие на основе обратной связи пользователей	Lean Strategy, Hypothesis Canvas, Scrum-спринты, Product Discovery, Strategic Retrospectives	Стартапы, продуктовые команды, быстрорастущие компании типа Skyeng, Miro, Spotify
Ценностно-ориентированная	Стратегия выстраивается из смысла, эволюционной цели и глубокой вовлеченности сотрудников	OKR (в привязке к миссии), смысловое лидерство, фасилитация целей, бирюзовые принципы, круги доверия	Культурно зрелые организации, agile-команды, холакратические структуры
Архитектурная	Стратегия как механизм выравнивания и согласования слоев организации – целей, ИТ, структур, процессов	SAM (Strategic Alignment Model), цифровая архитектура, OIVM (Open Integrated Values Model), Lean Portfolio Management, Enterprise design thinking	Экосистемные игроки, платформы, цифровые холдинги (СБЕР, Amazon, Т-Банк)

процессы принятия решений и культуру взаимодействия. Эти изменения проявляются в четырех ключевых направлениях [30–31]:

1) **Децентрализация принятия решений.** Стратегическое управление смещается от иерархически централизованных решений к распределенным, самонастраивающимся структурам с разным уровнем ответственности, особенно на уровне продуктовых и кросс-функциональных команд. Стоит отметить, что самонастраивающаяся структура – это не отсутствие управления, а модель, в которой команды обладают высокой автономией в принятии решений, но действуют в рамках общих ориентиров, стратегических принципов и культурных ценностей организации. Это не означает отмену стратегической координации на высшем уровне управления, но предполагает ее перестройку в сторону фасилитации и поддержки автономии команд в реализации общей цели.

2) **Функциональная адаптивность.** Возникают agile-единицы (*tribes, squads, cells*), способные самостоятельно принимать решения в рамках своих зон ответственности, управлять портфелем задач и адаптировать стратегические ориентиры на основе обратной связи пользователей. Это позволяет организациям ускорить инновационный цикл и сократить время реакции на изменения рынка.

3) **Цифровая связность.** Технологические платформы становятся связующим элементом стратегии и операционной деятельности, где применяются сквозные дашборды, цифровые двойники, общие платформы управления и визуализации данных. Это повышает прозрачность и согласованность действий между уровнями организации.

4) **Культурная трансформация.** Организационная культура претерпевает переход от модели «исполнения директив» к модели «соавторства и доверия». Сотрудники становятся не просто исполнителями, а участниками процесса стратегирования, влияющими на цели, смыслы и контуры решений. Культурные изменения включают переопределение ролей, доверие к инициативе



«снизу вверх», горизонтальные механизмы обратной связи и принятие смыслов как основ стратегических действий.

В табл. 3 отражена эволюция организационных форм под влиянием цифровых стратегий.

Таблица 3. Эволюция организационных форм управления под влиянием цифровых стратегий
Table 3. Evolution of organizational management forms under the influence of digital strategies

Традиционная модель	Модель стратегической трансформации
Централизованное принятие решений	Распределенное принятие решений на уровне команд при стратегической фасилитации сверху
Иерархически выстроенные функциональные отделы	Кросс-функциональные продуктовые команды с собственными стратегическими метриками и зонами ответственности
Жесткое бюджетное планирование на 1 год и более	Инкрементальное планирование с использованием методологии OKR, регулярных ретроспектив и стратегических спринтов
Формализованная отчетность по результатам	Визуализация стратегического прогресса через дашборды, публичные product reviews и карты экономической ценности
Мотивация через контроль и выполнение директив	Мотивация через вовлеченность, сопричастность к миссии, автономию и вклад в достижение эволюционной цели

В результате цифровая трансформация стратегии предполагает не поверхностную настройку процессов, а изменение самой логики построения организаций: структурной, технологической и культурной. В итоге стратегия становится не внешней директивой, а внутренне встроенной системой навигации, соединяющей цели, смыслы, данные, команды и действия в единую адаптивную управленческую систему.

В дополнение к теоретическому обоснованию, в статье проведен разбор кейсов ведущих российских и международных компаний. Это позволило не только зафиксировать общие тенденции, но и проверить их на примере реальных управленческих практик (по открытым данным компаний).

— **Skyeng** строит модель самоорганизующихся продуктовых команд, которые сами формируют и перезапускают циклы OKR, а каждые 6–8 недель проводят стратегические ретроспективы и корректируют дорожные карты продуктов на основе пользовательской аналитики, что обеспечивает гибкость и быструю адаптацию к изменениям рынка онлайн-образования. Значимым элементом является глубокая культурная привязка к образовательной миссии компании, которая формирует осознанную вовлеченность сотрудников и клиентов. Такой подход способствует устойчивому развитию и высокой инновационной активности.

— **СБЕР** внедряет экосистемный подход, где стратегию выстраивает через единую архитектуру сервисов (SAM-модель) и связку бизнес- и ИТ-инициатив. Внутри банка культуру agile поддерживают «аутпут-хаки» и хакатоны, где команды переводят новую стратегическую цель в конкретные прототипы решений.

— **Spotify и Amazon** используют модульную организацию: стратегия инкорпорирована в автономные племена (*tribes*) и продуктовые потоки (*stream-oriented architecture*) и реализуется через поток быстрых решений и непрерывных итераций, встроенных непосредственно в продуктовые команды и сервисные потоки. Полная прозрачность целей и метрик для команд позволяет оперативно реагировать на изменения, минимизировать риски и поддерживать инновационный темп.

Стратегия воспринимается не как статичный документ, а как живой процесс, интегрированный в повседневную работу.

Таким образом, новые организационные формы отражают принципиальное смещение управленческой логики: от контроля к соавторству, от иерархии к сетям, от фиксированных планов к динамическим архитектурам. Стратегия становится внутренним интегратором, связывающим цели, данные, команды и процессы в единую адаптивную систему.

Формирование целостной концептуальной конструкции стратегического управления в цифровой экономике

Проведенный анализ эволюции стратегического управления, выявленных противоречий и новых организационных форм позволят перейти к формированию целостной концептуальной конструкции, отражающей специфику стратегического управления в условиях цифровой трансформации. В отличие от традиционных моделей, где стратегия представляла собой фиксированный набор целей и планов, современная конструкция должна учитывать:

- непредсказуемость среды (VUCA/BANI-контексты);
- ускорение инновационных циклов;
- интеграцию цифровых технологий в управленческую ткань;
- изменение роли организационной культуры и лидерства.

Концептуальная модель стратегического управления в цифровой экономике базируется на следующих взаимосвязанных блоках:

1. **Когнитивный блок (ценности, миссия, видение).** Стратегия формируется как динамическая интерпретация миссии и ценностей, которые не только задают смысл, но и являются инструментом согласования интересов участников (сотрудников, клиентов, партнеров).

2. **Аналитико-прогностический блок.** Включает инструменты анализа данных в реальном времени (BI, Big Data, ML/AI), позволяющие фиксировать слабые сигналы, прогнозировать сценарии развития и формировать цифровые двойники стратегий.

3. **Организационно-структурный блок.** Определяет архитектуру команд и процессов. Здесь ключевую роль играют *agile*-модели, кросс-функциональные команды, экосистемная логика построения взаимодействий.

4. **Процессный блок.** Стратегия реализуется как непрерывный процесс «обучения на действии», включающий короткие циклы планирования (OKR, спринты, стратегические сессии), регулярные ретроспективы и встроенную рефлексию.

5. **Культурно-ценностный блок.** Обеспечивает включенность персонала в стратегический процесс через горизонтальные практики (бирюзовые принципы, самоорганизация, практики совместного лидерства).

6. **Технологический блок.** Цифровая инфраструктура (дашборды, платформы управления знаниями, гибридные форсайт-системы) становится «нервной системой» стратегии, связывая данные, процессы и людей в единую динамическую среду.

Взаимодействие этих блоков представлено в концептуальной модели на рис. 1.

Практическая значимость данной конструкции проявляется в том, что она позволяет:

- систематизировать трансформации стратегического управления;
- увязать ценностные и технологические основания;
- описать стратегию как процесс, встроенный в повседневное функционирование организации;
- задать методологические ориентиры для диагностики и развития стратегического управления в компаниях различной отраслевой принадлежности.

Таким образом, целостная концептуальная конструкция выступает итоговым обобщением трех ранее проанализированных сдвигов: эволюции стратегических парадигм, перехода к гибким моделям и трансформации организационных форм. Она задает основу для дальнейшего теоретического и эмпирического исследования стратегического управления в цифровой экономике.



Рис. 1. Концептуальная конструкция стратегического управления в цифровой экономике
 Fig. 1. Conceptual design of strategic management in the digital economy

Заключение

В рамках проведенного исследования получены следующие результаты, обладающие как теоретической, так и практической значимостью:

1. Проведен критический анализ эволюции стратегического управления от классических школ линейного планирования и конкурентного позиционирования к современным гибким и цифровым моделям, основанным на адаптивности, сценарном подходе и архитектурной согласованности.

2. Выявлены ключевые вызовы цифровой экономики, радикально меняющие стратегическую логику: высокая скорость изменений, технологическая турбулентность, рост роли платформ и экосистем, необходимость в самоорганизации и вовлечении сотрудников в стратегический процесс.

3. Систематизированы современные парадигмы стратегического управления, в которых показано, что наряду с традиционной логикой планирования и ресурсного подхода формируются альтернативные процессные и ценностные парадигмы, а также цифровые архитектурные модели, ориентированные на постоянную настройку стратегии, смысловое лидерство и согласование бизнес- и ИТ-уровней.

4. Сформирована концептуальная конструкция стратегического управления в условиях цифровой трансформации, которая интегрирует классические подходы (позиционирование, ресурсная теория, планово-аналитическая логика) с современными гибкими и цифровыми методами (agile, lean strategy, цифровая архитектура, платформенные модели). Концептуальная модель представлена в виде итеративного стратегического контура, объединяющего ценностный, процессный и архитектурный уровни.

Проведенное исследование показало, что в условиях цифровой экономики классические подходы к стратегическому управлению теряют универсальность и требуют глубокой трансформации. На смену директивным иерархическим моделям приходят гибкие и адаптивные формы стратегирования, основанные на ценностях, процессной логике и цифровой архитектуре. Результаты работы подтверждают, что новая парадигма стратегического управления должна рассматриваться как непрерывный итеративный процесс, интегрированный в культуру, цифровую инфраструктуру и организационную практику компании. Это открывает основу для

разработки прикладных инструментов и методологий, ориентированных на устойчивое развитие организаций в условиях технологической турбулентности.

Направления дальнейших исследований

Результаты исследования позволяют выделить несколько перспективных направлений развития научного поиска:

1. Эмпирическая апробация предложенной концептуальной модели на примере российских и зарубежных организаций различного масштаба и отраслевой принадлежности, что позволит проверить ее применимость и выявить ограничения.

2. Разработка практических методик внедрения гибридных стратегий, сочетающих плано-аналитическую, процессную и архитектурную логику, включая инструменты оценки стратегической зрелости организаций и проектирования дорожных карт трансформации.

3. Анализ влияния технологий ИИ и цифровых платформ на процессы формирования и реализации стратегических решений, включая вопросы автоматизации сценарного анализа, предиктивной аналитики и использования цифровых двойников стратегии.

4. Исследование культурных и лидерских аспектов цифровой трансформации, в частности роли фасилитационного лидерства, ценностно-ориентированных моделей и механизмов самоорганизации в формировании устойчивых стратегических систем.

5. Сравнительный анализ национальных и отраслевых практик стратегического управления в цифровой экономике, направленный на выявление уникальных особенностей российской специфики и возможности интеграции международного опыта.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Хасанов А.Э. (2023) VUCA и BANI-мир – новая реальность для российского предпринимательства. *Московский экономический журнал*, 8 (4), art. no. 37. DOI: https://doi.org/10.55186/2413046X_2023_8_4_152

2. Барановский В.Ю., Зайченко И.М. (2018) Формирование стратегической карты управления предприятием на основе концепции цифровой трансформации бизнеса. *Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки*, 11 (3), 185–193. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.11316>

3. Бабкин А.В., Буркальцева Д.Д., Костень Д.Г., Воробьев Ю.Н. (2017) Формирование цифровой экономики в России: сущность, особенности, техническая нормализация, проблемы развития. *Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки*, 10 (3), 9–25. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.10301>

4. Козюбро Т.И., Арутюнова А.А., Сафронова Я.М. (2021) Основные достоинства и недостатки модели стратегического планирования и управления Игоря Ансоффа. *Экономика и бизнес: теория и практика*, 4-1 (74), 190–193. DOI: <https://doi.org/10.24412/2411-0450-2021-4-1-190-193>

5. Гуржий Н.Н. (2012) Практические аспекты стратегической модели М. Портера. *Вопросы структуризации экономики*, 2, 120–122.

6. Тебекин А.В. (2023) Анализ возможностей использования «полевой» и «парниковой» модели стратегического развития Г. Минцберга в интересах повышения эффективности национальной экономики. *Теоретическая экономика*, 12, 40–54.

7. Сырбу Н.П. (2016) Цвет организации, или путь в никуда? *Организационная психология*, 6 (3), 114–118.

8. Глотова Е.А., Глотова В.В. (2021) Стратегическое управление: анализ концепций. *Известия ДВФУ. Экономика и управление*, 1, 126–136. DOI: <https://dx.doi.org/10.24866/2311-2271/2021-1/126-136>

9. Любицкая В.А. (2019) Динамические способности организации как условие рыночной устойчивости. *Russian Journal of Management*, 7 (1), 56–60. DOI: https://doi.org/10.29039/article_5d0a4295700c48.63451792

10. Миллер А.Б., Петров А.Н. (2010) Стратегический менеджмент как стратегический процесс. *Известия СПбГЭУ*, 2, 40–47.

11. Тис Д.Дж. (2009) Выявление динамических способностей: природа и микрооснования (устойчивых) результатов компании. *Российский журнал менеджмента*, 7 (4), 59–108.
12. Орехова С.В. (2012) К дискуссии о динамических способностях фирмы. *Современная конкуренция*, 1 (31), 12–20.
13. Зиндер Е.З. (2021) Риски цифровых трансформаций и помещение знаний о них в модель архитектуры предприятия. *SAEC-2021*, 1, 69–79. DOI: <https://doi.org/10.18720/SPBPU/2/id21-50>
14. Малыженков П.В., Иванова М.И. (2017) Архитектурный подход к выравниванию ИТ и бизнеса. *Бизнес-информатика*, 3 (41), 56–64. DOI: <https://doi.org/10.17323/1998-0663.2017.3.56.64>
15. Дмитриева М.А., Шедько Ю.Н. (2023) Цифровые тренды в стратегическом управлении и существующие ИТ-риски. *Управленческие науки*, 13(2), 6–15. DOI: <https://doi.org/10.26794/2304-022X-2023-13-2-6-15>
16. Марин К.Е. (2025) Организационные компетенции в современной экономике. *Прогрессивная экономика*, 1, 58–72. DOI: https://doi.org/10.54861/27131211_2025_1_58
17. Малинецкий Г.Г. (2021) Самоорганизация, нелинейность и теория научных революций. *Знание. Понимание. Умение*, 1, 67–82. DOI: <https://doi.org/10.17805/zpu.2021.1.5>
18. Кузнецова Н.В., Алексеева Е.А. (2016) Цепочка создания ценностей М. Портера в рамках оценки конкурентоспособности предприятий металлургической отрасли. *Молодой ученый*, 27 (131), 418–423.
19. Джабраилова Н.Д. (2023) Влияние цифровизации на развитие бизнеса. *Журнал прикладных исследований*, 1, 120–124. DOI: https://doi.org/10.47576/2712-7516_2023_1_120
20. Новиков В.А., Бобрышев Е.Б., Барменков Е.Ю., Борисова Е.В. (2021) Пандемия как катализатор цифровизации общества. *Компетентность*, 3, 34–39.
21. Антонова И.И., Мухаметханова Н.И. (2025) О процессе управления изменениями на предприятии при переходе к экономике замкнутого цикла. *Экономика и управление*, 31 (3), 291–301. DOI: <http://doi.org/10.35854/1998-1627-2025-3-291-301>
22. Васильев А.И., Брусакова И.А. (2024) Инновационное проектирование маркетинговых экосистем. *Управленческие науки*, 14 (1), 88–102. DOI: <https://doi.org/10.26794/2404-022X-2024-14-1-88-102>
23. Королева Д., Хавенсон Т., Томасова Д. (2023) Генезис и прогнозный потенциал экосистемного подхода в образовании. *Форсайт*, 17 (4), 93–109. DOI: <https://doi.org/10.17323/2500-2597.2023.4.93.109>
24. Гусаков В. (2019) Вызовы «Индустрии 4.0» и «Общества 2.0», или рассуждения по поводу новой цифровой реальности. *Наука и инновации*, 12 (202), 4–9.
25. Черненко В.А., Воронов А.А., Резник И.А. (2023) Архитектура деятельности компаний и банков в области ESG. *Экономический вектор*, 1 (32), 94–98. DOI: <https://doi.org/10.36807/2411-7269-2023-1-32-94-98>
26. Махмудова М.М. (2023) Развитие человеческого капитала в условиях цифровой экономики и технологического перевооружения. *Теоретическая экономика*, 6, 38–53.
27. Байбулатова Д.В. (2023) Государственно-частное партнерство как инструмент стимулирования инновационной деятельности бизнеса в сфере цифровых технологий. *Экономика науки*, 9 (3), 61–75. DOI: <https://doi.org/10.22394/2410-132X-2023-9-3-61-75>
28. Zubkova A.V., Rusanova L.D. (2019) International Business Management: Agility Journey for high-tech companies. *Бизнес Информ*, 12, 370–383. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2019-12-370-383>
29. Говорова А.В, Сулова И.П., Шелокова С.В. (2021) Анализ рынка онлайн образования в России в контексте теории экономического доминирования. *Мир новой экономики*, 15 (3), 77–84. DOI: <https://doi.org/10.26794/2220-6469-2021-15-3-77-84>
30. Стяжкина Е.И. (2025) Новая парадигма менеджмента в условиях цифровой экономики. *Управленческие науки*, 15 (1), 6–19. DOI: <https://doi.org/10.26794/2304-022X-2025-15-1-6-19>
31. Гетцингер Ф., Спремич М., Якович Б. (2025) Роль управленческих компетенций в цифровой трансформации организаций. *Форсайт*, 19 (2), 68–76. DOI: <https://doi.org/10.17323/fstg.2025.27129>

REFERENCES

1. Khasanov A.E. (2023) VUCA- and BANI-world – a new reality for Russian entrepreneurship. *Moscow Economic Journal*, 8 (4), art. no. 37. DOI: https://doi.org/10.55186/2413046X_2023_8_4_152
2. Baranovskiy B.Iu., Zaychenko I.M. (2018) Formation of the strategic map of business management on the basis of the concept of digital transformation of business. *St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics*, 11 (3), 185–193. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.11316>
3. Babkin A.V., Burkaltseva D.D., Vorobey D.G., Kosten Yu.N. (2017) Formation of digital economy in Russia: essence, features, technical normalization, development problems. *St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics*, 10 (3), 9–25. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.10301>
4. Kozyubro T.I., Arutyunova A.A., Safronova Ya.M. (2021) The main advantages and disadvantages of the Igor Ansoff model of strategic planning and management. *Journal of Economy and Business*, 4-1 (74), 190–193. DOI: <https://doi.org/10.24412/2411-0450-2021-4-1-190-193>
5. Gurzhiy N.N. (2012) Practical aspects of strategic model of M. Porter. *Voprosy strukturizacii ekonomiki [Issues of economic structuring]*, 2, 120–122.
6. Tebekin A.V. (2023) Analysis of the possibilities of using the «field» and «greenhouse» models of strategic development by G. Mintzberg in the interests of increasing the efficiency of the national economy. *Theoretical Economics*, 12, 40–54.
7. Syrbu N. (2016) Color of the organization or dead-end way? *Organizational Psychology*, 6 (3), 114–118.
8. Glotova E., Glotova V. (2021) Strategic management: Concept analysis. *The bulletin of the Far Eastern Federal University. Economics and Management*, 1, 126–136. DOI: <https://dx.doi.org/10.24866/2311-2271/2021-1/126-136>
9. Lyubickaya V.A. (2019) Dynamic abilities of the organization as the condition of market sustainability. *Russian Journal of Management*, 7 (1), 56–60. DOI: https://doi.org/10.29039/article_5d0a4295700c48.63451792
10. Miller A.B., Petrov A.N. (2010) Strategicheskij menedzhment kak strategicheskij process [Strategic management as a strategic process]. *Izvestiâ Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo èkonomičeskogo universiteta*, 2, 40–47.
11. Teece D.J. (2009) Explicating Dynamic Capabilities: Nature and Microfoundations of (Sustainable) Enterprise Performance. *Russian Management Journal*, 7 (4), 59–108.
12. Orekhova S. (2012) Discussion on the dynamic capabilities of firm. *Journal of Modern Competition*, 1 (31), 12–20.
13. Zinder E.Z. (2021) Risks of digital transformations and placing knowledge of them into enterprise architecture model. *SAEC-2021*, 1, 69–79. DOI: <https://doi.org/10.18720/SPBPU/2/id21-50>
14. Malyzhenkov P.V., Ivanova M.I. (2017) An architectural approach to IT–business alignment. *Business Informatics*, 3 (41), 56–64. DOI: <https://doi.org/10.17323/1998-0663.2017.3.56.64>
15. Dmitrieva M.A., Shedko Y.N. (2023) Digital trends in strategic management and existing IT-risks. *Management sciences*, 13 (2), 6–15. DOI: <https://doi.org/10.26794/2304-022X-2023-13-2-6-15>
16. Marin K.E. (2025) Organizational competencies in the modern economy. *Progressive Economy*, 1, 58–72. DOI: https://doi.org/10.54861/27131211_2025_1_58
17. Malinetskiy G.G. (2021) Self-organization, nonlinearity and the theory of scientific revolutions. *Knowledge. Understanding. Skill*, 1, 67–82. DOI: <https://doi.org/10.17805/zpu.2021.1.5>
18. Kuznecova N.V., Alekseeva E.A. (2016) Cepochka sozdaniya cennostej M. Portera v ramkah ocenki konkurentosposobnosti predpriyatij metallurgicheskoy otrasli [M. Porter's value chain in the context of assessing the competitiveness of enterprises in the metallurgical industry]. *Young Scientist*, 27 (131), 418–423.
19. Dzhabrailova N.D. (2023) Impact of digitalization on business development. *Journal of Applied Research*, 1, 120–124. DOI: https://doi.org/10.47576/2712-7516_2023_1_120
20. Novikov V.A., Bobryshev E.B., Barmenkov E.Yu., Borisova E.V. (2021) Pandemic as a catalyst for the digitalization of society. *Competency*, 3, 34–39.
21. Antonova I.I., Mukhametkhanova N.I. (2025) On the process of change management process at the enterprise in the transition to a closed-loop economy. *Economics and Management*, 31 (3), 291–301. DOI: <http://doi.org/10.35854/1998-1627-2025-3-291-301>
22. Vasiliev A.I., Brusakova I.A. (2024) Innovative design of marketing ecosystems. *Management Sciences*, 14 (1), 88–102. DOI: <https://doi.org/10.26794/2404-022X-2024-14-1-88-102>



23. Koroleva D., Khavenson T., Tomasova D. (2023) Genesis and predictive ability of ecosystem approach in education. *Foresight and STI Governance*, 17(4), 93–109. DOI: <https://doi.org/10.17323/2500-2597.2023.4.93.109>
24. Gusakov V. (2019) Vyzovy «Industrii 4.0» i «Obshchestva 2.0», ili rassuzhdeniya po povodu novoj cifrovoj real'nosti [Challenges of Industry 4.0 and Society 2.0, or reflections on the new digital reality]. *Nauka i innovacii [Science and Innovations]*, 12 (202), 4–9.
25. Chernenko V.A., Voronov A.A., Reznik I.A. (2023) Architecture of companies and banks in the field of ESG. *Economic Vector*, 1 (32), 94–98. DOI: <https://doi.org/10.36807/2411-7269-2023-1-32-94-98>
26. Makhmudova M.M. (2023) Human capital development in the digital economy. *Theoretical Economics*, 6, 38–53.
27. Baibulatova D.V. (2023) Public-private partnership as a tool to foster business innovation activities in the digital technologies field. *Economics of Science*, 9 (3), 61–75. DOI: <https://doi.org/10.22394/2410-132X-2023-9-3-61-75>
28. Zubkova A.B., Rusanova L.D. (2019) International Business Management: Agility Journey for high-tech companies. *Business Inform*, 12, 370–383. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2019-12-370-383>
29. Govorova A.V., Suslova I.P., Shchokolova S.V. (2021) Analysis of the online education market in Russia in the context of the theory of economic dominance. *The World of New Economy*, 15 (3), 77–84. DOI: <https://doi.org/10.26794/2220-6469-2021-15-3-77-84>
30. Styazhkina E.I. (2025) A new management paradigm in the digital economy. *Management Sciences*, 15 (1), 6–19. DOI: <https://doi.org/10.26794/2304-022X-2025-15-1-6-19>
31. Goetzinger P., Spremić M., Jaković B. (2025) The role of digital leadership capabilities in enterprise-wide digital transformation, *Foresight and STI Governance*, 19 (2), 68–76. DOI: <https://doi.org/10.17323/fstg.2025.27129>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT AUTHOR

БАРАНОВСКИЙ Владислав Юрьевич

E-mail: vladislavbaranovskiy007@gmail.com

Vladislav Yu. BARANOVSKIY

E-mail: vladislavbaranovskiy007@gmail.com

Поступила: 08.07.2025; Одобрена: 26.08.2025; Принята: 26.08.2025.

Submitted: 08.07.2025; Approved: 26.08.2025; Accepted: 26.08.2025.

Региональная и отраслевая экономика Regional and branch economy

Научная статья

УДК 332.1

DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18404>

EDN: <https://elibrary/OQASVX>



РАЗВИТИЕ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ ИННОВАЦИОННО-ПРОМЫШЛЕННОГО ЦЕНТРА НЕФТЕГАЗОВОГО РЕГИОНА В НАЦИОНАЛЬНО ОРИЕНТИРОВАННОЙ ЭКОНОМИКЕ

И.Л. Беилин  , Е.В. Кормушина

Казанский филиал Российского государственного университета правосудия
им. В.М. Лебедева, Казань, Российская Федерация

 i.beilin@rambler.ru

Аннотация. Экономико-теоретический дискурс о тенденциях и перспективах рентно-сырьевой модели регионального развития через призму венчурного инвестирования и технологического предпринимательства позволяет сформировать научно обоснованную экономическую оценку структуры инвестиционного климата нефтегазового региона. *Целью исследования* является выявление различных аспектов проблематики инвестирования в основной капитал нефтегазового региона для поиска путей, форм и методов развития инвестиционной привлекательности его научно-технологического, инновационно-промышленного и финансового центра и оценки возможностей перехода к новым технологическим укладам в условиях финансового эмбарго и трансформации глобального энергетического баланса. *Научная новизна* исследования заключается в том, что на основе анализа инвестиций в основной капитал нефтегазового региона разработана равновесная циклическая модель развития инвестиционной привлекательности его административного и экономического центра, обладающего большей частью всего научно-технологического, инновационно-промышленного и финансового достояния региона. В исследовании использованы *методы* регрессионного анализа структуры и динамики инвестирования в основной капитал организаций нефтегазовых регионов Приволжского федерального округа и построены полиномиальные линии тренда до 2030 г., выбор которых во всех случаях обусловлен наибольшей достоверностью аппроксимации, учитывая высокую волатильность нефтяных и газовых котировок на протяжении всего наблюдаемого периода. *Результатом исследования* стала разработка равновесной циклической модели развития инвестиционной привлекательности научно-технологического, инновационно-промышленного и финансового центра нефтегазового региона в национально ориентированной экономике. *Практическая значимость* результатов проведенного исследования определяется возможностями их применения в реальном секторе экономики нефтегазового региона, заключающимися в привлечении инвестиций в основные производственные фонды городской агломерации как полюса регионального экономического роста и обеспечившими сбалансированность технологических и воспроизводственных инновационных инвестиций для роста фондоотдачи регионального основного капитала. Такой механизм развития и поддержания благоприятного инвестиционного климата городской агломерации имеет широкие возможности применения в условиях совершенствования стратегий коммерциализации инноваций в направлении новых технологических укладов, образуя региональные и межрегиональные рынки инноваций как важного фактора национальной экономической безопасности под западными санкциями.

Ключевые слова: региональная экономика, региональные финансы, нефтегазовый регион, бюджетная политика, инвестиции в основной капитал, экономика промышленности, экономика инноваций, городская агломерация

Благодарности: Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда в рамках реализации проекта «Разработка методологических подходов к управлению инновационным производственным развитием нефтегазового региона (На примере Приволжского федерального округа)» (Соглашение №23-28-00189, <https://rscf.ru/project/23-28-00189/>).

Для цитирования: Беилин И.Л., Кормушина Е.В. (2025) Развитие инвестиционной привлекательности инновационно-промышленного центра нефтегазового региона в национально ориентированной экономике. *П-Economy*, 18 (4), 68–84. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18404>

Research article

DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18404>



DEVELOPMENT OF INVESTMENT ATTRACTIVENESS OF THE INNOVATIVE INDUSTRIAL CENTER OF THE OIL AND GAS REGION IN THE NATIONALLY ORIENTED ECONOMY

I.L. Beilin  , E.V. Kormushina

Kazan branch of the University of Justice named after V.M. Lebedev,
Kazan, Russian Federation

 i.beilin@rambler.ru

Abstract. The economic and theoretical discourse on the trends and prospects of the rent-raw materials model of regional development through the prism of venture investment and technological entrepreneurship allows us to formulate a scientifically grounded economic assessment of the structure of the investment climate of the oil and gas region. *The purpose of the study* is to identify various aspects of the problem of investing in the fixed capital of the oil and gas region in order to find ways, forms and methods of developing the investment attractiveness of its scientific, technological, innovative, industrial and financial center and assessing the possibilities of transition to new technological structures in the context of financial embargo and transformation of the global energy balance. *The scientific novelty* of the study lies in the fact that, based on the analysis of investments in the fixed capital of the oil and gas region, an equilibrium cyclical model for the development of the investment attractiveness of its administrative and economic center, which owns the majority of the entire scientific, technological, innovative, industrial and financial wealth of the region, has been developed. The study uses *methods* of regression analysis of the structure and dynamics of investment in fixed assets of organizations in the oil and gas regions of the Volga Federal District and constructs polynomial trend lines up to 2030, the choice of which in all cases is due to the highest reliability of approximation, taking into account the high volatility of oil and gas quotes throughout the observed period. The result of the study was the development of an equilibrium cyclical model for the development of investment attractiveness of the scientific, technological, innovative, industrial and financial center of the oil and gas region in the nationally oriented economy. *The practical significance* of the results of the study is determined by the possibilities of their application in the real sector of the economy of the oil and gas region, consisting in attracting investments in the main production assets of the urban agglomeration, as a pole of regional economic growth, and ensuring a balance of technological and reproductive innovative investments for the growth of capital productivity of the regional fixed capital. Such a mechanism for the development and maintenance of a favorable investment climate in the urban agglomeration has broad application potential in the context of improving strategies for the commercialization of innovations in the direction of new technological paradigms, forming regional and interregional innovation markets as an important factor in national economic security under Western sanctions.

Keywords: regional economy, regional finances, oil and gas region, budget policy, investments in fixed capital, industrial economy, innovation economy, urban agglomeration

Acknowledgements: The research was supported by the Russian Science Foundation grant No. 23-28-00189 “Development of methodological approaches to managing innovative production development of the oil and gas region (Based on the example of the Volga Federal District)”. Available online: <https://rscf.ru/project/23-28-00189/>.

Citation: Beilin I.L., Kormushina E.V. (2025) Development of investment attractiveness of the innovative industrial center of the oil and gas region in the nationally oriented economy. *П-Economy*, 18 (4), 68–84. DOI: <https://doi.org/10.18721/ПЕ.18404>

Введение

Актуальность исследования

Развитие инвестиционной привлекательности городской агломерации, являющейся сосредоточением научно-технологического, инновационно-промышленного и финансового потенциала нефтегазового региона (НГР), является важнейшим приоритетом национально ориентированной экономической политики и формирует основы резильентности экономики страны под воздействием внешних шоков. В условиях трансформации мирового энергетического баланса, высокой волатильности котировок нефтегазовых ресурсов и стремления к достижению более высоких уровней импортозамещения аккумулированные городом инвестиции в основной капитал приводят к наиболее широкому межотраслевому промышленному взаимодействию и созданию дополнительных механизмов повышения добавленной стоимости производимой продукции.

Объектом исследования являются экономические системы российских регионов с бюджетообразующим нефтегазохимическим комплексом и закономерности их производственного развития, обеспечивающие развитие инвестиционной привлекательности региональных административно-экономических центров как полюсов научно-технологического, инновационно-промышленного и финансового роста. *Предметом исследования* является система финансово-экономических отношений между органами федерального и регионального государственного управления и производственными организациями нефтегазового комплекса, которыми определяется инвестиционный климат межотраслевого взаимодействия сконцентрированных в городской агломерационной среде важнейших видов экономической деятельности.

Литературный обзор

Новые геометрические формы финансово-экономических пространственных взаимодействий в результате высокотехнологичного развития неиндустриальных методов добычи и переработки нефтегазовых ресурсов, включающих инновационное нефтехимическое машиностроение и его сервисное обслуживание, создают возможности повышения экономической устойчивости ресурсных регионов в условиях возрастания доли запасов трудноизвлекаемой нефти и современной геополитической реальности [1–3]. В национально ориентированной экономике проблемы системного анализа и прогнозирования макроэкономических параметров на основе единого комплекса финансовых механизмов достижения инвестиционных синергетических эффектов в накоплении инновационного основного капитала и совершенствования импортозаместительных производств от межрегиональной межотраслевой промышленной интеграции требует учета особенностей бюджетной политики крупнейших регионов и мегаполисов [4, 5]. Высокорентабельный нефтегазовый бизнес на основе научно-технологической и инновационно-промышленной материальной базы и финансового сектора городских центров НГР способствует формированию эффективных своевременных ответов денежно-кредитной системы страны на вызовы и угрозы мировой политической и экономической деглобализации [6, 7]. Достижение опережающих темпов роста обрабатывающей промышленности и отраслевые структурные сдвиги в динамичном развитии крупнейших российских городов требуют комплекса новых взаимосвязанных методов налогового стимулирования инновационно-инвестиционной активности на федеральном,



региональном и местном уровнях в направлениях компенсации санкционного ограничения нефтегазового экспорта и экономических трансформаций глобального энергетического баланса [8–10]. Развитие принципов глобальной климатической повестки и стратегические региональные решения в области возобновляемой энергетики, декарбонизации, экономики замкнутого цикла, рационального использования попутного нефтяного газа могут быть обеспечены в условиях формирования инклюзивной институциональной среды на основе активной региональной налоговой конкуренции с использованием производных финансовых инструментов в области энергоперехода 4.0 [11–13].

Антикризисное государственное управление и регулирование в условиях санкционного давления может быть в высокой степени обеспечено решением вопросов сглаживания региональных экономических диспропорций на основе цифровой трансформации экономики и согласования инновационно-промышленного потенциала индустриальных регионов с их пространственным межрегиональным взаимодействием через национально ориентированную конфигурацию финансовых институтов [14, 15]. Устойчивая динамика системных преобразований финансовых рынков и финансовых институтов является важной составляющей механизмов организации рационального территориального размещения региональной научно-технологической инфраструктуры, которая сосредоточена преимущественно в индустриальных мегаполисах и способна к превентивному купированию угроз экономической безопасности добывающего и обрабатывающего секторов НГР с использованием принципов агент-ориентированной трехуровневой иерархической модели [16–19].

Структурные экономические характеристики городских агломераций НГР и пространственные особенности их инвестиционной привлекательности во многом определяются эффективностью базовых стратегий региональных инновационных экосистем. Такая экономическая политика в высокой степени зависима от уровня резильентности региональной и муниципальной финансовой системы, а также от решения проблем их интеграции в национальную и международную финансовые системы в результате привлечения институциональных факторов государственного финансового мониторинга и контроля [20–24]. Пространственные особенности инвестиционной привлекательности НГР определяются соотношением внутреннего и внешнеторгового товарооборота продукции топливно-энергетического комплекса и продукции глубокой химической переработки нефтегазового сырья, что может регулироваться процессами финансирования инвестиционных программ на федеральном и региональном уровнях, позволяющими обеспечить экономический рост при кризисных явлениях на товарно-сырьевых рынках в периоды финансовых стрессов [25, 26].

Уровень, структура и соотношение налоговых доходов региональных бюджетов и бюджетов крупных научно-технологических, инновационно-промышленных и финансовых городских центров могут являться индикатором взаимной связи финансового и промышленного стресса при смене монетарного режима в национальной экономической системе, а одним из эффективных демпферных механизмов выхода из такого стресса в НГР представляется формирование концессионных соглашений, в рамках которых реализуются региональные инвестиционные проекты [27–29]. Российские государственные меры финансовой поддержки региональным инвестиционным проектам в субъектах с бюджетообразующим нефтегазохимическим комплексом в высокой степени востребованы при влиянии нефтяных шоков на отечественный фондовый рынок [30, 31]. Это объясняется тем, что наиболее заинтересованные в инвестициях в основной капитал малые и средние нефтегазовые производственные и сервисные компании, как правило, испытывают дополнительные экономические сложности в добыче и переработке при некачественной сырьевой базе, оставленной на доработку от крупных компаний, а также в транспортной обеспеченности и доступе к внешним рынкам [32].

Экономическая система российского НГР в результате воздействия на нее целого ряда санкционных экономических и технологических факторов требует реформирования нефтегазового налогообложения с учетом принципов национально ориентированной финансовой политики и современной структуры потребления энергетических ресурсов [33]. В результате перенаправления части налога на добычу полезных ископаемых из федерального в муниципальные бюджеты административных научно-технологических, инновационно-промышленных и финансовых центров НГР их инвестиционная привлекательность может существенно возрасти за счет укрупнения инфраструктуры и большего веса в мировых производственных и торговых отношениях [34, 35].

Цель исследования

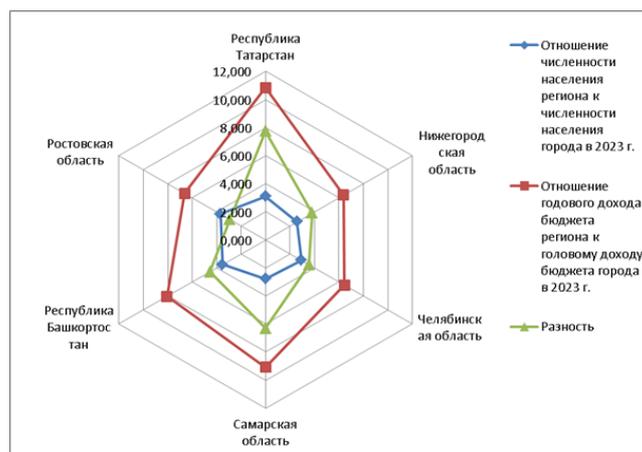
Целью исследования является анализ структуры и динамики инвестирования в основной капитал НГР для поиска путей, форм и методов развития инвестиционной привлекательности его научно-технологического, инновационно-промышленного и финансового центра и оценки возможностей перехода к новым технологическим укладам в условиях финансового эмбарго и трансформации глобального энергетического баланса. Для достижения цели исследования были поставлены и решены следующие задачи:

- структурный анализ отношения годового дохода бюджета региона к годовому доходу бюджета города и разности между этими показателями;
- структурный анализ инвестиций в основной капитал в НГР Приволжского федерального округа (ПФО) по видам основных фондов, по источнику финансирования «Привлеченные средства», по видам экономической деятельности;
- регрессионный анализ и прогноз динамики годовых инвестиций в основной капитал на душу населения и индекса физического объема инвестиций в основной капитал в НГР ПФО;
- разработка равновесной циклической модели развития инвестиционной привлекательности инновационно-промышленного центра НГР в национально ориентированной экономике.

Методы и материалы

Исследование проведено на примере трех НГР, к которым относятся Республика Татарстан, Республика Башкортостан и Самарская область, и трех не НГР, к которым относятся Нижегородская область, Челябинская область и Ростовская область, обладающих сопоставимой численностью регионального населения и населения их административных центров с высоким научно-технологическим, инновационно-промышленным и финансовым ресурсом. Вполне ожидаемо разность между отношением годового дохода регионального бюджета к годовому доходу городского бюджета и отношением численности населения региона к численности населения города оказалась значительно выше в НГР. Это объясняется тем, что непосредственно в городской черте добыча нефтегазовых ресурсов (а в ряде случаев — и их первичная физическая переработка) не ведется, и потому нет системных различий и в структуре доходов городских бюджетов, которые показывают практически одинаковую высокую зависимость от межбюджетных трансфертов с более высоких уровней (рис. 1, 2).

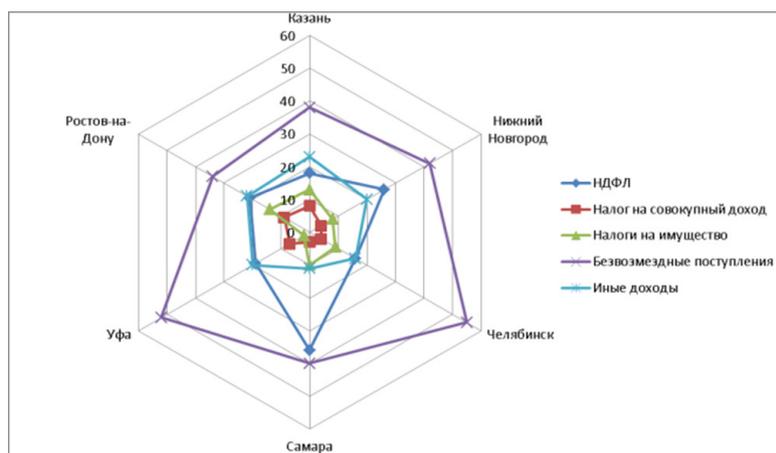
Вместе со сделанными наблюдениями следует учесть, что крупные городские научно-технологические, инновационно-промышленные и финансовые центры регионов, учитывая их львиную долю в региональном основном капитале, способны вносить существенный вклад в формирование национально ориентированной экономики и поддерживать экономическую устойчивость региона. Как показали исследования городской бюджетной политики через призму ответа глобальным вызовам, только в Москве, являющейся и крупнейшим мегаполисом, и отдельным субъектом, зависимость от межбюджетных трансфертов значительно ниже остальных бюджетных поступлений. Это позволяет авторам делать вывод о ее способности противостоять кризисным явлениям [6]. На наш взгляд, у административных городских центров НГР потенциально существуют такие



Источник: составлено авторами по данным Росстата и «Консультант Плюс: Региональное законодательство».

Рис. 1. Отношение численности населения региона к численности населения города, отношение годового дохода бюджета региона к годовому доходу бюджета города и разность между этими показателями в 2023 г.

Fig. 1. Ratio of the region's population to the city's population, ratio of the annual regional budget income to the annual city budget income, and the difference between these indicators in 2023



Источник: составлено авторами по данным «Консультант Плюс: Региональное законодательство».

Рис. 2. Структура доходов городских бюджетов в среднем за 2014–2023 гг., %

Fig. 2. Structure of city budget revenues on average for 2014–2023, %

же возможности, учитывая экономические преимущества высокорентабельной деятельности по добыче и переработке нефтегазового сырья, а ключом к раскрытию таких возможностей может быть анализ структуры и динамики инвестиций в региональный основной капитал.

На основе статических и динамических подходов эмпирического анализа условий и факторов территориально-отраслевого развития системы городских региональных центров было показано, что величина инвестиций в основной капитал вместе с объемом доходной части городского бюджета оказывают наибольшее влияние на увеличение объема отгруженной продукции региона по промышленным видам экономической деятельности [8]. Отмечается, что на экономический вектор развития регионального научно-технологического, инновационно-промышленного и финансового центра оказывают определяющее влияние природно-географические условия, основным из которых названа выгодная ресурсная база. Это показало необходимость использования

регрессионного анализа динамики инвестиций в основной капитал и их индекса физического объема в НГР, а также структурного и дисперсионного анализа этого показателя по видам основных фондов, формам собственности, источникам финансирования и видам экономической деятельности. Исследование проведено на примере ПФО, который занимает второе место в стране по объемам добываемой нефти и первое место по объемам ее переработки, а также по количеству регионов, в которых экономическая деятельность по добыче и переработке нефтегазового сырья является бюджетобразующей. К таким НГР данного федерального округа относятся: Республика Башкортостан (РБ), Республика Татарстан (РТ), Удмуртская Республика (УР), Пермский край (ПК), Оренбургская область (ОО) и Самарская область (СО).

Результаты и обсуждение

Динамика годовых инвестиций в основной капитал на душу населения оказалась в основном практически независимой от отраслевой специализации регионов, но на общем однородном фоне значительно выделяется большим значением этой величины РТ, при этом повторяя общую траекторию ее роста за наблюдаемый период. Это может объясняться как вдвое превосходящим ближайшими по численности населения регионы РБ и СО объемами добываемой нефти, так и существенным превышением научно-технологического, инновационно-промышленного и финансового потенциала Казани относительно также сопоставимых с ней по численности населения Уфы или Самары. Представленные графики могут свидетельствовать о том, что только в РТ экономические результаты производственной деятельности по добыче и переработке нефтегазового сырья, обусловленные также еще и региональной принадлежностью компании Татнефть, позволяют повысить инвестиции в основной капитал этого региона (рис. 3). В остальных НГР ПФО нефтегазовая промышленность фактически не оказывает влияния на инвестиции в региональный основной капитал в результате недостаточно для этого высоких объемов добычи и переработки нефтегазового сырья или в связи с возможной невысокой инвестиционной заинтересованностью работающих на территориях данных регионов крупных нефтегазовых компаний федерального масштаба Роснефть и Лукойл.

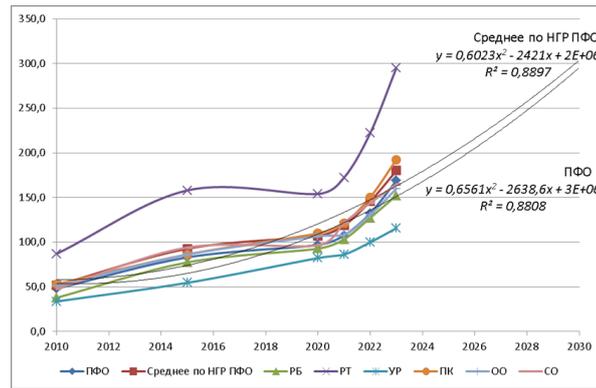
Преобразование уравнений парной регрессии из полиномиального вида в логарифмическую форму приводит к следующей системе уравнений для модели динамики и прогноза годовых инвестиций в региональный основной капитал на душу населения:

$$Y_{\text{НГР ПФО}} = 16290\ln(x) - 123852; \quad Y_{\text{Среднее по ПФО}} = 15076\ln(x) - 114624.$$

Индекс физического объема инвестиций в основной капитал в нефтегазовых регионах существенно не отличается от среднего значения этой величины по всем регионам наблюдаемого федерального округа, однако при внимательном рассмотрении можно убедиться, что в регионах с наиболее экономически крупными административными центрами рассматриваемый показатель на протяжении всего наблюдаемого периода не оказывался минимальным. Кроме того, в каждом из таких регионов индекс физического объема инвестиций в основной капитал в отдельные годы занимал максимальные значения, что не отмечается в других регионах: в РБ в 2016–2019 гг., в СО в 2010–2012 гг. и в 2021 г., в РТ в 2022–2023 гг. (рис. 4).

Преобразование уравнений парной регрессии из полиномиального вида в логарифмическую форму приводит к следующей системе уравнений для модели динамики и прогноза индекса физического объема инвестиций в региональный основной капитал:

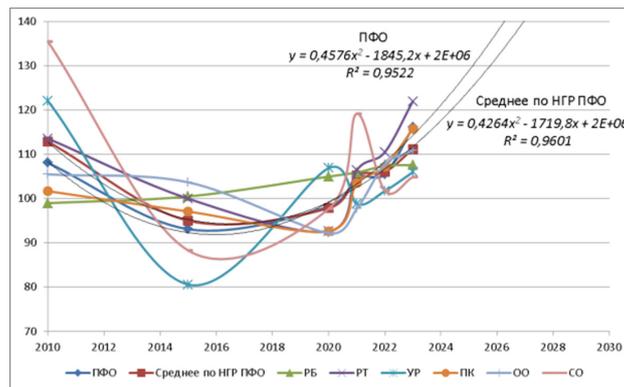
$$Y_{\text{НГР ПФО}} = -175,6\ln(x) + 1441,4; \quad Y_{\text{Среднее по ПФО}} = 902,19\ln(x) - 6761,5.$$



Источник: составлено авторами¹.

Рис. 3. Динамика и прогноз годовых инвестиций в основной капитал на душу населения в НГР ПФО в фактически действовавших ценах, тыс. руб.

Fig. 3. Dynamics and forecast of annual investments in fixed capital per capita in the oil and gas regions of the Volga Federal District in actual prices, thousands of rubles



Источник: составлено авторами².

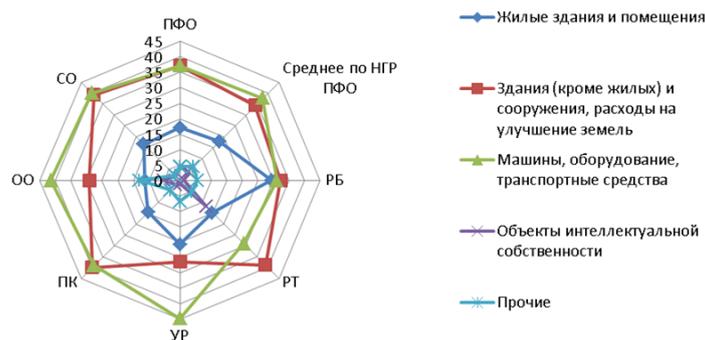
Рис. 4. Динамика и прогноз индекса физического объема инвестиций в основной капитал в НГР ПФО, в % к предшествующему году

Fig. 4. Dynamics and forecast of the index of physical volume of investments in fixed capital in the oil and gas regions of the Volga Federal District, in % to the previous year

Согласно структуре инвестиций в региональный основной капитал по видам основных фондов в регионах с наиболее экономически крупным административным центром, к которым можно также отнести и ПК, инвестиционные вложения в производственные здания, сооружения и земли находятся на уровне с инвестициями в машины, оборудование и транспортные средства. В РТ, единственном регионе выборки, инвестиции в производственную недвижимость выше инвестиций в движимое имущество на 20% от общего объема инвестиций в основной капитал, а в ОО и УР противоположное соотношение, что повторно может свидетельствовать об эффективности механизмов развития инвестиционной привлекательности крупной городской агломерации (рис. 5).

¹ Регионы России. Социально-экономические показатели (2024) М.: Росстат.

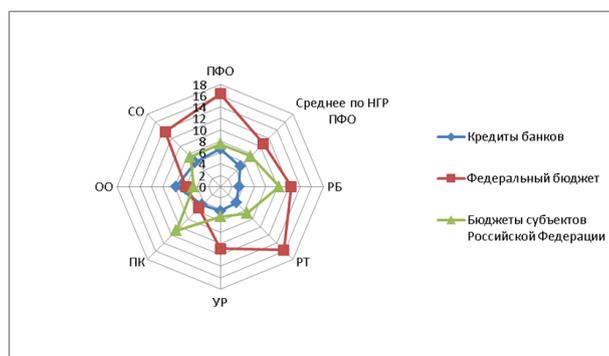
² Регионы России. Социально-экономические показатели (2024) М.: Росстат.



Источник: составлено авторами³.

Рис. 5. Структура инвестиций в основной капитал в НГР по видам основных фондов в 2023 г., в % от общего объема инвестиций

Fig. 5. Structure of investments in fixed capital in oil and gas regions by type of fixed assets in 2023, in % of total investment



Источник: составлено авторами⁴.

Рис. 6. Структура инвестиций в основной капитал в нефтегазовых регионах по источнику финансирования «Привлеченные средства» в 2023 г., %

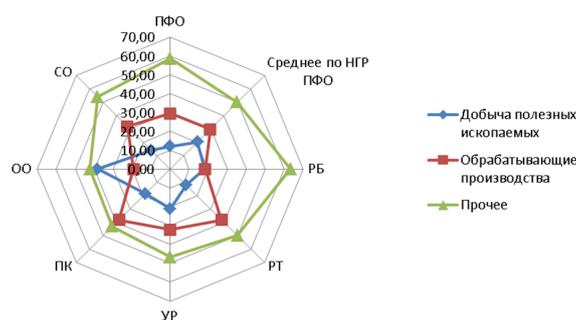
Fig. 6. Structure of investments in fixed capital in oil and gas regions by source of financing "Attracted funds" in 2023, %

Привлеченные средства в составе инвестиций в основной капитал в НГР содержат значительно меньший объем поступлений из федерального бюджета по сравнению со средним значением этой величины по всем регионам наблюдаемого федерального округа. Однако в НГР с наиболее крупными административными центрами, повторно за исключением ПК, федеральные инвестиции в основной капитал значительно превышают объемы регионального инвестирования и кредиты банков (рис. 6). Это может объясняться не только государственной необходимостью поддержки и развития высокорентабельной нефтегазовой отрасли в условиях национально ориентированной экономики, но и находящимися в крупных городах объектами военно-промышленного комплекса федеральной собственности, являющимися важными составляющими инвестиционного климата с учетом необходимости развития инновационной инфраструктуры и комплекса высокотехнологичных сервисных организаций.

На основе структурного анализа инвестиций в основной капитал в НГР по видам экономической деятельности, независимо от крупности городских агломераций, поскольку именно в них сконцентрированы обрабатывающие производства, можно выделить регионы с относительно

³ Регионы России. Социально-экономические показатели (2024) М.: Росстат.

⁴ Регионы России. Социально-экономические показатели (2024) М.: Росстат.



Источник: составлено авторами⁵.

Рис. 7. Структура инвестиций в основной капитал в нефтегазовых регионах по видам экономической деятельности в 2023 г., в % от всего

Fig. 7. Structure of investments in fixed capital in oil and gas regions by type of economic activity in 2023, in % of total

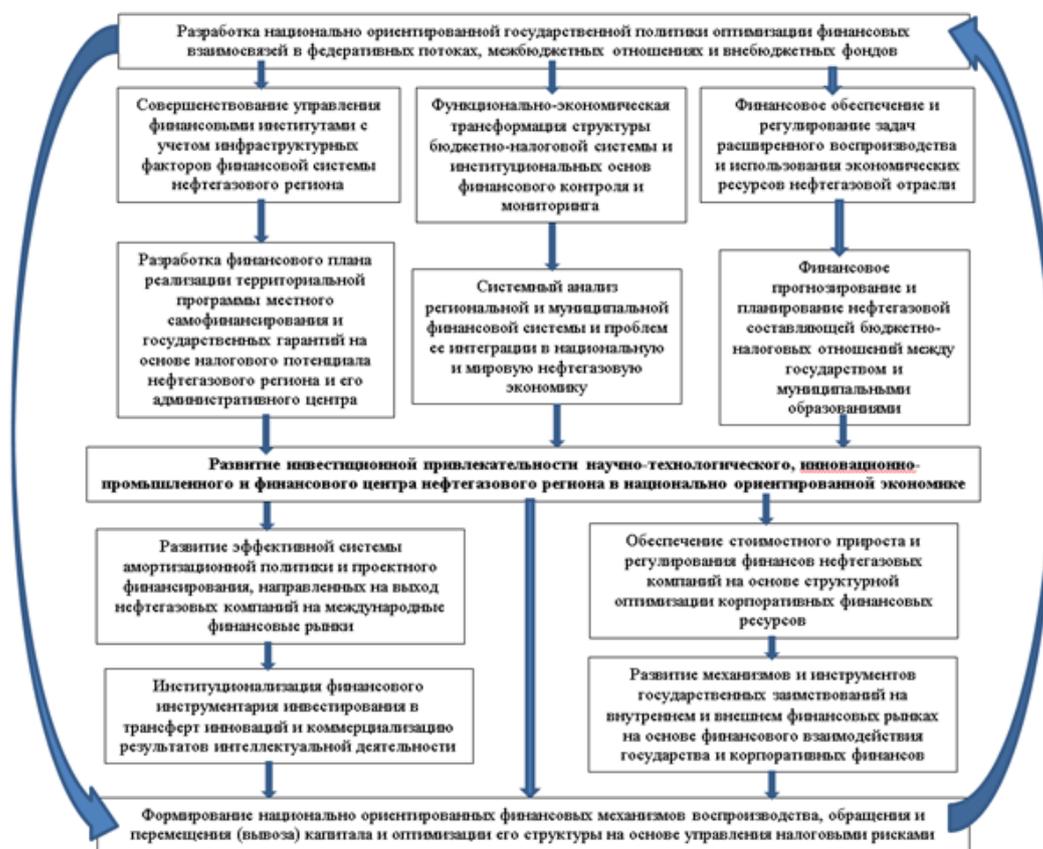
развитой инвестиционной привлекательностью их административных центров, как РТ, ПК и УР. Нефтегазовыми регионами со значительно меньшими объемами инвестирования в городскую промышленность и требующими разработки и использования эффективных механизмов развития инвестиционной привлекательности своих городов оказались РБ, СО и ОО. Наиболее критичными процессы инвестирования в основной капитал обрабатывающих производств можно признать в СО, обладающей наибольшим промышленным потенциалом Самарско-Тольяттинской агломерации с населением около 2,7 млн человек. ОО традиционно является регионом с ориентацией промышленности преимущественно на добычу сырьевых ресурсов с практически не отличающейся численностью населения агломерации от Оренбурга. Соотношение численности населения Уфы к Уфимской агломерации практически такое же, как Казани к Казанской агломерации, Перми к Пермской агломерации и Ижевска к Ижевской агломерации, что ставит проблему отсталости инвестиционной привлекательности административного центра РБ на второе место после агломерации СО (рис. 7).

Основными входными условиями развития инвестиционной привлекательности научно-технологического, инновационно-промышленного и финансового центра НГР в национально ориентированной экономике представляются превентивные трансформации системы общегосударственных, территориальных и местных финансов. Они определяются разработкой национально ориентированной государственной политики оптимизации финансовых взаимосвязей в федеративных потоках, межбюджетных отношениях и внебюджетных фондов. Это влечет совершенствование управления финансовыми институтами с учетом инфраструктурных факторов финансовой системы нефтегазового региона, функционально-экономическую трансформацию структуры бюджетно-налоговой системы и институциональных основ финансового контроля и мониторинга, финансовое обеспечение и регулирование задач расширенного воспроизводства и использования экономических ресурсов нефтегазовой отрасли.

Каждая из приведенных составляющих может являться основой для разработки финансового плана реализации территориальной программы местного самофинансирования и государственных гарантий на основе налогового потенциала нефтегазового региона и его административного центра, системного анализа региональной и муниципальной финансовой системы и проблем ее интеграции в национальную и мировую нефтегазовую экономику, финансового прогнозирования и планирования нефтегазовой составляющей бюджетно-налоговых отношений между государством и муниципальными образованиями (рис. 8).

Важными следствиями развития инвестиционной привлекательности научно-технологического, инновационно-промышленного и финансового центра НГР в национально ориентированной

⁵ Регионы России. Социально-экономические показатели (2024) М.: Росстат.



Источник: составлено авторами.

Рис. 8. Равновесная циклическая модель развития инвестиционной привлекательности научно-технологического, инновационно-промышленного и финансового центра НГР в национально ориентированной экономике

Fig. 8. Equilibrium cyclical model of development of investment attractiveness of scientific and technological, innovative and industrial and financial center of oil and gas region in nationally oriented economy

экономике являются положительные экстерналильные эффекты в области финансов хозяйствующих субъектов. Они могут проявляться в форме развития механизмов и инструментов государственных заимствований на внутреннем и внешнем финансовых рынках на основе финансового взаимодействия государства и корпоративных финансов и обеспечения стоимостного прироста и регулирования финансов нефтегазохимических компаний на основе структурной оптимизации корпоративных финансовых ресурсов. Это является важным драйвером институционализации финансового инструментария инвестирования в трансферт инноваций и коммерциализацию результатов интеллектуальной деятельности и развития эффективной системы амортизационной политики и проектного финансирования, направленных на выход нефтегазовых компаний на международные финансовые рынки. Равновесность представленной модели определяется уравновешенностью ее входных и выходных параметров, которые образуют повторяющийся экономический цикл между трансформациями общегосударственных, территориальных и местных финансов и финансов хозяйствующих субъектов. В более конкретизированной форме это выражается во взаимодействии национально ориентированной государственной политики оптимизации финансовых взаимосвязей в федеративных потоках, межбюджетных отношениях и внебюджетных фондов на формировании финансовых механизмов воспроизводства, обращения и перемещения (вывоза) капитала и оптимизации его структуры на основе управления налоговыми рисками.



Таким образом, в результате решения поставленных задач исследования было сделано следующее:

- проведен структурный анализ отношения годового дохода бюджета региона к годовому доходу бюджета города и разности между этими показателями, а также структурный анализ инвестиций в основной капитал в нефтегазовых регионах ПФО по видам основных фондов, по источнику финансирования «Привлеченные средства», по видам экономической деятельности, показавший их взаимную зависимость;
- разработаны системы логарифмических уравнений для описания моделей динамики и прогноза инвестиций в основной капитал НГР и выявлены их основные структурные дисбалансы по видам основных фондов, по источнику финансирования «Привлеченные средства» и по видам экономической деятельности;
- для снижения уровней таких дисбалансов была разработана модель, замыкающая национально ориентированную государственную политику оптимизации финансовых взаимосвязей в федеративных потоках, межбюджетных отношениях и внебюджетных фондов на формирование финансовых механизмов воспроизводства, обращения и перемещения (вывоза) капитала и оптимизации его структуры на основе управления налоговыми рисками;
- установлено, что разработанная модель способна оптимизировать развитие инвестиционной привлекательности инновационно-промышленного, а вместе с ним научно-технологического и материально-технического потенциала НГР, сосредоточенного в производственной агломерации административного центра и обеспечивающего ее финансовую устойчивость и экономическую эффективность в условиях санкционных ограничений.

Заключение

Проявление свойств цикличности и равновесности модели развития и поддержания благоприятного инвестиционного климата инновационно-промышленного центра НГР:

1. Возможно в условиях:

- оптимального баланса инвестиционной и инновационной цикличности, обеспечивающей инновационное простое и расширенное воспроизводство основных фондов региона;
- венчурного финансирования научно-технических и организационных новшеств, направленных на совершенствование стратегий коммерциализации инноваций в направлении новых технологических укладов.

2. Способно обеспечить:

- привлечение инвестиций в воспроизводство основных фондов и экономическую и технологическую независимость промышленности через либерализацию институтов частных, иностранных и смешанных инвестиций в инновации и влияние структуры инновационного капитала на региональный имущественный комплекс;
- реструктуризацию нефтегазовой отрасли региона в условиях вызовов на основе новой тарифной политики, обусловленной формированию региональных и межрегиональных рынков инноваций и коммерциализации вузовских инноваций на базе малого инновационного предприятия.

Проведенное исследование показало, что городская агломерация НГР как точка экономического роста является наиболее стратегически обоснованным центром привлечения инвестиций в основной капитал по механизму разработанной модели. Высокоразвитая и сбалансированная система научно-технологических, инновационно-промышленных и финансовых возможностей экономического центра НГР обеспечивает равновесность входных и выходных параметров модели улучшения инвестиционного климата на основе инклюзивных институтов в региональном производственном развитии. Цикличность разработанной модели определяется эффективностью городской бюджетной политики в условиях национально ориентированной экономики и обеспечивается высокой численностью населения города, составляющую в среднем около

третьей части от населения региона, а также дополнительно привлеченной миграционной рабочей силой за счет значительных производственных мощностей города. Это приводит к увеличенному поступлению налогов на доходы и имущество физических лиц, поступающих в городской бюджет, а высокая концентрация вузов в городской агломерации определяет ее центром модернизации экономики и профессионального развития человеческого капитала, что способно поддерживать принципы сбалансированности технологических и воспроизводственных инновационных инвестиций для роста фондоотдачи регионального основного капитала.

Направления дальнейших исследований:

- Инновационное производственное развитие НГР на основе эффективных стратегий бюджетной политики и налогового администрирования;
- развитие экономической безопасности НГР на основе преимуществ его промышленной генетики и резильентности;
- системная поддержка роста финансовых результатов промышленных организаций НГР как фактор развития его экономической безопасности в условиях санкций.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Крюков В.А., Крюков Я.В. (2024) Неоиндустриализация – к «новой геометрии» экономических пространственных взаимодействий. *Пространственная экономика*, 20 (3), 7–38. DOI: <https://doi.org/10.14530/se.2024.3.007-038>
2. Kryukov V.A., Tokarev A.N. (2024) Opportunities for the development of tyumen oblast based on innovations for the oil and gas sector, production of high-tech equipment, and high-tech services. *Regional Research of Russia*, 14 (1), 77–85. DOI: <https://doi.org/10.1134/S2079970523600373>
3. Kryukov V., Tokarev A. (2023) Hard-to-recover oil reserves in the context of sustainable development of resource regions. *E3S Web of Conferences*, 470, art. no. 01026. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202347001026>
4. Крюков В.А., Баранов А.О., Павлов В.Н., Суслов В.И., Суслов Н.И. (2020) Проблемы развития единого комплекса средств макроэкономического межрегионального межотраслевого анализа и прогнозирования. *Экономика региона*, 16 (4), 1072–1086. DOI: <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2020-4-5>
5. Klimanov V.V., Kazakova S.M. (2022) Debt policy for the sustainable development of Russian regions and megacities. *R-Economy*, 8 (4), 327–339. DOI: <https://doi.org/10.15826/recon.2022.8.4.025>
6. Климанов В.В., Михайлова А.А. (2022) Ответы бюджетной политики мегаполисов мира на вызовы новой реальности. *Общественные финансы*, 43, 4–21.
7. Растворцева С.Н., Манаева И.В. (2023) Современное развитие системы городов России: статический и динамический подходы. *Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз*, 16 (1), 55–67. DOI: <https://doi.org/10.15838/esc.2023.1.85.3>
8. Манаева И.В. (2021) Территориально-отраслевое развитие городской системы региона: методика оценки. *Проблемы развития территории*, 25(5), 21–36. DOI: <https://doi.org/10.15838/ptd.2021.5.115.2>
9. Пинская М.Р., Шаталов С.Д., Пономарева К.А. (2022) Подходы к налоговому стимулированию развития инновационной деятельности. *Инновационное развитие экономики*, 3–4 (69–70), 246–255. DOI: <https://doi.org/10.51832/2223798420223-4246>
10. Drobyazko S., Wijaya S., Blecharz P., Bogachov S., Pinskaya M. (2021) Modeling of prospects for the development of regional renewable energy. *Energies*, 14 (8), art. no. 2221. DOI: <https://doi.org/10.3390/en14082221>
11. Кабир Л.С., Яковлев И.А., Раков И.Д. (2022) Устойчивое развитие и «зеленая» экономика: глобальные тренды и региональные решения. *Экономика Северо-Запада: проблемы и перспективы развития*, 1 (68), 81–91. DOI: <https://doi.org/10.52897/2411-4588-2022-1-81-91>
12. Кабир Л.С., Яковлев И.А. (2022) Обоснование климатической повестки и энергоперехода в зарубежных исследованиях: формирование институциональной среды. *Ученые записки Международного банковского института*, 1 (39), 7–22.



13. Дробышевский С.М., Кострыкина Н.С., Корытин А.В. (2020) Налоговая конкуренция и активность региональной налоговой политики. *Вопросы экономики*, 10, 5–27. DOI: <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2020-10-5-27>
14. Лаврикова Ю.Г., Бодрунов С.Д., Акбердина В.В., Коровин Г.Б. (2024) Цифровая трансформация экономики: особенности индустриально развитых регионов. *Экономическое возрождение России*, 1 (79), 5–24. DOI: <https://doi.org/10.37930/1990-9780-2024-1-79-5-24>
15. Лаврикова Ю.Г., Акбердина В.В., Суворова А.В. (2019) Согласование приоритетов научно-технологического и пространственного развития индустриальных регионов. *Экономика региона*, 15 (4), 1022–1035. DOI: <https://doi.org/10.17059/2019-4-5>
16. Lavrikova Ju.G., Suvorova A.V. (2019) Spatial aspects of regional infrastructure distribution (the case of Sverdlovsk region). *R-Economy*, 5 (4), 155–167. DOI: <https://doi.org/10.15826/recon.2019.5.4.016>
17. Лаврикова Ю.Г., Акбердина В.В. (2019) Технологии проектирования пространственного развития индустриального мегаполиса. *Journal of New Economy*, 20 (2), 85–99. DOI: <https://doi.org/10.29141/2073-1019-2019-20-2-5>
18. Акбердина В.В., Шориков А.Ф., Коровин Г.Б., Сиротин Д.В. (2024) Агент-ориентированная модель трехуровневого иерархического минимаксного управления региональным промышленным комплексом. *Экономика и математические методы*, 60 (3), 94–106. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0424738824030089>
19. Акбердина В.В., Смирнова О.П. (2023) Оценка угроз экономической безопасности регионального промышленного комплекса. *Финансы и кредит*, 29 (11), 2592–2617. DOI: <https://doi.org/10.24891/fc.29.11.2592>
20. Акбердина В.В., Василенко Е.В. (2023) Базовые стратегии поведения промышленности как участника региональных инновационных экосистем. *AlterEconomics*, 20 (3), 548–569. DOI: <https://doi.org/10.31063/AlterEconomics/2023.20-3.4>
21. Suvorova A. (2023) Structural characteristics of urban agglomerations: a case of Russia and Europe. *Journal of Institutional Studies*, 15 (4), 91–108. DOI: <https://doi.org/10.17835/2076-6297.2023.15.4.091-108>
22. Суворова А.В. (2024) Особенности устойчивого развития городов: пространственные аспекты. *Экономика Северо-Запада: проблемы и перспективы развития*, 2 (77), 26–32. DOI: <https://doi.org/10.52897/2411-4588-2024-2-26-32>
23. Suvorova A.V. (2022) Territorial capital of Russian regions and its spatial organization. *R-Economy*, 8 (2), 106–119. DOI: <https://doi.org/10.15826/recon.2022.8.2.009>
24. Суворова А.В. (2023) Городские агломерации: особенности функционирования и методологические принципы развития. *Теоретическая и прикладная экономика*, 4, 1–17. DOI: <https://doi.org/10.25136/2409-8647.2023.4.68863>
25. Malkina M.Yu. (2024) Real income stress in Russian regions amid the pandemic and sanctions. *Regional Research of Russia*, 14, 109–125. DOI: <https://doi.org/10.1134/S2079970524600112>
26. Малкина М.Ю. (2024) Заражение на рынках сырьевых товаров в период финансового стресса. *Финансы: теория и практика*, 28 (3), 194–205. DOI: <https://doi.org/10.26794/2587-5671-2024-28-3-194-205>
27. Malkina M.Yu., Balakin R.V. (2023) Assessment of the level and structure of stress in tax revenues of the federal and regional budgets. *R-Economy*, 9 (4), 405–421. DOI: <https://doi.org/10.15826/recon.2023.9.4.025>
28. Малкина М.Ю., Моисеев И.А. (2023) Взаимосвязь промышленного и финансового стресса в российской экономике в условиях смены монетарного режима. *Финансы: теория и практика*, 27 (2), 140–151. DOI: <https://doi.org/10.26794/2587-5671-2023-27-2-140-151>
29. Лосева О.В., Мунерман И.В., Федотова М.А. (2024) Модели оценки и классификации региональных инвестиционных проектов, реализуемых в рамках концессионных соглашений. *Экономика региона*, 20 (1), 276–292. DOI: <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2024-1-19>
30. Косорукова И.В., Лосева О.В., Федотова М.А. (2024) Скрининг-оценка региональных инвестиционных проектов для предоставления мер государственной финансовой поддержки. *Финансы: теория и практика*, 28 (2), 23–39. DOI: <https://doi.org/10.26794/2587-5671-2024-28-2-23-39>
31. Лукасевич И.Я. (2020) Влияние нефтяных шоков на российский фондовый рынок: эмпирическое исследование. *Менеджмент и бизнес-администрирование*, 2, 121–133. DOI: <https://doi.org/10.33983/2075-1826-2020-2-121-133>

32. Филимонова И.В., Проворная И.В., Карташевич А.А., Новиков А.Ю. (2024) Прогноз добычи газа в Республике Саха (Якутия) с учетом структуры сырьевой базы, транспортной обеспеченности, потребностей внутреннего и внешнего рынков. *Минеральные ресурсы России. Экономика и управление*, 2 (187), 46–56.

33. Филимонова И.В., Проворная И.В., Саматова А.П., Новиков А.Ю. (2024) Влияние экономических и технологических факторов на потребление энергетических ресурсов и эффективность их использования в экономике регионов восточной Сибири и Дальнего востока. *Минеральные ресурсы России. Экономика и управление*, 4 (189), 57–66.

34. Филимонова И.В., Комарова А.В., Гладких К.Д., Саматова А.П. (2023) Методические особенности и этапы реформирования нефтегазового налогообложения в России. *Минеральные ресурсы России. Экономика и управление*, 6 (185), 18–30.

35. Ратнер С.В., Иосифов В.В. (2022) Прогнозирование результативности государственного финансирования исследований и разработок в области энергетических технологий в контексте достижения целей климатической политики. *Финансы и кредит*, 28 (12), 2703–2721. DOI: <https://doi.org/10.24891/fc.28.12.2703>

REFERENCES

1. Kryukov V.A., Kryukov Ya.V. (2024) Neo-industrialization – towards a “new geometry” of economic spatial interactions. *Spatial Economics*, 20 (3), 7–38. DOI: <https://doi.org/10.14530/se.2024.3.007-038>

2. Kryukov V.A., Tokarev A.N. (2024) Opportunities for the development of tyumen oblast based on innovations for the oil and gas sector, production of high-tech equipment, and high-tech services. *Regional Research of Russia*, 14 (1), 77–85. DOI: <https://doi.org/10.1134/S2079970523600373>

3. Kryukov V., Tokarev A. (2023) Hard-to-recover oil reserves in the context of sustainable development of resource regions. *E3S Web of Conferences*, 470, art. no. 01026. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202347001026>

4. Kryukov V.A., Baranov A.O., Pavlov V.N., Suslov V.I., Suslov N.I. (2020) Problems in developing a comprehensive toolkit for macro-economic, inter-regional, inter-sectoral analysis and forecasting. *Economy of Region*, 16 (4), 1072–1086. DOI: <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2020-4-5>

5. Klimanov V.V., Kazakova S.M. (2022) Debt policy for the sustainable development of Russian regions and megacities. *R-Economy*, 8 (4), 327–339. DOI: <https://doi.org/10.15826/recon.2022.8.4.025>

6. Klimanov V.V., Mihajlova A.A. (2022) Otvety byudzhethnoj politiki megapolisov mira na vyzovy novej real'nosti [Responses of budgetary policy of megacities of the world to the challenges of the new reality]. *Obshchestvennye finansy [Public finance]*, 43, 4–21.

7. Rastvortseva S.N., Manaeva I.V. (2023) Modern development of the system of cities in Russia: Static and dynamic approaches. *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*, 16 (1), 55–67. DOI: <https://doi.org/10.15838/esc.2023.1.85.3>

8. Manaeva I.V. (2021) Territorial and sectoral development of the regional urban system: assessment methodology. *Problems of Territory's Development*, 25 (5), 21–36. DOI: <https://doi.org/10.15838/ptd.2021.5.115.2>

9. Pinskaya M.R., Shatalov S.D., Ponomareva K.A. (2022) Approaches to tax incentives for the development of innovative activities. *Innovative Development of Economy*, 3–4 (69–70), 246–255. DOI: <https://doi.org/10.51832/2223798420223-4246>

10. Drobyazko S., Wijaya S., Blecharz P., Bogachov S., Pinskaya M. (2021) Modeling of prospects for the development of regional renewable energy. *Energies*, 14 (8), art. no. 2221. DOI: <https://doi.org/10.3390/en14082221>

11. Kabir L.S., Yakovlev I.A., Rakov I.D. (2022) Sustainable development and “green” economy: global trends and regional solutions. *Economics of the North-West: problems and prospects of development*, 1 (68), 81–91. DOI: <https://doi.org/10.52897/2411-4588-2022-1-81-91>

12. Kabir L.S., Yakovlev I.A. (2022) Justification of the climate agenda and energy transition in foreign studies: formation of the institutional environment. *Proceedings of the International Banking Institute*, 1 (39), 7–22.



13. Drobyshevsky S.M., Kostrykina N.S., Korytin A.V. (2020) Tax competition and the activity of the regional tax policy. *Voprosy Ekonomiki*, 10, 5–27. DOI: <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2020-10-5-27>
14. Lavrikova Yu.G., Bodrunov S.D., Akberdina V.V., Korovin G.B. (2024) Digital transformation of the economy: peculiarities of industrialized regions. *Economic Revival of Russia*, 1 (79), 5–24. DOI: <https://doi.org/10.37930/1990-9780-2024-1-79-5-24>
15. Lavrikova Yu.G., Akberdina V.V., Suvorova A.V. (2019) Coordinating the priorities of scientific, technological and spatial development of industrial regions. *Economy of region*, 15 (4), 1022–1035. DOI: <https://doi.org/10.17059/2019-4-5>
16. Lavrikova Ju.G., Suvorova A.V. (2019) Spatial aspects of regional infrastructure distribution (the case of Sverdlovsk region). *R-Economy*, 5 (4), 155–167. DOI: <https://doi.org/10.15826/recon.2019.5.4.016>
17. Lavrikova Yu.G., Akberdina V.V. (2019) Technologies for designing spatial development of an industrial metropolis. *Journal of New Economy*, 20 (2), 85–99. DOI: <https://doi.org/10.29141/2073-1019-2019-20-2-5>
18. Akberdina V.V., Shorikov A.F., Korovin G.B., Sirotin D.V. (2024) Agent-oriented model of three-level hierarchical minimax management of a regional industrial complex. *Economics and Mathematical Methods*, 60 (3), 94–106. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0424738824030089>
19. Akberdina V.V., Smirnova O.P. (2023) Evaluating economic security threats to the regional industrial complex. *Finance and Credit*, 29 (11), 2592–2617. DOI: <https://doi.org/10.24891/fc.29.11.2592>
20. Akberdina V.V., Vasilenko E.V. (2023) Basic Strategies for the Behaviour of Industry as a Participant in Regional Innovation Ecosystems. *AlterEconomics*, 20 (3), 548–569. DOI: <https://doi.org/10.31063/AlterEconomics/2023.20-3.4>
21. Suvorova A. (2023) Structural characteristics of urban agglomerations: a case of Russia and Europe. *Journal of Institutional Studies*, 15 (4), 91–108. DOI: <https://doi.org/10.17835/2076-6297.2023.15.4.091-108>
22. Suvorova A.V. (2024) Features of sustainable urban development: Spatial aspects. *Economics of the North-West: problems and prospects of development*, 2 (77), 26–32. DOI: <https://doi.org/10.52897/2411-4588-2024-2-26-32>
23. Suvorova A.V. (2022) Territorial capital of Russian regions and its spatial organization. *R-Economy*, 8 (2), 106–119. DOI: <https://doi.org/10.15826/recon.2022.8.2.009>
24. Suvorova A.V. (2023) Urban agglomerations: Functioning and methodological principles of development. *Theoretical and Applied Economics*, 4, 1–17. DOI: <https://doi.org/10.25136/2409-8647.2023.4.68863>
25. Malkina M.Yu. (2024) Real income stress in Russian regions amid the pandemic and sanctions. *Regional Research of Russia*, 14, 109–125. DOI: <https://doi.org/10.1134/S2079970524600112>
26. Malkina M.Yu. (2024) Contagion in commodity markets under financial stress. *Finance: Theory and Practice*, 28 (3), 194–205. DOI: <https://doi.org/10.26794/2587-5671-2024-28-3-194-205>
27. Malkina M.Yu., Balakin R.V. (2023) Assessment of the level and structure of stress in tax revenues of the federal and regional budgets. *R-Economy*, 9 (4), 405–421. DOI: <https://doi.org/10.15826/recon.2023.9.4.025>
28. Malkina M.Yu., Moiseev I.A. (2023) The relationship between industrial and financial stress in the Russian economy in the context of a change in the monetary regime. *Finance: Theory and Practice*, 27 (2), 140–151. DOI: <https://doi.org/10.26794/2587-5671-2023-27-2-140-151>
29. Loseva O.V., Munerman I.V., Fedotova M.A. (2024) Assessment and Classification Models of Regional Investment Projects Implemented through Concession Agreements. *Economy of regions*, 20 (1), 276–292. DOI: <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2024-1-19>
30. Kosorukova I.V., Loseva O.V., Fedotova M.A. (2024) Screening-evaluation of regional investment projects for the provision of state financial support measures. *Finance: Theory and Practice*, 28 (2), 23–39. DOI: <https://doi.org/10.26794/2587-5671-2024-28-2-23-39>
31. Lukasevich I.Ya. (2020) The impact of oil shocks on the Russian stock market: an empirical study. *Menedzhment i biznes-administrirovaniye [Management and Business Administration]*, 2, 121–133. DOI: <https://doi.org/10.33983/2075-1826-2020-2-121-133>
32. Filimonova I.V., Provornaya I.V., Kartashevich A.A., Novikov A.Yu. (2024) gas production forecast for the republic of Sakha (Yakutia) with due regard to the resource base structure, transportation provision, requirements of the domestic and foreign markets. *Mineral Resources of Russia. Economics and Management*, 2 (187), 46–56.

33. Filimonova I.V., Provornaya I.V., Samatova A.P., Novikov A.Yu. (2024) the influence of economic and technology factors on the consumption of energy resources and the efficiency of their use in the economy of east Siberian and Far Eastern regions. *Mineral Resources of Russia. Economics and Management*, 4 (189), 57–66.

34. Filimonova I.V., Komarova A.V., Gladkikh K.D., Samatova A.P. (2023) Methodological features and stages of reforming oil and gas taxation in Russia. *Mineral Resources of Russia. Economics and Management*, 6 (185), 18–30.

35. Ratner S.V., Iosifov V.V. (2022) Forecasting the effectiveness of public funding for research and development in the field of energy technologies in the context of climate policy targets pursuit. *Finance and Credit*, 28 (12), 2703–2721. DOI: <https://doi.org/10.24891/fc.28.12.2703>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT AUTHORS

БЕИЛИН Игорь Леонидович

E-mail: i.beilin@rambler.ru

Igor L. BEILIN

E-mail: i.beilin@rambler.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5878-4915>

КОРМУШИНА Елена Витальевна

E-mail: EVKormushina@mail.ru

Elena V. KORMUSHINA

E-mail: EVKormushina@mail.ru

Поступила: 30.04.2025; Одобрена: 11.08.2025; Принята: 11.08.2025.

Submitted: 30.04.2025; Approved: 11.08.2025; Accepted: 11.08.2025.

Научная статья

УДК 332.12, 338.12

DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18405>

EDN: <https://elibrary/QNZHSN>



ВЛИЯНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ НА СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ РЕГИОНОВ: ЭКОНОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Д.Е. Морозов, Л.А. Гамидуллаева  

Пензенский государственный университет,
Пенза, Российская Федерация

 gamidullaeva@gmail.com

Аннотация. В данной статье рассматривается влияние транспортной инфраструктуры на социально-экономическое развитие регионов, анализируются теоретические подходы зарубежных и отечественных авторов к оценке транспортной инфраструктуры в контексте регионального развития. Предметом исследования выступают особенности влияния транспортной инфраструктуры на уровень социально-экономического развития регионов, формализованный в виде валового регионального продукта (ВРП). Обоснованы влияние транспортной инфраструктуры на ключевые социально-экономические показатели развития регионов и оценка ее значимости посредством использования эконометрических методов. Для сбора и обработки информации использованы методы анализа и синтеза, индукции и дедукции, для практического обоснования гипотез – аналитический, статистический и эконометрический методы, для формирования выводов – метод обобщения материалов научной, учебной и специализированной литературы, нормативно-правовой базы, а также данных официальной статистики. Авторами представлена попытка практического обоснования теоретических подходов к определению взаимосвязи транспортной инфраструктуры с социально-экономическим развитием регионов с использованием регрессионного анализа. В ходе исследования было установлено, что влияние транспортной инфраструктуры носит неоднородный характер – в каждом регионе выявлены различные значимые транспортные факторы, оказывающие влияние на экономическое развитие, что обусловлено особенностями экономической структуры регионов, уровнем развития инфраструктуры и социальными аспектами. В рамках проведенного анализа авторам удалось установить статистическую значимость влияния транспортной инфраструктуры на экономический рост для ряда регионов Приволжского федерального округа. Однако авторами отмечено, что динамика ВРП как одного из индикаторов уровня социально-экономического развития рассматриваемых регионов зависит от разных факторов транспортной инфраструктуры, что говорит о неоднородности такого влияния. По результатам исследования авторами выявлена проблема учета пространственных экстерналий, влияющих на межрегиональные транспортные связи, что требует более комплексного подхода к оценке транспортной инфраструктуры. Авторами сделан вывод о необходимости разработки универсальной и прозрачной методики учета внешних пространственных экстерналий, влияющих на социально-экономическую динамику регионов.

Ключевые слова: транспортная инфраструктура, социально-экономическое развитие, валовой региональный продукт, пространственные экстерналии, социальные эффекты, регрессионный анализ

Благодарности: Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда в рамках реализации проекта «Модели и механизмы оптимизации структуры региональной экономики в целях устойчивого развития промышленности» (Соглашение №25-28-20328, <https://rscf.ru/project/25-28-20328/>).

Для цитирования: Морозов Д.Е., Гамидуллаева Л.А. (2025) Влияние транспортной инфраструктуры на социально-экономическое развитие регионов: эконометрический анализ. П-Economy, 18 (4), 85–104. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18405>



IMPACT OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE ON SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT OF REGIONS: ECONOMETRIC ANALYSIS

D.Ye. Morozov, L.A. Gamidullaeva  

Penza State University,
Penza, Russian Federation

 gamidullaeva@gmail.com

Abstract. This article examines the impact of transport infrastructure on socio-economic development of the regions, analyzes theoretical approaches of foreign and domestic authors to the assessment of transport infrastructure in the context of regional development. The subject of the study is the features of the impact of transport infrastructure on the level of socio-economic development of the regions, formalized as gross regional product (GRP). The influence of transport infrastructure on key socio-economic indicators of regional development and the assessment of its significance through the use of econometric methods are substantiated. To collect and process information, methods of analysis and synthesis, induction and deduction were used; for practical justification of hypotheses, analytical, statistical and econometric methods were used; for the conclusions, the method of generalizing materials from scientific, educational and specialized literature, regulatory framework, as well as official statistics data were used. The authors present an attempt to practically justify theoretical approaches to determining the relationship between transport infrastructure and socio-economic development of regions using regression analysis. The study found that the impact of transport infrastructure is heterogeneous – in each region, various significant transport factors influencing economic development are identified, which is due to the peculiarities of the economic structure of the regions, the level of infrastructure development and social aspects. As part of the analysis, the authors were able to establish the statistical significance of the impact of transport infrastructure on economic growth for a number of regions of the Volga Federal District. However, the authors noted that the dynamics of the GRP, as one of the indicators of the level of socio-economic development of the regions under consideration, depends on various factors of the transport infrastructure, which indicates the heterogeneity of such impact. Based on the results of the study, the authors identified the problem of accounting for spatial externalities affecting interregional transport links, which requires a more comprehensive approach to assessing transport infrastructure. The authors concluded that it is necessary to develop a universal and transparent methodology for accounting for external spatial externalities affecting the socio-economic dynamics of the regions.

Keywords: transport infrastructure, socio-economic development, gross regional product, spatial externalities, social effects, regression analysis

Acknowledgements: The research was supported by the Russian Science Foundation grant No. 25-28-20328 “Models and mechanisms for optimizing the structure of the regional economy for the purpose of sustainable industrial development”. Available online: <https://rscf.ru/project/25-28-20328/>.

Citation: Morozov D.Ye., Gamidullaeva L.A. (2025) Impact of transport infrastructure on socio-economic development of regions: econometric analysis. *π-Economy*, 18 (4), 85–104. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18405>



Введение

Развитие транспортной инфраструктуры, являясь одной из ключевых составляющих социально-экономического прогресса регионов, оказывает значительное влияние на уровень их конкурентоспособности, инвестиционной привлекательности и качества жизни населения. В условиях современной глобализации эффективная транспортная система способствует не только ускорению экономического роста, но и интеграции регионов в единое экономическое пространство страны. Актуальность темы статьи подтверждается рядом стратегических документов, направленных на модернизацию транспортной системы и стимулирование регионального развития. Так, например, принятая в 2024 году Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2036 года подчеркивает ключевую роль транспортной инфраструктуры в обеспечении социально-экономического развития регионов.

Приволжский федеральный округ (ПФО), являющийся одним из наиболее важных промышленных и аграрных центров России, представляет собой уникальный объект для изучения. Его территориальное расположение, развитая промышленная база и разнообразие природных ресурсов обуславливают потребность в высоком уровне развития транспортной инфраструктуры, который на сегодняшний день остается неоднородным, что создает вызовы для гармоничного социально-экономического развития регионов ПФО.

Актуальность исследования влияния транспортной инфраструктуры на основные социально-экономические показатели регионов обусловлена необходимостью поиска путей для повышения эффективности транспортной системы в контексте регионального развития. В современных условиях, когда государство уделяет особое внимание вопросам модернизации инфраструктуры в рамках национальных проектов, изучение взаимосвязи транспортных возможностей и социально-экономической динамики приобретает особую значимость.

Объектом исследования выступает транспортная инфраструктура регионов ПФО. Предметом исследования служит влияние транспортной инфраструктуры на социально-экономическое развитие регионов.

Обзор литературы

Тематика влияния транспортной инфраструктуры на основные показатели развития регионов вызывает повышенный интерес со стороны научного сообщества.

В настоящее время существует множество различных как отечественных, так и зарубежных исследований, в которых авторам удается доказать тесную взаимосвязь между уровнем развития транспортной инфраструктуры региона и его ключевыми социально-экономическими показателями. Д. Ошауэр установил, что развитие транспортной сети способствует возникновению положительных эффектов, которые приводят к увеличению средней производительности факторов производства в США в период с 1972 по 1985 г. [1]. К похожему выводу пришли испанские исследователи П. Кантос, М. Гумбау-Альберт и Х. Маудос – авторы подчеркивают прямую зависимость промышленных отраслей Испании от уровня развития транспортной инфраструктуры. Согласно результатам исследования, увеличение инвестиций в ее развитие на 10% приводит к росту стоимости продукции, производимой частным сектором, на 0,38–0,42% [2]. Группа зарубежных ученых в рамках исследования причинно-следственной связи между транспортом и ВВП пришли к выводу, что в развитых экономиках наблюдается двусторонняя причинно-следственная связь (транспортная инфраструктура и экономическое развитие взаимно влияют друг на друга), тогда как в странах с более низким уровнем дохода причинно-следственная связь либо односторонняя, либо вовсе отсутствует [3–5]. В целом в большом числе работ зарубежных исследователей была подтверждена статистическая значимость транспортной инфраструктуры как одного из факторов, влияющих на уровень социально-экономического развития регионов [6–8].

Ряд отечественных исследователей также обнаружил положительное влияние транспортной инфраструктуры на социально-экономические показатели регионов [9–11]. По мнению А.Б. Моттаевой и В.В. Бразовской, транспортная инфраструктура – это стратегический инструмент регионального развития, который формирует устойчивую экономику, повышает конкурентоспособность кластеров и способствует интеграции регионов в глобальные экономические процессы [12]. Успешная реализация национальных проектов в области транспорта позволит решить задачи по обеспечению связности экономического пространства, снижению транспортных издержек, улучшению качества жизни населения [13].

Важно отметить, что положительные эффекты от развития транспортной инфраструктуры распространяются не только на непосредственных ее пользователей (пассажиров и грузовладельцев). Например, ускорение пассажирского транспортного сообщения и вовлечение новых городов в границы агломераций дают экономический эффект для компаний в виде расширения рынка труда и сбыта, увеличения производственных возможностей, взаимодействия между предприятиями и специализированными работниками в секторах услуг высокой стоимости экономики [14, 15].

Учитывая высокие темпы технологического развития, для качественного развития транспортной инфраструктуры в регионах крайне необходима интеграция современных технологий (Big Data, IoT, ИИ), которые помогают оптимизировать транспортные потоки, повышая гибкость транспортной системы [16]. При этом качественное развитие транспорта в рамках одного региона может оказывать влияние на смежные регионы, улучшая логистические коридоры, объединяя трудовые ресурсы и формируя крупные городские агломерации [17]. Однако для цифровизации транспортной инфраструктуры требуется наличие определенных предпосылок, связанных с развитием социально-экономической системы, с научно-техническим прогрессом, с преобразованиями на законодательном уровне и др. [18].

Важно понимать, что положительные эффекты достигаются за счет не только объема инвестиций в развитие транспортной инфраструктуры, но и детальной разработки стратегии ее планирования. Отсутствие четко сформулированных целей и задач при значительном объеме финансирования может привести к негативным последствиям, которые в том числе выражаются в нанесении ущерба окружающей среде и в возникновении социальных рисков для местного населения [19].

Схожую позицию демонстрирует Г.Ф. Токунова. Автор подчеркивает, что без эффективной стратегии управления транспортной инфраструктурой и внедрения современных технологий невозможно обеспечить устойчивое развитие городских агломераций [20].

Некоторые отечественные авторы находят взаимосвязь между реализацией транспортных проектов и динамикой социально-экономического развития, однако отмечают, что в рамках развития транспортной инфраструктуры могут возникать не только положительные, но и отрицательные эффекты, которые оказывают негативное влияние на экономический рост регионов [21–23]. Причем интенсивность данных эффектов наиболее велика в приграничных регионах, которые ввиду своих территориальных особенностей обременены дополнительной нагрузкой в виде внешнеэкономической функции [24]. Это связано с тем, что приграничные регионы являются ключевыми узлами международной логистики, транзитных перевозок и внешнеторговых операций, что усиливает мультипликативный эффект транспортной инфраструктуры на экономический рост, привлечение инвестиций и развитие сопутствующих отраслей, таких как логистика, торговля и производство.

При этом различия в уровне развития транспортной инфраструктуры двух приграничных регионов приводят к дисбалансу уровней развития экономик, что в конечном итоге может привести к возникновению не только положительных, но и отрицательных взаимных эффектов, а именно:

- неравномерности движения международного товаропотока;

- задержек при пересечении границы;
- перераспределения миграционных потоков в сторону региона с более высоким уровнем социально-экономического развития [25].

На сегодняшний день существуют научные работы и с противоположными выводами, согласно которым связь между транспортной инфраструктурой и ключевыми экономическими показателями региона незначительна или вовсе отсутствует. Так, Е.А. Коломак, оценивая вклад транспортной инфраструктуры в производительность труда, делает заключение об отсутствии взаимосвязи между данными факторами [26]. В статье Е.Э. Колчинской оценивается влияние транспортной инфраструктуры на промышленное развитие регионов России. По результатам эконометрического моделирования автор приходит к выводу об отсутствии положительной связи между уровнем развития промышленности региона и развитостью транспортной инфраструктуры [27]. По мнению Колчинской, такой результат обусловлен двумя факторами:

1. Отсутствием интеграции промышленности в транспортную стратегию.

В советский период стратегия развития транспортной и железнодорожной сети не учитывала планов по развитию промышленной инфраструктуры. Упор делался не на экономические, а на социальные эффекты.

2. Локализацией транспортной сети преимущественно вокруг промышленных предприятий.

В некоторых регионах России (Республика Саха, Республика Коми, Чукотский автономный округ, Красноярский край, Тюменская область, Сахалинская область и др.) общая плотность транспортной сети может оставаться низкой, при этом промышленные системообразующие предприятия данных регионов в полной мере обеспечены транспортной инфраструктурой.

Необходимо отметить, что на сегодняшний день действительно существуют примеры регионов с низким уровнем развития транспортной инфраструктуры, но с высокими экономическими показателями. Они, как правило, являются моноотраслевыми, то есть на территории региона преобладает одна отрасль, которая вносит существенный вклад в его экономическое развитие.

Важно подчеркнуть, что промышленная отрасль не существует изолированно, и, по мнению авторов, в рамках парадигмы социально-экономического развития она тесно связана с транспортной инфраструктурой региона. В этой связи необходима комплексная оценка, охватывающая не только экономические, но и социальные аспекты, такие как доступность общественного транспорта, уровень развития дорожной сети и условия транспортной логистики для малого и среднего бизнеса. Отсутствие должного уровня развития «социальной» транспортной инфраструктуры в моноотраслевом регионе в долгосрочной перспективе может повлечь за собой ряд проблем, связанных с:

- ограниченным ростом человеческого капитала;
- низкой мобильностью трудовых ресурсов;
- социальной устойчивостью региона.

Отдельного внимания заслуживает мнение, сформулированное Н. Бошем и М.Э. Хаком. Авторы статьи пришли к выводу, что наблюдаемая связь между государственными инвестициями в транспортную и коммуникационную инфраструктуру и экономическим ростом обусловлена тем, что экономический рост приводит к увеличению инвестиций в этот сектор, а не наоборот [28]. При этом исследователи не нашли доказательств того, что инвестиции в транспорт и связь напрямую стимулируют экономический рост.

Некоторые авторы отмечают, что сложность определения влияния транспортной инфраструктуры на экономику региона заключается в определении и учете всех внешних пространственных экстерналий, которые выходят за рамки административных границ территории [29–31].

Такая противоречивость и разнонаправленность научных точек зрения говорят об отсутствии как единого подхода к оценке влияния транспортной инфраструктуры на социально-экономическое развитие регионов, так и практического инструментария, позволяющего идентифицировать

и учитывать все внешние пространственных эффекты, возникающие в процессе развития транспортной инфраструктуры. В существующих исследованиях авторы нередко акцентируют внимание либо на макроэкономических показателях, либо на локальных аспектах, что затрудняет формирование целостного представления о взаимосвязи транспортной инфраструктуры и социально-экономической динамики. Кроме того, разрозненность данных и различия в методологиях оценки создают сложности в проведении сравнительных исследований и в разработке универсальных подходов к планированию транспортной инфраструктуры. В этом контексте становится очевидной необходимость детального изучения влияния транспортной инфраструктуры на социально-экономическое развитие регионов России.

Целью настоящего исследования является оценка влияния транспортной инфраструктуры на ключевые социально-экономические показатели развития регионов. Для достижения цели предполагается рассмотреть текущую инфраструктурную ситуацию в ПФО, выявить основные проблемы и определить направления для повышения эффективности транспортных систем.

Материалы и методы исследования

В качестве источников получения необходимой информации использованы труды отечественных и зарубежных ученых, нормативно-правовые документы, документы стратегического планирования, официальная статистика Росстата, ЕМИСС. Для определения степени влияния транспортной инфраструктуры на социально-экономическое развитие регионов ПФО применены абстрактно-логический, индуктивно-дедуктивный, аналитический, статистический, эконометрический методы.

Результаты

ПФО – один из крупнейших по численности населения и уровню экономического развития округов. Он включает 14 субъектов РФ, отличающихся между собой уровнем промышленного и сельскохозяйственного развития, транспортной инфраструктурой и социально-экономическими показателями.

ПФО является вторым по численности населения, уступая только Центральному федеральному округу (ЦФО). Согласно предварительной оценке Росстата, на 1 января 2025 г. совокупная численность населения ПФО составляла 28,4 млн человек (19,4% от общей численности населения России). По сравнению с 2024 г., она уменьшилась в абсолютном выражении на 143 тыс. человек.

Вместе с тем в I полугодии 2024 г. наблюдался небольшой миграционный отток населения в размере 3,8 тыс. человек¹. Численность рабочей силы составила 14,7 млн человек, или 52% от общей численности населения округа.

По данным Росстата, ПФО вошел в первую тройку регионов по общему объему инвестиций в основной капитал – в I полугодии 2024 г. показатель достиг 1,99 трлн руб. (с темпом роста 115,7%), что говорит о высокой инвестиционной привлекательности территории.

Анализируя денежные доходы на душу населения, можно сделать вывод о довольно низком уровне благосостояния населения, проживающего в ПФО, – 43951 руб. в месяц, что на 25,8% меньше средних денежных доходов по России (55295 руб. в месяц). При этом среднемесячная номинальная начисленная заработная плата работников организаций в I полугодии 2024 г. составила 62378 руб. и возросла по сравнению с I полугодием 2023 г. на 19,6%, реальная начисленная заработная плата увеличилась на 11,0%.

¹ Федеральная служба государственной статистики (2024) *Социально-экономическое положение Приволжского федерального округа в I полугодии 2024 года*. [online] Available at: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/privolj-fo_2k-2024.pdf [Accessed 8.07.2025]. (in Russian).



Рис. 1. Численность населения по федеральным округам РФ
Fig. 1. Population by federal districts of the Russian Federation

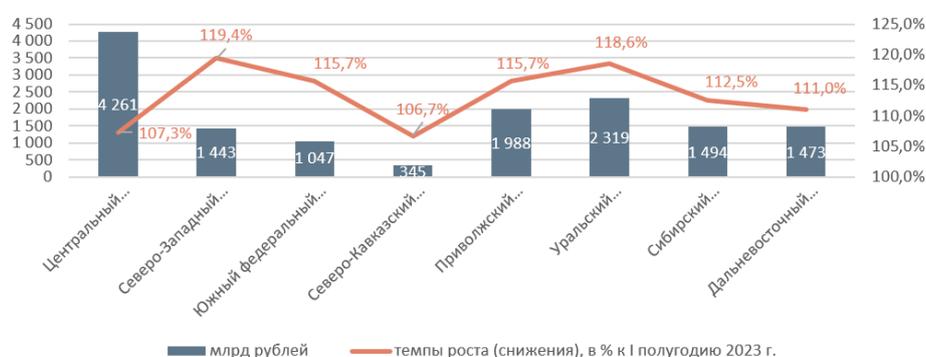


Рис. 2. Общий объем инвестиций в основной капитал по федеральным округам РФ
Fig. 2. Total volume of investments in fixed capital by federal districts of the Russian Federation

Анализ валового регионального продукта (ВРП) по федеральным округам РФ показал, что ПФО занимает третье место по объему ВРП – в 2022 г. показатель увеличился на 14,6% по сравнению с предыдущим годом и составил 19665 млрд руб.²

С точки зрения промышленного потенциала в ПФО преобладают такие виды экономической деятельности, как:

- сельское хозяйство (удельный вес в общем объеме производства – 23,3%);
- обрабатывающие производства (удельный вес в общем объеме производства – 20,3%);
- водоснабжение; водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельность по ликвидации загрязнений (удельный вес в общем объеме производства – 18,5%).

Индекс промышленного производства по сравнению с I полугодием 2023 г. составил 106,1%.

С точки зрения транспортной инфраструктуры ПФО, наряду с ЦФО, характеризуется высокими показателями грузооборота автомобильного транспорта, что может свидетельствовать о высокой экономической активности округа, стабильном внутреннем товарообороте и высоком уровне развития логистики и транспортной инфраструктуры. При этом, по сравнению с предыдущим годом, данный показатель снизился на 0,4%.

Оценивая уровень развития транспортной инфраструктуры регионов ПФО, важно отметить, что в настоящее время авторами не обнаружен рейтинг, который включал бы в себя ее

² Федеральная служба государственной статистики (2024) *Социально-экономическое положение Приволжского федерального округа в I квартале 2024 года*. [online] Available at: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/privolj-fo_1k-2024.pdf [Accessed 8.07.2025]. (in Russian).

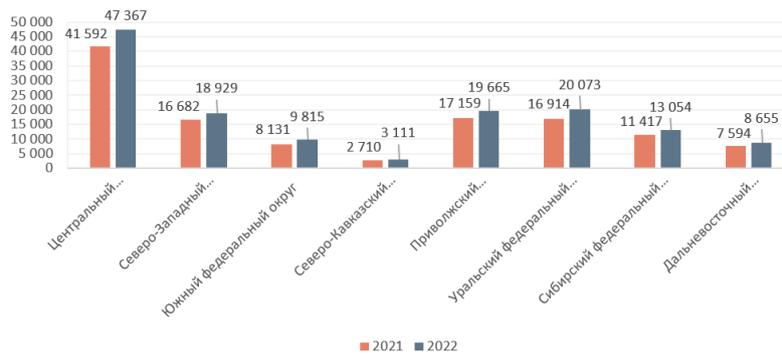


Рис. 3. Валовой региональный продукт по федеральным округам РФ
 Fig. 3. Gross regional product by federal districts of the Russian Federation

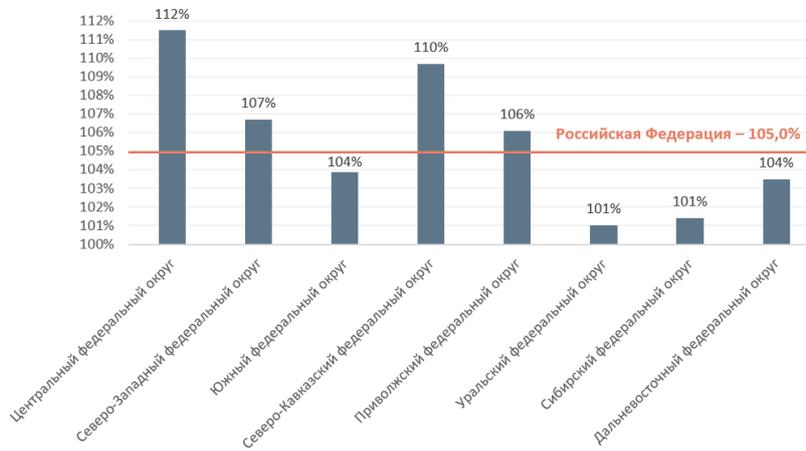


Рис. 4. Индекс промышленного производства по федеральным округам РФ
 Fig. 4. Industrial production index by federal districts of the Russian Federation



Рис. 5. Грузооборот автомобильного транспорта по федеральным округам РФ
 Fig. 5. Freight turnover of road transport by federal districts of the Russian Federation



комплексную оценку. В настоящее время существуют рейтинги только по отдельным статистическим показателям транспортной инфраструктуры. Одним из них является рейтинг качества автомобильных дорог, опубликованный РА «РИА Рейтинг» в августе 2024 г., согласно которому, субъекты РФ распределялись по удельному весу автомобильных дорог общего пользования регионального или межмуниципального и местного значения, отвечающих нормативным требованиям, в общей протяженности соответствующих дорог. Однако никакой дополнительной методики оценки в данном рейтинге не представлено – места субъектам РФ были присвоены исключительно на основе данного показателя. Поскольку настоящее исследование посвящено ПФО, авторами были экстрагированы соответствующие регионы и присвоены места согласно данному рейтингу (табл. 1).

**Таблица 1. Рейтинг регионов ПФО
по качеству автомобильных дорог РА «РИА Рейтинг» (составлено авторами)
Table 1. Rating of the Volga Federal District regions
by the quality of motorways by the «RIA Rating Agency» (compiled by the authors)**

Место	Регион	Доля автомобильных дорог общего пользования регионального или межмуниципального и местного значения, отвечающих нормативным требованиям, в общей протяженности соответствующих дорог на конец 2023 г.
1	Республика Башкортостан	67,1%
2	Республика Татарстан	65,2%
3	Пермский край	64,5%
4	Пензенская область	61,4%
5	Ульяновская область	59,7%
6	Самарская область	59,0%
7	Оренбургская область	53,3%
8	Нижегородская область	44,9%
9	Саратовская область	43,5%
10	Удмуртская Республика	41,9%
11	Республика Мордовия	41,1%
12	Чувашская Республика	37,3%
13	Республика Марий Эл	30,9%
14	Кировская область	26,3%

При этом важно отметить, что подобный подход к составлению рейтинга не является комплексным, поскольку, во-первых, не содержит систему оценивания (регионы проранжированы от большего значения к меньшему), во-вторых, не рассматривает другие значимые статистические показатели, характеризующие уровень развития транспортной инфраструктуры, а в-третьих, не учитывает динамику их изменения.

По мнению авторов, подход, предполагающий оценку множества показателей транспортной инфраструктуры различного типа (железнодорожного, автомобильного, общественного и др.) за определенный временной период, позволит сформировать целостное представление об уровне развития транспортной инфраструктуры в регионах.

В рамках комплексной оценки авторы предлагают взять 17 статистических показателей, характеризующих уровень развития транспортной инфраструктуры в период с 2010 по 2022 г. (табл. 2).

Таблица 2. Статистические показатели, характеризующие уровень развития транспортной инфраструктуры
 Table 2. Statistical indicators characterizing the level of development of transport infrastructure

Обозначение	Статистический показатель
x_1	Отправление пассажиров железнодорожным транспортом общего пользования
x_2	Отправление пассажиров железнодорожным транспортом общего пользования в пригородном сообщении
x_3	Отправление грузов железнодорожным транспортом общего пользования
x_4	Прибытие грузов железнодорожным транспортом общего пользования
x_5	Перевозка грузов автомобильным транспортом
x_6	Перевозка грузов на коммерческой основе
x_7	Грузооборот автомобильного транспорта
x_8	Грузооборот автомобильного транспорта на коммерческой основе
x_9	Перевозка пассажиров автобусами общего пользования
x_{10}	Пассажирооборот автобусов общего пользования
x_{11}	Протяженность автомобильных дорог общего пользования федерального, регионального или межмуниципального и местного значения с твердым покрытием
x_{12}	Протяженность автомобильных дорог общего пользования федерального, регионального или межмуниципального и местного значения с усовершенствованным твердым покрытием
x_{13}	Плотность автомобильных дорог общего пользования федерального, регионального или межмуниципального и местного значения с твердым покрытием
x_{14}	Наличие эксплуатационных автобусов, выполняющих перевозки по маршрутам регулярных перевозок
x_{15}	Количество эксплуатационных автобусов общего пользования на 100000 человек населения
x_{16}	Количество дорожно-транспортных происшествий с пострадавшими
x_{17}	Число лиц, погибших в дорожно-транспортных происшествиях

Выбор данных показателей обусловлен их доступностью в сопоставимом виде для регионов ПФО. По каждому из показателей производится расчет среднего арифметического значения за выбранный период.

В целях корректности проведения комплексной оценки целесообразно привести расчетные средние арифметические значения, выраженные в различных единицах измерения, в сопоставимый вид с помощью их нормировки по следующим формулам^{3,4}:

$$\tilde{x}_i = \frac{\bar{x}_i - \bar{x}_{\min}}{\bar{x}_{\max} - \bar{x}_{\min}}; \quad (1)$$

$$\tilde{x}_i = \frac{\bar{x}_{\max} - \bar{x}_i}{\bar{x}_{\max} - \bar{x}_{\min}}, \quad (2)$$

где \tilde{x}_i – средний арифметический показатель по i -му региону ПФО за 2010–2022 гг.; \bar{x}_{\min} – минимальный средний арифметический показатель за 2010–2022 гг. среди всех регионов ПФО; \bar{x}_{\max} – максимальный средний арифметический показатель за 2010–2022 гг. среди всех регионов ПФО.

По результатам расчетов авторами составлена сводная таблица с итоговыми нормированными оценками по каждому региону (табл. 3).

Результаты комплексной оценки приведены в табл. 4.

Данный рейтинг позволил определить регионы ПФО, лидирующие по качеству и уровню развития транспортной инфраструктуры. В то же время остается открытым вопрос: какие факторы транспортной инфраструктуры оказывают наиболее значимое влияние на социально-экономическое развитие регионов ПФО? В связи с этим авторами предлагается использовать метод множественного регрессионного анализа, сосредоточившись на пяти регионах-лидерах – Республике Татарстан, Республике Башкортостан, Нижегородской области, Самарской области, Пермском крае.

В качестве зависимой переменной Y авторами предлагается взять ВРП на душу населения, который отражает уровень производства товаров и услуг с учетом численности населения на территории региона, а в качестве регрессоров – 17 статистических показателей транспортной инфраструктуры, на основе которых был составлен авторский рейтинг (табл. 2).

Построение множественной регрессии происходило в три этапа:

1. **Корреляционный анализ.** Выявлялись как статистическая связь результирующего показателя (ВРП на душу населения) и независимых переменных, так и взаимозависимость между самими регрессорами для определения мультиколлинеарности и последующего исключения переменных.

2. **Регрессионный анализ I уровня.** После исключения мультиколлинеарных факторов была построена первичная регрессионная модель, в которой все регрессоры были протестированы на статистическую значимость.

3. **Исключение статистически незначимых регрессоров и регрессионный анализ II уровня.** Проведение повторного регрессионного анализа после исключения статистически незначимых переменных из модели позволяет оценить качество оставшейся регрессионной модели и определить ее относительную значимость в предсказании зависимой переменной.

Результаты регрессионного анализа представлены в табл. 5.

³ (1) формула нормировки показателей транспортной инфраструктуры с прямой зависимостью (чем выше показатель, тем выше уровень транспортной инфраструктуры, верно и обратное).

⁴ (2) формула нормировки показателей транспортной инфраструктуры с обратной зависимостью (чем выше показатель, тем ниже уровень транспортной инфраструктуры, верно и обратное).

Таблица 3. Сводная таблица регионов ПФО с нормированными значениями показателей транспортной инфраструктуры
 Table 3. Summary table of the Volga Federal District regions with standardized values of transport infrastructure indicators

Показатели Регионы ПФО	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇	x ₈	x ₉	x ₁₀	x ₁₁	x ₁₂	x ₁₃	x ₁₄	x ₁₅	x ₁₆	x ₁₇	Сумма баллов	Рейтинг по сумме баллов
Республика Башкортостан	0,260809	0,228206	0,662811	0,620137	0,627280	0,337619	0,351832	0,245991	0,958059	0,951224	1	0,746546	0,505134	1	0,458508	1	0,784407	10,739	2
Республика Марий Эл	0	0	0,008463	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,309390	0	0,013288	0,591034	0,450212	1,372	14
Республика Мордовия	0,047978	0,022957	0,053278	0,070221	0,203561	0,225297	0,320312	0,427490	0,055652	0,071668	0,068381	0,104481	0,521669	0,043291	0,135246	0,814108	0	3,186	13
Республика Татарстан	0,446834	0,414830	0,341091	0,772237	1	1	1	1	0,723899	0,666194	0,711645	1	1	0,528014	0	0,773839	1	12,379	1
Удмуртская Республика	0,171233	0,158880	0,047731	0,134823	0,189442	0,098113	0,159186	0,119056	0,310250	0,252765	0,162861	0,123844	0,429799	0,136943	0,019754	0,966913	0,819573	4,301	9
Чувашская Республика	0,053005	0,033018	0	0,066265	0,016254	0,019442	0,049784	0,032397	0,183271	0,241169	0,080100	0,140450	0,962675	0,241253	0,542547	0,746668	0,522143	3,930	10
Пермский край	0,439885	0,445756	1	0,775379	0,486757	0,338528	0,368676	0,165462	0,710886	0,997779	0,456555	0,254097	0,049191	0,489593	0,290748	0,538085	0,604707	8,412	5
Кировская область	0,252351	0,227469	0,134200	0,158195	0,090590	0,079075	0,148439	0,054987	0,235942	0,140360	0,251615	0,226920	0	0,156404	0,230113	0,342515	0,603319	3,332	12
Нижегородская область	1	1	0,358325	0,503177	0,315466	0,255199	0,393012	0,433838	1	1	0,501011	0,793410	0,550115	0,780306	0,485045	0	0,455687	9,825	3
Оренбургская область	0,140901	0,111383	0,807804	1	0,122625	0,130641	0,154715	0,107647	0,359034	0,466266	0,442662	0,261478	0,156027	0,664610	1	0,909219	0,527093	7,362	6
Пензенская область	0,098484	0,072878	0,028861	0,125735	0,102724	0,076912	0,183027	0,075206	0,127478	0,285409	0,202876	0,223589	0,504986	0,235655	0,428037	0,387164	0,174876	3,334	11
Самарская область	0,534956	0,507874	0,509018	0,496958	0,517367	0,653927	0,494157	0,438846	0,401989	0,568671	0,344948	0,548263	0,625661	0,715405	0,402772	0,799816	0,900023	9,461	4
Саратовская область	0,316154	0,267120	0,334568	0,573153	0,126801	0,139362	0,235229	0,219552	0,439205	0,737110	0,355190	0,518561	0,176366	0,417691	0,208346	0,866040	0,735262	6,666	7
Ульяновская область	0,054438	0,032257	0,062162	0,063400	0,074150	0,173650	0,156181	0,204420	0,130252	0,281127	0,108195	0,162333	0,375563	0,355891	0,915485	0,824828	0,694275	4,669	8

**Таблица 4. Рейтинг регионов ПФО
по уровню развития транспортной инфраструктуры (составлено авторами)
Table 4. Rating of the Volga Federal District regions
by the level of development of transport infrastructure (compiled by the authors)**

Место	Регион	Интегральный показатель нормирования
1	Республика Татарстан	12,4
2	Республика Башкортостан	10,7
3	Нижегородская область	9,8
4	Самарская область	9,5
5	Пермский край	8,4
6	Оренбургская область	7,4
7	Саратовская область	6,7
8	Ульяновская область	4,7
9	Удмуртская Республика	4,3
10	Чувашская Республика	3,9
11	Пензенская область	3,3
12	Кировская область	3,3
13	Республика Мордовия	3,2
14	Республика Марий Эл	1,4

Проведенный регрессионный анализ показал, что влияние транспортной инфраструктуры на ВРП в регионах ПФО носит неоднородный характер. В каждом из исследованных регионов авторами выявлены различные значимые факторы, а в случае с Республикой Башкортостан значимого влияния транспортных показателей на ВРП не обнаружено. Это свидетельствует о том, что транспортная инфраструктура не оказывает универсального воздействия на социально-экономическое развитие и его специфика определяется рядом региональных особенностей. На взгляд авторов, у подобных различий влияния транспортных факторов на ВРП могут быть несколько причин:

1. **Структура экономики регионов.** Различия в выявленных факторах могут объясняться доминирующими отраслями экономики в каждом субъекте, например:

- в Республике Татарстан значимым фактором является прибытие грузов железнодорожным транспортом, что может быть связано с высокой индустриализацией региона, наличием крупных промышленных предприятий, для которых важна поставка сырья и продукции;
- в Нижегородской области определяющим фактором стал грузооборот автомобильного транспорта, что может быть обусловлено высокой ролью автомобильной логистики в регионе с развитой торгово-промышленной структурой;
- в Самарской области значимым оказалось влияние плотности автодорожной сети, что может быть связано с важностью транспортной доступности для промышленного и логистического сектора региона.

2. **Географические и инфраструктурные различия:**

- Пермский край, в отличие от других регионов, показал зависимость ВРП от числа погибших в ДТП. Это может свидетельствовать о проблемах транспортной безопасности и об их влиянии на социально-экономическое развитие (например, высокая аварийность может замедлять экономический рост, сокращая трудовые ресурсы и инвестиционную привлекательность).
- в Республике Башкортостан значимых факторов не выявлено, что может говорить о сбалансированности транспортной инфраструктуры или о том, что другие макроэкономические

Таблица 5. Уравнения регрессии регионов ПФО, лидирующих по уровню развития транспортной инфраструктуры
Table 5. Regression equations for the Volga Federal District regions leading in terms of transport infrastructure development

Место в рейтинге	Регион	Факторы транспортной инфраструктуры, влияющие на ВРП	Уравнение регрессии
1	Республика Татарстан	x_4 – прибытие грузов железнодорожным транспортом общего пользования x_{16} – количество дорожно-транспортных происшествий с пострадавшими	$y = 1\,403\,489 + 18,9 \cdot x_4 - 9\,605,6 \cdot x_{16}$
2	Республика Башкортостан	Не выявлены	–
3	Нижегородская область	x_7 – грузооборот автомобильного транспорта	$y = -7\,364,3 + 118,9 \cdot x_7$
4	Самарская область	x_{13} – плотность автомобильных дорог общего пользования федерального, регионального или межмуниципального и местного значения с твердым покрытием	$y = -716\,541,9 + 3\,806,9 \cdot x_{13}$
5	Пермский край	x_{17} – число лиц, погибших в дорожно-транспортных происшествиях	$y = 875\,483,4 - 26\,858,4 \cdot x_{17}$

факторы (например, демография, промышленность, инвестиции) оказывают более сильное влияние на ВРП.

Выводы и заключение

Проведенное исследование подтвердило сложность и неоднородность влияния транспортной инфраструктуры на социально-экономическое развитие регионов. Различия в значимости транспортных факторов для ВРП в регионах ПФО свидетельствуют о многомерности этой зависимости, обусловленной экономической структурой, территориальными особенностями, демографической ситуацией и уровнем развития транспортных сетей. Однако, несмотря на выявленные закономерности, существует серьезная методологическая проблема – учет внешних пространственных экстерналий, влияющих на социально-экономическую динамику регионов.

Одними из ключевых ограничений исследования являются разрозненность данных и сложность оценки межрегионального взаимодействия транспортной инфраструктуры. В реальной экономике границы регионов являются условными, а транспортные потоки не ограничиваются административными территориями. Это приводит к ряду проблем:

1. **Перелив эффектов между регионами.** Транспортная инфраструктура одного региона может способствовать экономическому росту соседнего региона за счет транзита грузов, миграции трудовых ресурсов или развития логистических узлов. В таком случае локальный анализ не всегда адекватно отражает реальные взаимосвязи.

2. **Различия в уровне транспортной интеграции.** В одних регионах транспортная инфраструктура формирует внутренние цепочки создания добавленной стоимости, тогда как в других – служит связующим звеном для внешних экономических потоков. Это объясняет, почему в некоторых регионах транспортные показатели прямо коррелируют с ВРП, а в других – нет.

3. **Оценка социальной инфраструктуры.** Помимо экономических факторов, транспортная доступность влияет на качество жизни, мобильность населения, доступ к трудовым ресурсам и социальной инфраструктуре (образование, здравоохранение). Эти эффекты сложно формализовать

в количественных моделях, но они оказывают долгосрочное влияние на экономический потенциал региона.

Для более полного учета пространственных эффектов необходимо внедрение комплексных подходов, включающих:

- пространственно-эконометрические модели, которые позволяют учитывать влияние соседних регионов и анализировать транспортные взаимодействия на макроуровне;
- индексы транспортной связанности регионов, с помощью которых можно оценить как локальную, так и межрегиональную эффективность инфраструктуры (учет магистральных маршрутов, транспортных коридоров и логистических хабов и т. п.);
- многомерные интегральные индексы инфраструктурного развития, учитывающие не только протяженность и плотность дорог, но и их качество, загруженность, уровень цифровизации транспортных систем;
- геоинформационные системы (GIS) и Big Data, применение которых позволит повысить точность прогнозных моделей влияния транспортной инфраструктуры на экономику регионов.

Таким образом, в ходе проведенного исследования была комплексно оценена роль транспортной инфраструктуры в социально-экономическом развитии регионов ПФО. Анализ показал существенную неоднородность ее влияния на ключевые показатели экономического развития. В каждом из изученных регионов были выявлены индивидуальные особенности и специфические факторы, обусловленные структурой экономики и другими условиями.

Полученные результаты представляют практическую значимость для региональных органов власти, которые могут использовать предложенные подходы и выводы при разработке стратегий пространственного развития, направленных на устойчивый экономический рост и улучшение уровня жизни населения.

Принимая во внимание, что транспортная инфраструктура – это не только экономический, но и пространственный феномен, в будущих исследованиях необходимо учитывать межрегиональные связи, социальные эффекты и динамические характеристики инфраструктуры, чтобы адекватно оценить ее влияние на развитие регионов. Современные методы пространственного анализа и Big Data могут стать ключевыми инструментами для преодоления существующих ограничений и для формирования эффективной транспортной политики, способствующей гармоничному развитию территорий.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Aushauer D.A. (1989) Is public expenditure productive? *Journal of Monetary Economics*, 23 (2), 177–200. DOI: [https://doi.org/10.1016/0304-3932\(89\)90047-0](https://doi.org/10.1016/0304-3932(89)90047-0)
2. Cantos P., Gumbau-Albert M., Maudos J. (2005) Transport infrastructures and regional growth: evidence of the Spanish case, *MPRA Paper*, art. no. 15261.
3. Beyzatlar M.A., Karacal M., Yetkiner H. (2014) Granger-causality between transportation and GDP: A panel data approach. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 63, 43–55. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2014.03.001>
4. Nesticò A., Russo F. (2022) Transport infrastructures and economic development of the territory. *New Metropolitan Perspectives*, 482, 1293–1302. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-06825-6_125
5. Varghese A.M., Pradhan R.P. (2025) Transportation infrastructure and economic growth: Does there exist causality and spillover? A systematic review and research agenda. *Transportation Research Procedia*, 82, 2618–2632. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2024.12.208>
6. Muvawala J., Sebukeera H., Ssebulime K. (2021) Socio-economic impacts of transport infrastructure investment in Uganda: Insight from frontloading expenditure on Uganda's urban roads and highways. *Research in Transportation Economics*, 88, art. no. 100971. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2020.100971>



7. Pokharel R., Bertolini L., te Brömmelstroet M. (2023) How does transportation facilitate regional economic development? A heuristic mapping of the literature. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 19, art. no. 100817. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trip.2023.100817>
8. Zhang Y., Cheng L. (2023) The role of transport infrastructure in economic growth: Empirical evidence in the UK. *Transport Policy*, 133, 223–233. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.transpol.2023.01.017>
9. Ильина Е.А. (2013) Оценка влияния развития транспортной сети на экономическое развитие региона. *Ars Administrandi*, 2, 91–97.
10. Ефимова Е.Г. (2009) Роль транспорта в экономическом развитии региона: международный аспект. *Вестник Санкт-Петербургского государственного университета*, 1, 77–85.
11. Капустина Н.В. (2023) Влияние транспортной инфраструктуры на социально-экономическое развитие сельской местности. *Вестник Евразийской науки*, 15 (s5), art. no. 15FAVN523.
12. Моттаева А.Б., Бразовская В.В. (2023) Роль транспортной инфраструктуры в повышении связности кластеров для обеспечения устойчивого развития регионов. *Экономические науки*, 5 (222), 247–253. DOI: <https://doi.org/10.14451/1.222.247>
13. Ускова Т.В. (2021) Транспортная инфраструктура как фактор развития территорий и связанности экономического пространства. *Проблемы развития территории*, 25 (3), 7–22. DOI: <https://doi.org/10.15838/ptd.2021.3.113.1>
14. Корнилова А.Д., Бабенчук К.А. (2021) Социально-экономические эффекты от развития транспортной инфраструктуры. *Вестник Алтайской академии экономики и права*, 7 (2), 176–183. DOI: <https://doi.org/10.17513/vaael.1796>
15. Берман Н.Д. (2020) Влияние транспортной инфраструктуры на устойчивое развитие: тенденции и проблемы. *Международный журнал перспективных исследований*, 10 (2), 7–14. DOI: <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2020-2-7-14>
16. Пьянкова С.Г., Ергунова О.Т., Митрофанова И.В. (2023) Влияние транспортной инфраструктуры на устойчивое развитие территории в условиях нестабильности. *Геополитика и экогеодинамика регионов*, 9 (1), 44–57.
17. Гамидуллаева Л.А., Морозов Д.Е. (2024) Факторы устойчивого развития городских агломераций: роль инфраструктурного потенциала. *Экономический анализ: теория и практика*, 549 (6), 1000–1018. DOI: <https://doi.org/10.24891/ea.23.6.1000>
18. Пьянкова С.Г., Заколюкина Е.С. (2022) Цифровая транспортная инфраструктура региона: понятийный аппарат и оценка эффективности. *Экономика и предпринимательство*, 6 (143), 644–646. DOI: <https://doi.org/10.34925/EIP.2022.143.6.116>
19. Kadyraliev A., Supaeva G., Bakas B., Dzholdosheva T., Dzholdoshev N., Balova S., Tyurina Y., Krinichansky K. (2022) Investments in transport infrastructure as a factor of stimulation of economic development. *Transportation Research Procedia*, 63, 1359–1369. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.06.146>
20. Tokunova G. (2018) Assessment of the transport infrastructure influence on urban agglomerations development. *Transportation Research Procedia*, 36, 754–758. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.12.095>
21. Заколюкина Е.С. (2023) Транспортная инфраструктура региона как фактор пространственного развития территории. *Проблемы развития территории*, 27 (5), 79–95. DOI: <https://doi.org/10.15838/ptd.2023.5.127.6>
22. Вострикова Е.О., Мешкова А.П. (2022) Транспортно-логистическая инфраструктура как фактор устойчивого развития региона. *Экономическая безопасность*, 5 (3), 1073–1092. DOI: <https://doi.org/10.18334/ecsec.5.3.114847>
23. Рослякова Н.А. (2020) Дифференциация стимулов роста на основе транспортной инфраструктуры как инструмент сглаживания социально-экономических диспропорций регионов России. *Инфраструктура пространственного развития РФ: транспорт, энергетика, инновационная система, жизнеобеспечение*, 33–58.
24. Бережная Л.Ю. (2021) Роль транспортной инфраструктуры в развитии приграничного региона. *Вестник Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова*, 4, 109–117. DOI: <https://doi.org/10.21686/2413-2829-2021-4-109-117>
25. Боброва В.В., Бережная Л.Ю. (2021) Механизм влияния транспортной инфраструктуры на социально-экономическое развитие приграничного региона. *Экономика, предпринимательство и право*, 11 (10), 2381–2398. DOI: <https://doi.org/10.18334/epp.11.10.113740>

26. Коломак Е.А. (2011) Эффективность инфраструктурного капитала в России. *Журнал Новой экономической ассоциации*, 10 (10), 74–93.
27. Колчинская Е.Э. (2015) Влияние транспортной инфраструктуры на промышленное развитие регионов России. *Актуальные проблемы экономики и права*, 9 (2), 77–82.
28. Bose N., Haque M.E. (2005) Causality between public investment in transport and communication and economic growth. *Research Paper Series. Internationalisation of Economic Policy*, art. no. 2005/10. DOI: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.764465>
29. Митрюкова К.А. (2023) Влияние транспортной инфраструктуры на социально-экономическое развитие регионов: практическая значимость и научные разногласия. *Экономика, предпринимательство и право*, 13 (7), 2399–2412. DOI: <https://doi.org/10.18334/epp.13.7.118352>
30. Пономарёв Ю.Ю. (2022) Влияние транспортной инфраструктуры на совокупную факторную производительность фирм: оценка для городов России. *Экономическая политика*, 17 (1), 102–125. DOI: <https://doi.org/10.18288/1994-5124-2022-1-102-125>
31. Серова Н.А. (2022) Методический подход к оценке развития региональной транспортной инфраструктуры. *Фундаментальные исследования*, 10 (2), 229–232. DOI: <https://doi.org/10.17513/fr.43371>

REFERENCES

1. Aushauer D.A. (1989) Is public expenditure productive? *Journal of Monetary Economics*, 23 (2), 177–200. DOI: [https://doi.org/10.1016/0304-3932\(89\)90047-0](https://doi.org/10.1016/0304-3932(89)90047-0)
2. Cantos P., Gumbau-Albert M., Maudos J. (2005) Transport infrastructures and regional growth: evidence of the Spanish case, *MPRA Paper*, art. no. 15261.
3. Beyzatlar M.A., Karacal M., Yetkiner H. (2014) Granger-causality between transportation and GDP: A panel data approach. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 63, 43–55. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2014.03.001>
4. Nesticò A., Russo F. (2022) Transport infrastructures and economic development of the territory. *New Metropolitan Perspectives*, 482, 1293–1302. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-06825-6_125
5. Varghese A.M., Pradhan R.P. (2025) Transportation infrastructure and economic growth: Does there exist causality and spillover? A systematic review and research agenda. *Transportation Research Procedia*, 82, 2618–2632. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2024.12.208>
6. Muvawala J., Sebukeera H., Ssebulime K. (2021) Socio-economic impacts of transport infrastructure investment in Uganda: Insight from frontloading expenditure on Uganda’s urban roads and highways. *Research in Transportation Economics*, 88, art. no. 100971. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2020.100971>
7. Pokharel R., Bertolini L., te Brömmelstroet M. (2023) How does transportation facilitate regional economic development? A heuristic mapping of the literature. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 19, art. no. 100817. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trip.2023.100817>
8. Zhang Y., Cheng L. (2023) The role of transport infrastructure in economic growth: Empirical evidence in the UK. *Transport Policy*, 133, 223–233. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2023.01.017>
9. Il'ina E.A. (2013) Otsenka vliianiia razvitiia transportnoi seti na ekonomicheskoe razvitie regiona [Оценка развития транспортной сети в экономическом развитии региона]. *Ars Administrandi*, 2, 91–97.
10. Efimova E.G. (2009) The role of transport in the regional economic development: international aspect. *St. Petersburg University Journal of Economic Studies*, 1, 77–85.
11. Kapustina N.V. (2023) The impact of transport infrastructure on the socio-economic development of rural areas. *The Eurasian Scientific Journal*, 15 (s5), art. no. 15FAVN523.
12. Mottaeva A.B., Brazovskaia V.V. (2023) The role of transport infrastructure in improving cluster connectivity to ensure sustainable development of regions. *Economic Sciences*, 5 (222), 247–253. DOI: <https://doi.org/10.14451/1.222.247>
13. Uskova T.V. (2021) Transport infrastructure as a factor of territories’ development and connectedness of economic space. *Problems of Territory's Development*, 25 (3), 7–22. DOI: 10.15838/ptd.2021.3.113.1



14. Kornilova A.D., Babenchuk K.A. (2021) Socio-economic effects of the development of transport infrastructure. *Vestnik Altaiskoi akademii ekonomiki i prava [Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law]*, 7 (2), 176–183. DOI: <https://doi.org/10.17513/vaael.1796>
15. Berman N.D. (2020) Influence of transport infrastructure on sustainable development: trends and challenges. *International Journal of Advanced Studies*, 10 (2), 7–14. DOI: <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2020-2-7-14>
16. Pyankova S.G., Ergunova O.T., Mitrofanova I.V. (2023) The impact of transport infrastructure on the sustainable development of the territory in conditions of instability. *Geopolitics and Ecogeodynamics of Regions*, 9 (1), 44–57.
17. Gamidullaeva L.A., Morozov D.E. (2024) Factors of sustainable development of urban agglomerations: The role of infrastructure potential. *Economic Analysis: Theory and Practice*, 549 (6), 1000–1018. DOI: <https://doi.org/10.24891/ea.23.6.1000>
18. Pyankova S.G., Zakolyukina E.S. (2022) Digital transport infrastructure of the region: conceptual framework and efficiency assessment. *Journal of Economy and Entrepreneurship*, 6 (143), 644–646. DOI: <https://doi.org/10.34925/EIP.2022.143.6.116>
19. Kadyraliev A., Supaeva G., Bakas B., Dzholdosheva T., Dzholdoshev N., Balova S., Tyurina Y., Krinichansky K. (2022) Investments in transport infrastructure as a factor of stimulation of economic development. *Transportation Research Procedia*, 63, 1359–1369. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.06.146>
20. Tokunova G. (2018) Assessment of the transport infrastructure influence on urban agglomerations development. *Transportation Research Procedia*, 36, 754–758. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.12.095>
21. Zakolyukina E.S. (2023) Transport infrastructure as a factor in the territory's spatial development. *Problems of Territory's Development*, 27 (5), 79–95. DOI: <https://doi.org/10.15838/ptd.2023.5.127.6>
22. Vostrikova E.O., Meshkova A.P. (2022) Transport and logistics infrastructure as a factor of regional sustainable development. *Economic Security*, 5 (3), 1073–1092. DOI: <https://doi.org/10.18334/ecsec.5.3.114847>
23. Rosliakova N.A. (2020) Differentsiatsiia stimulov rosta na osnove transportnoi infrastruktury kak instrument sglazhivaniia sotsial'no-ekonomicheskikh disproportsii regionov Rossii [Дифференциация стимулов роста на основе транспортной занятости как инструмент сглаживания социально-экономических диспропорций регионов России.]. *Infrastruktura prostranstvennogo razvitiia RF: transport, energetika, innovatsionnaia sistema, zhizneobespechenie [Инфраструктура пространственного развития РФ: транспорт, энергетика, инновационная система, жизнеобеспечение]*, 33–58.
24. Berezhnaya L.Yu. (2021) The role of transport infrastructure in development of border region. *Vestnik of the Plekhanov Russian University of Economics*, 4, 109–117. DOI: <https://doi.org/10.21686/2413-2829-2021-4-109-117>
25. Bobrova V.V., Berezhnaya L.Yu. (2021) The mechanism of influence of transport infrastructure on the socio-economic development of the cross-border region. *Journal of Economics, Entrepreneurship and Law*, 11 (10), 2381–2398. DOI: <https://doi.org/10.18334/epp.11.10.113740>
26. Kolomak E.A. (2011) Efficiency of infrastructure capital in Russia. *Journal of the New Economic Association*, 10 (10), 74–93.
27. Kolchinskaya E.E. (2015) Influence of transport infrastructure on the industrial development of the Russian regions. *Actual Problems of Economics and Law*, 9 (2), 77–82.
28. Bose N., Haque M.E. (2005) Causality between public investment in transport and communication and economic growth. *Research Paper Series. Internationalisation of Economic Policy*, art. no. 2005/10. DOI: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.764465>
29. Mitryukova K.A. (2023) Influence of transport infrastructure on the regional socio-economic development: practical significance and scientific controversy. *Journal of Economics, Entrepreneurship and Law*, 13 (7), 2399–2412. DOI: <https://doi.org/10.18334/epp.13.7.118352>
30. Ponomarev Yu.Yu. (2022) Transport infrastructure development and total factor productivity at firm level: Assessment for Russian cities. *Economic Policy*, 17 (1), 102–125. DOI: <https://doi.org/10.18288/1994-5124-2022-1-102-125>
31. Serova N.A. (2022) Methodical approach to assessing the development of regional transport infrastructure. *Fundamental Research*, 10 (2), 229–232. DOI: <https://doi.org/10.17513/fr.43371>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT AUTHORS

МОРОЗОВ Данила Евгеньевич

E-mail: danil_morozoff99@rambler.ru

Danila Ye. MOROZOV

E-mail: danil_morozoff99@rambler.ru

ГАМИДУЛЛАЕВА Лейла Айваровна

E-mail: gamidullaeva@gmail.com

Leila A. GAMIDULLAEVA

E-mail: gamidullaeva@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3042-7550>

Поступила: 22.05.2025; Одобрена: 08.07.2025; Принята: 08.07.2025.

Submitted: 22.05.2025; Approved: 08.07.2025; Accepted: 08.07.2025.

Научная статья

УДК 332.1:330.341

DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18406>

EDN: <https://elibrary/QXXJQZ>



ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЗРЕЛОСТИ РЕГИОНОВ РОССИИ КАК ОСНОВЫ ИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СУВЕРЕНИТЕТА И ГЛОБАЛЬНОЙ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ

М.В. Курникова  

Самарский государственный экономический университет,
Самара, Российская Федерация

 mvkurnikova@gmail.com

Аннотация. В условиях санкционного давления обеспечение технологического суверенитета стало критическим фактором национальной безопасности и экономической устойчивости России. Настоящее исследование фокусируется на технологической зрелости регионов – ключевой предпосылке достижения национального технологического суверенитета и глобальной конкурентоспособности. В статье под технологической зрелостью понимается интегральный показатель способности региона генерировать, внедрять и применять технологии, охватывающий четыре ключевых аспекта: инновационный потенциал (патенты, НИ-ОКР, инновационная активность), инфраструктуру (технопарки, ИКТ, обновление фондов), кадровые ресурсы (научные кадры, образование, цифровая грамотность) и производственные возможности (объемы производства высокотехнологичной продукции, объемы и рост промышленного производства). Цель исследования – разработка комплексной методики оценки региональной технологической зрелости, выявление пространственных диспропорций и обоснование дифференцированных стратегических рекомендаций (векторов) развития. Предложенная методика интегрирует четыре взаимодополняющих блока, состоящих из 16 показателей, обоснованных необходимостью охвата полного технологического цикла (генерация знаний, инфраструктурная поддержка, человеческий капитал, производственная реализация). На основе нормализованных данных и весовых коэффициентов (метод Саати) рассчитан интегральный индекс, позволивший классифицировать регионы на три типологические группы: лидеры (г. Москва, г. Санкт-Петербург, Республика Татарстан), территории умеренного развития и аутсайдеры (республики Северного Кавказа, ряд регионов Дальневосточного федерального округа и др.). Результаты выявили экстремальную поляризацию (между лидерами и аутсайдерами наблюдается 20-кратный разрыв в индексе) и значительную межрегиональную дифференциацию технологической зрелости. Ключевые проблемы включают цифровое неравенство (доступ к интернету различается в 14 раз) и парадокс сырьевых регионов (высокий ВРП при низкой инновационной активности). Для каждой группы разработаны конкретные стратегические приоритеты (векторы), направленные на повышение технологической зрелости как основы суверенитета и конкурентоспособности и учитывающие реалистичность достижения целей для разных типов регионов. Практическая ценность исследования заключается в создании инструмента для диагностики региональных диспропорций и формирования адресных стратегий, сочетающих федеральные инициативы с усилением уникального экспортного потенциала территорий. Доказано, что преодоление технологических разрывов требует дифференцированного подхода, учитывающего ресурсные и институциональные особенности регионов. Направления дальнейших исследований включают развитие предложенной методики в направлении расширения системы индикаторов с учетом отраслевой специфики и углубление анализа взаимосвязей между региональными факторами технологического суверенитета и глобальной конкурентоспособности.

Ключевые слова: регион, технологический суверенитет, технологическая зрелость регионов, инновационный потенциал, глобальная конкурентоспособность, стратегия

Для цитирования: Курникова М.В. (2025) Оценка технологической зрелости регионов России как основы их технологического суверенитета и глобальной конкурентоспособности. *П-Еconomy*, 18 (4), 105–123. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18406>

Research article

DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18406>



ASSESSING THE TECHNOLOGICAL MATURITY OF RUSSIAN REGIONS AS A FOUNDATION FOR THEIR TECHNOLOGICAL SOVEREIGNTY AND GLOBAL COMPETITIVENESS

M.V. Kurnikova  

Samara State University of Economics,
Samara, Russian Federation

 mvkurnikova@gmail.com

Abstract. Amidst sanctions pressure, ensuring technological sovereignty has become a critical factor for Russia's national security and economic resilience. This study focuses on technological maturity of regions – a key prerequisite for achieving national technological sovereignty and global competitiveness. In this article, technological maturity is defined as a composite indicator of a region's capacity to generate, adopt and apply technologies, encompassing four key aspects: innovation potential (patents, R&D, innovation activity), infrastructure (technoparks, ICT, fixed-asset renewal), human resources (scientific personnel, education, digital literacy) and production capabilities (output of high-tech products, volume and growth of industrial production). The research aims to develop a comprehensive methodology for assessing regional technological maturity, identify spatial disparities and justify differentiated strategic recommendations (policy vectors) for development. The proposed methodology integrates four complementary blocks, consisting of 16 indicators, selected to cover the entire technology cycle (knowledge generation, infrastructural support, human capital, production implementation). Using normalized data and weight coefficients (Saaty method), a composite index was calculated, enabling classification of regions into three typological groups: leaders (Moscow, St. Petersburg, the Republic of Tatarstan), moderately developed territories and lagging regions (North Caucasus republics, a number of regions of the Far Eastern Federal District etc.). Results reveal extreme polarization (up to a 20-fold index gap between leaders and laggards) and significant interregional differentiation in technological maturity. Key challenges include digital inequality (a 14-fold difference in internet access) and the paradox of plenty (high GRP coupled with low innovation activity). For each group, specific strategic priorities (vectors) were developed to enhance technological maturity as the foundation for sovereignty and competitiveness, prioritizing realistic goals for each region type. The practical value of the research lies in creating a diagnostic tool for regional disparities and formulating targeted strategies that combine federal initiatives with strengthening territories' unique export potential. The study demonstrates that bridging technological gaps requires a differentiated approach accounting for regional resource and institutional specificities. Future research will expand the indicator system to incorporate sectoral specifics and deepen the analysis of linkages between regional technological sovereignty factors and global competitiveness.

Keywords: region, technological sovereignty, technological maturity of regions, innovation potential, global competitiveness, strategy

Citation: Kurnikova M.V. (2025) Assessing the technological maturity of Russian regions as a foundation for their technological sovereignty and global competitiveness. *П-Еconomy*, 18 (4), 105–123. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18406>



Введение

В современных условиях геополитической напряженности и санкционного давления достижение технологического суверенитета стало стратегическим императивом национальной безопасности и экономической устойчивости России и, следовательно, одним из ключевых объектов государственной политики. Неслучайно усилия государства в этой сфере направлены на создание условий для разработки и внедрения отечественных наукоемких технологий, сокращение зависимости от внешних поставщиков и укрепление научно-технологического потенциала страны. При этом фундаментальной предпосылкой как для обеспечения технологического суверенитета, так и для укрепления глобальной конкурентоспособности страны является технологическая зрелость ее региональных экономик, понимаемая в данном исследовании как интегральное состояние текущего технологического потенциала территории, отражающее уровень ее готовности к созданию, внедрению и использованию критических технологий. Выраженная пространственная дифференциация уровня этой зрелости делает актуальной разработку методик ее комплексной оценки, что позволит сформировать эффективные стратегии технологического развития, направленные на повышение этого уровня.

Актуальность исследования

Под влиянием масштабных сдвигов в формате международных отношений и глобальных вызовов понятие суверенитета государства эволюционировало из узкого толкования как самостоятельности и независимости сугубо политических решений государства в пределах собственных границ в расширительные трактовки, охватывающие, помимо политической сферы общественных отношений, еще и духовную, экономическую, культурную и др. сферы. В последние годы на фоне кардинальных изменений в глобальной технологической сфере широкое распространение получила категория «технологический суверенитет», ставшая предметом активного изучения.

Современное состояние области исследований технологического суверенитета характеризуется активным поиском методологических основ и стратегических подходов к его обеспечению в условиях глобальной нестабильности и санкционных ограничений [1, 2]. При этом ключевым трендом последнего времени становится осознание необходимости перехода от реактивных мер импортозамещения к системному долгосрочному стратегированию, что наиболее полно и концептуально обосновано в работе [3]. Авторы аргументированно утверждают, что достижение технологического суверенитета требует строгого следования методологии стратегирования с акцентом на отраслевое, финансовое и кадровое стратегирование как на неотъемлемые компоненты единой национальной стратегии перехода к технологической независимости.

Указанные работы закладывают критически важную методологическую основу для обеспечения технологического суверенитета на национальном уровне, в то время как региональный аспект, и в частности диагностика уровня технологической зрелости как фундаментальной предпосылки суверенитета и конкурентоспособности, остается недостаточно изученным. Существующие ключевые исследования, посвященные технологическому развитию регионов, фокусируются преимущественно либо на узкоспециализированных вопросах (таких как развитие стартап-экосистем) [4, 5], либо на теоретическом осмыслении региональной специфики технологического суверенитета [6], не предлагая комплексной методики оценки технологической зрелости в ее взаимосвязи с глобальной конкурентоспособностью для различных типов региональных экономических систем. Настоящее исследование призвано восполнить этот пробел путем разработки системы показателей, оценки уровня технологической зрелости регионов России и анализа ее влияния на потенциал обеспечения технологического суверенитета и глобальной конкурентоспособности. Важно отметить, что в контексте данного исследования понятия «технологический суверенитет» и «глобальная конкурентоспособность» рассматриваются применительно к регионам следующим образом:

1) *технологический суверенитет региона* понимается как его способность разрабатывать, внедрять и контролировать критические для своего устойчивого развития и специализации технологии, минимизируя зависимость от внешних поставщиков (включая другие регионы страны) в ключевых отраслях, и вносить вклад в общегосударственный технологический суверенитет через развитие уникальных компетенций;

2) *глобальная конкурентоспособность региона* трактуется как его способность производить товары и услуги, отвечающие требованиям международных рынков, эффективно интегрироваться в глобальные цепочки создания стоимости на основе собственных технологических преимуществ и специализации.

Таким образом, в исследовании представлен регионоцентричный подход, который:

1) позволяет оценить уровень технологической зрелости и выявить специфические факторы, определяющие ее для разных типов регионов;

2) обосновывает необходимость дифференцированных стратегий развития, направленных на повышение технологической зрелости и, как следствие, укрепление суверенитета и конкурентоспособности, сочетающих федеральные инициативы (импортозамещение, НОЦ) с усилением экспортного потенциала конкретных территорий на основе их уникальных возможностей.

Литературный обзор

В самом общем виде технологический суверенитет на национальном уровне принято трактовать как способность страны контролировать критические технологии, обеспечивая экономическую независимость и безопасность [7, 8]. Исследования факторов, его обеспечивающих, активно ведутся на стыке экономических [9, 10], управленческих [11], инновационных [12] и институциональных [13] дисциплин. При этом комплексная оценка текущего состояния технологического потенциала территории (в нашем понимании — ее *технологической зрелости*) выступает необходимой основой для диагностики возможностей и ограничений в достижении технологического суверенитета.

Анализ зарубежных публикаций по тематике технологического суверенитета показывает его эволюцию от глобализации к регионализации экономических моделей. В работах ученых из ЕС [14, 15] и других стран явно отражается дилемма между открытостью и безопасностью. Европейская политика, представленная программами типа Horizon Europe, направлена на стимулирование научно-технического прогресса и расширение международного сотрудничества, одновременно вводя меры по ограничению экспорта критически важных технологий и осуществляя инвестиционный скрининг для защиты стратегических секторов. Ученые подчеркивают важность развития внутренних технологических возможностей через инновации и диверсификацию технологических портфелей [16], а также необходимость адаптации технологий к местным условиям с учетом устойчивого развития и вовлечения местных сообществ [17]. Эти подходы предполагают необходимость глубокой оценки технологической зрелости регионов как для выстраивания внутренней устойчивости, так и для определения возможностей интеграции в глобальные цепочки, т.е. глобальной конкурентоспособности.

Отдельное внимание уделяется экологическим аспектам и развитию «зеленых» технологий, где успешность их распространения зависит не только от технических инноваций, но и от политических, социальных и экономических условий [18]. Это расширяет понимание технологического суверенитета, связывая его с устойчивостью и долгосрочной конкурентоспособностью регионов и стран. Важным элементом является также анализ стратегий технологического приобретения и управления инновациями в ведущих азиатских экономиках, где технологические возможности фирм и регионов определяют выбор моделей интеграции в глобальные рынки [19].

В отличие от русскоязычных исследований, которые часто сосредоточены на институциональных барьерах [20], государственной поддержке [21] и импортозамещении [22] в контексте технологического суверенитета, зарубежные ученые предлагают более гибкие и адаптивные



стратегии технологического развития, демонстрирующие переход от жестких моделей закрытости к комплексным моделям региональной интеграции в глобальные цепочки добавленной стоимости, что является важным ориентиром для совершенствования российских подходов в данной исследовательской области. Ключевым элементом таких стратегий является точная диагностика уровня технологической зрелости территорий.

Исследования факторов, лежащих в основе технологического суверенитета, выделяют комплекс взаимосвязанных экономических, институциональных и инновационных условий, обеспечивающих независимость и устойчивое развитие технологической базы страны. В отечественной научной литературе ключевыми факторами технологического суверенитета считаются инвестиции в науку и инновации, уровень финансирования НИОКР, готовность к внедрению новых технологий [23, 24], а также социально-экономическое воздействие инноваций [25]. Особое значение придается формированию прочной научной базы и развитию человеческого капитала с высоким уровнем образования, инновационности и гибкости, способного эффективно применять и совершенствовать технологии [26, 27]. Диагностика технологического суверенитета требует многокритериального подхода с учетом отраслевых особенностей, мировых трендов и национальных приоритетов [28], что позволяет выявлять слабые места и формировать эффективные меры поддержки. Таким образом, технологический суверенитет рассматривается как результат системного взаимодействия *производственных (отраслевых), кадровых, инвестиционных и инновационных* факторов, направленных на обеспечение технологической безопасности и конкурентоспособности страны в условиях глобальных вызовов. Перечисленные группы факторов по сути формируют основу для оценки *технологической зрелости* региона, понимаемой в контексте нашего исследования как *интегральный показатель его текущего технологического потенциала, который является необходимым условием для достижения технологического суверенитета*.

Региональные аспекты технологического суверенитета и конкурентоспособности исследуются с позиций определения приоритетных направлений государственного регулирования, использования конкурентных преимуществ региональных производителей, развития специализации и предпринимательства, а также повышения эффективности использования высококвалифицированного труда [29]. Существенное место занимает анализ факторов, влияющих на конкурентоспособность регионов: наличие природных и человеческих ресурсов, уровень развития инфраструктуры, инновационный потенциал, институциональная среда, качество образования и подготовки кадров, доступ к критическим технологиям, степень импортозависимости, а также эффективность государственной поддержки инновационных предприятий [30, 31]. Анализ этих факторов также вносит вклад в понимание составляющих технологической зрелости.

Несмотря на значительный вклад в исследование факторов технологического суверенитета и конкурентоспособности, в научной литературе сохраняются принципиальные пробелы. Среди них – отсутствие комплексных методик, позволяющих системно оценивать именно текущее состояние технологического потенциала (технологическую зрелость) регионов с учетом интеграции инноваций, кадров, производства и инвестиций в единый диагностический инструмент. Существующие подходы фрагментарны, акцентируют внимание на отдельных аспектах технологического развития – цифровизации [32], импортозамещении [33], инвестиционных проектах [34, 35] – и не отражают всей полноты региональных различий и специфики. Не разработаны интегрированные рейтинги и типологии регионов по уровню технологической зрелости, а также отсутствуют дифференцированные стратегии развития, направленные на повышение технологической зрелости как основы для достижения суверенитета и глобальной конкурентоспособности для различных типов регионов, что препятствует практической реализации концепции в российских условиях.

Цель исследования

Целью статьи является разработка и апробация методики комплексной оценки текущего состояния технологического потенциала (технологической зрелости) российских регионов на основе анализа ключевых факторов – инновационного потенциала, кадровых ресурсов, производственного развития и инвестиционной активности, – а также формирование типологии регионов по уровню технологической зрелости и обоснование дифференцированных стратегий, направленных на повышение технологической зрелости как основы для укрепления технологического суверенитета и глобальной конкурентоспособности регионов. Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

- 1) проведен критический анализ существующих подходов к оценке технологического развития регионов;
- 2) предложена система показателей по четырем блокам, разработан алгоритм нормализации и агрегирования данных;
- 3) осуществлена типология регионов на основе рассчитанного интегрального индекса, выделены группы регионов по уровню технологической зрелости;
- 4) сформулированы стратегические векторы повышения технологической зрелости для каждой группы с учетом их ресурсных, институциональных и структурных особенностей и их вклада в укрепление технологического суверенитета и глобальной конкурентоспособности.

Объектом исследования выступают субъекты Российской Федерации, *предметом* – процессы формирования и развития факторов, определяющих уровень технологической зрелости региональных экономик.

Методология исследования

Критический анализ существующих подходов к оценке технологического развития регионов России, проведенный выше, показывает, что большинство методик строится вокруг оценки отдельных аспектов – инновационной активности, цифровизации, производственного и инвестиционного потенциала, кадрового обеспечения. Однако эти подходы, как правило, изолированы друг от друга и не позволяют получить целостную картину технологической зрелости региона. В то же время государственные стратегические документы (Стратегия научно-технологического развития, национальные проекты, Стратегия пространственного развития) задают приоритеты в области импортозамещения, создания научно-образовательных центров и развития высокотехнологичных отраслей, но не формируют единой системы комплексной диагностики технологической зрелости и региональных различий в ней.

В зарубежной же практике интеграция факторов инноваций, кадров, производства и инвестиций в единую систему оценки является стандартом стратегического планирования [16, 17, 19]. Такой подход позволяет не только выявлять сильные и слабые стороны территорий, но и разрабатывать дифференцированные стратегии развития с учетом локальных особенностей. В отечественных исследованиях, напротив, наблюдается фрагментарность: рейтинги цифровой зрелости концентрируются на ИТ-инфраструктуре [32], оценки промышленного потенциала – на объемах производства [36], а кадровые индикаторы зачастую рассматриваются вне связи с инновационной и производственной динамикой [26]. Это приводит к недооценке структурных дисбалансов, неравномерности распределения человеческого капитала и инновационных ресурсов, а также к невозможности формирования эффективных стратегий достижения технологического суверенитета для разных типов регионов и ограничивает потенциал их конкурентоспособности.

Исходя из выявленных ограничений отечественных исследований и опираясь на лучшие зарубежные практики, в настоящем исследовании предлагается комплексная методика оценки технологической зрелости регионов России. Выбор четырех ключевых групп факторов и

конкретных индикаторов (табл. 1) обусловлен необходимостью охватить весь цикл формирования и реализации технологического потенциала региона:

1) **инновационный потенциал** – отражает способность генерировать новые знания и технологии (патенты, затраты на НИОКР) и внедрять их в практику (доля инновационно-активных фирм и продукции). По нашему мнению, представляет собой ядро технологической зрелости, определяющее способность к технологическому обновлению [23, 24, 28];

2) **инфраструктура** – характеризует материально-техническую базу, необходимую для разработки, внедрения и использования технологий (технопарки, ИКТ-инфраструктура, обновление основных фондов в обрабатывающей промышленности, инвестиции в нее) и обеспечивает среду для реализации инноваций [16, 17, 32];

3) **кадры** – оценивает человеческий капитал как наличие и качество трудовых ресурсов, способных создавать и применять технологии (научные кадры, ИКТ-компетенции населения, потенциал высшей школы, качество занятых), поскольку представляет собой *ключевой ресурс* для любой технологической деятельности [26, 27];

4) **производство** – демонстрирует результативность использования технологического потенциала, его масштабы и структуру промышленного выпуска, с акцентом на обрабатывающие и высокотехнологичные производства. Показывает, насколько *технологии трансформируются в экономический результат и конкурентоспособную продукцию* [29–31, 36].

Таблица 1. Индикаторы в составе оценки технологической зрелости регионов России
Table 1. Indicators included in the assessment of technological maturity of Russian regions

Элемент оценки	Индикаторы
Инновационный потенциал	– число поданных патентных заявок (на изобретения + на полезные модели), на 10 тыс. чел.; – объем затрат на исследования и разработки (в расчете на душу населения, тыс. руб.); – доля организаций, осуществляющих инновационную деятельность, в общем числе организаций, %; – доля инновационной продукции в общем объеме отгруженной продукции, %
Инфраструктура	– обеспеченность региона технопарками, ед.; – число абонентов фиксированного широкополосного доступа к сети Интернет на 100 человек населения; – коэффициент обновления основных фондов в обрабатывающей промышленности, %; – инвестиции в обрабатывающую промышленность на душу населения, руб.
Кадры	– число занятых в научно-исследовательской сфере (на 10 тыс. человек); – уровень цифровой грамотности населения – доля пользователей интернета, %; – численность студентов, обучающихся по программам бакалавриата, специалитета, магистратуры на 10 000 человек населения; – уровень занятости населения с высшим образованием, %
Производство	– индекс промышленного производства; – объем отгруженных товаров (обрабатывающей промышленности) собственного производства, тыс. руб. на чел.; – доля обрабатывающих производств в ВРП, %; – удельный вес производства компьютеров, электронных и оптических изделий и производства машин и оборудования в общем объеме промышленного производства, %.

Источник: разработано автором.

Таким образом, предложенная в рамках исследования система индикаторов охватывает все этапы технологического цикла: генерация знаний (*инновационный потенциал*) → инфраструктурная поддержка (*инфраструктура*) → человеческий капитал (*кадры*) → производственная реализация (*производство*). При этом данный набор показателей, не претендуя на исчерпывающую

полноту, фокусируется на ключевых, статистически доступных и количественно измеримых аспектах технологической зрелости, что оставляет пространство для его развития в будущих исследованиях (например, за счет включения показателей кооперации или глубины локализации цепочек создания стоимости).

В качестве исходной базы использованы официальные статистические данные по так называемым «старым» субъектам Российской Федерации за 2023 г., по которым имеются полные статистические данные. Для обеспечения сопоставимости разноразмерных показателей применена нормализация методом минимакса по формуле:

$$X_{\text{норм}} = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}. \quad (1)$$

Дальнейшая агрегация нормализованных значений осуществлялась с использованием весовых коэффициентов, определенных методом парных сравнений Саати: инновационный потенциал ($I_{\text{ИП}}$) – 0,35; инфраструктура ($I_{\text{Инф}}$) – 0,1; кадры ($I_{\text{К}}$) – 0,1; производство ($I_{\text{Пр}}$) – 0,45. Итоговый сводный индекс технологической зрелости региона рассчитывался по формуле:

$$I_{\text{зрелость}} = 0,35 \times I_{\text{ИП}} + 0,1 \times I_{\text{Инф}} + 0,1 \times I_{\text{К}} + 0,45 \times I_{\text{Пр}}. \quad (2)$$

На основе рассчитанного индекса проведена типологизация регионов: к лидерам отнесены субъекты, входящие в верхний квартиль распределения, к регионам умеренного развития – средние 50% значений, к аутсайдерам – нижний квартиль.

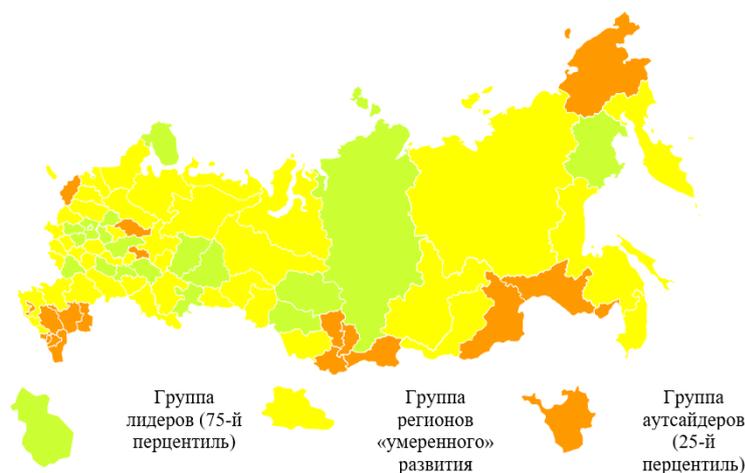
Такой подход позволил выявить пространственные дисбалансы, определить сильные и слабые стороны регионов и сформулировать дифференцированные стратегические векторы развития для каждого типа региона. В отличие от полноценных стратегий, разрабатываемых регионами в соответствии с Федеральным законом № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации», предлагаемые стратегические векторы развития содержат лишь научно-обоснованные рекомендации для информирования разработки таких стратегий (например, разделов по технологическому развитию) в части целевых ориентиров по четырем блокам (инновации, инфраструктура, кадры, производство) с учетом специфики группы и направлены на последующее укрепление технологического суверенитета и глобальной конкурентоспособности как следствия роста технологической зрелости.

Результаты и обсуждение

Анализ региональных различий по всем ключевым группам факторов, формирующих технологическую зрелость, – инновационному потенциалу, инфраструктуре, кадровым ресурсам и производственному развитию – выявил значительную неоднородность субъектов Российской Федерации как по средним значениям, так и по диапазону вариаций (табл. 2).

Лидирующие позиции по числу патентных заявок, объему затрат на исследования и разработки, а также уровню инновационной активности сосредоточены преимущественно в Москве и ряде экономически развитых регионов, что отражает концентрацию научно-технического потенциала и финансовых ресурсов в крупнейших центрах страны и обуславливает их высокий уровень технологической зрелости. Эти регионы демонстрируют высокую динамику создания новых технологий, активное внедрение инновационных продуктов и устойчивый рост инновационной продукции в общем объеме выпуска. В то же время значительная часть автономных округов и республик характеризуется минимальными значениями по большинству инновационных индикаторов.

Результатом расчета интегрального индекса технологической зрелости по формуле (2) стало распределение субъектов РФ на три группы (рис. 1 и табл. 3).



Источник: составлено по результатам авторских расчетов.

Рис. 1. Группы регионов по уровню технологической зрелости

Fig. 1. Groups of regions by level of technological maturity

Пространственный анализ технологической и экономической (в контексте глобальных рынков) зрелости российских регионов выявил выраженную поляризацию, характеризующуюся значительным разрывом между лидерами и аутсайдерами. Так, г. Москва, г. Санкт-Петербург и Нижегородская область демонстрируют высокие значения сводного индекса технологической зрелости (соответственно 17,59; 13,96; 15,21), что отражается в интенсивной патентной активности, значительных инвестициях в НИОКР и высоком уровне занятости в наукоемких секторах. В то же время регионы Северного Кавказа, включая Чеченскую Республику и Республику Ингушетию, занимают низшие позиции (0,82 и 0,79), что свидетельствует о слабом развитии инновационной деятельности, ограниченном доступе к современным технологиям и низкой квалификации кадров, существенно ограничивающих их возможности в достижении технологического суверенитета и конкурентоспособности.

Особый парадокс наблюдается в ресурсно-сырьевых регионах, таких как Ямало-Ненецкий и Ханты-Мансийский автономные округа, где несмотря на высокие показатели ВВП на душу населения (в ЯНАО – 10,5 млн руб. в 2022 г.), инновационная активность остается крайне низкой (доля инновационной продукции менее 1%, коэффициент обновления основных фондов в пределах 2,7–5,9%). Это объясняется доминированием добывающих отраслей, которые ограничивают диверсификацию экономики и создание добавленной стоимости, не способствуя росту технологической зрелости. Аналогично периферийные регионы Дальнего Востока и Северного Кавказа испытывают острый дефицит инновационной активности и инфраструктуры: низкая патентная активность (0–2,4 патента на 10 тыс. чел.), слабое развитие цифровой и транспортной инфраструктуры (например, всего 9,9 абонентов широкополосного интернета на 100 чел. в Республике Тыва), а также демографические вызовы, включая отток молодежи (на Чукотке – 26 студентов на 10 тыс. чел.), усугубляют периферийный статус этих территорий и низкий уровень технологической зрелости.

Города Москва и Санкт-Петербург выступают регионами с наивысшим уровнем технологической зрелости, обладая в 5–8 раз большим числом патентов на 10 тыс. чел. по сравнению со средним по стране, а также высоким уровнем образования занятых в наукоемких секторах (58% с высшим образованием). Именно высокий уровень технологической зрелости создает основу для их роли как центров технологического суверенитета страны. Вместе с тем сохраняется значительное цифровое неравенство: доступ к интернету в столице в 14 раз

Таблица 2. Основные показатели технологической зрелости регионов России: средние значения и региональные экстремумы
Table 2. Key indicators of technological maturity of Russian regions: average values and regional extremes

Группа показателей	Показатель	Среднее значение по РФ	Регион(ы) с максимальным значением показателя	Регион(ы) с минимальным значением показателя
Инновационный потенциал	Число поданных патентных заявок (на изобретения + на полезные модели), на 10 тыс. человек, ед.	2,06	г. Москва – 5,95	Чукотский АО – 0
	Доля организаций, осуществляющих инновационную деятельность, в общем числе организаций, %	11,3	Респ. Татарстан – 33,6	Респ. Ингушетия – 1,4
	Объем затрат на исследования и разработки (в расчете на душу населения), руб.	11288,25	г. Москва – 44817,1	Респ. Ингушетия – 160,09
	Доля инновационной продукции в общем объеме отгруженной продукции, %	6	Архангельская обл. без АО – 25,4	Сахалинская обл. – 0
Инфраструктура	Обеспеченность региона технопарками, ед.	125 (всего)	г. Москва – 40	46 регионов – 0
	Коэффициент обновления основных фондов в обрабатывающей промышленности, %	10,8	Амурская обл. – 82,5%	Тюменская обл. без АО – 1,5%
	Число абонентов фиксированного широкополосного доступа к сети Интернет на 100 человек населения, ед.	25,1	Респ. Карелия – 40,2	Респ. Ингушетия – 2,5
	Инвестиции в обрабатывающую промышленность на душу населения, руб.	30162,7	Амурская обл. – 444607,3	Кабардино-Балкарская Респ. – 603,5
Кадры	Число занятых в научно-исследовательской сфере (на 10 тыс. человек), чел.	45,9	г. Москва – 160	Еврейская АО, Чукотский АО – 0
	Численность студентов, обучающихся по программам бакалавриата, специалитета, магистратуры на 10 тыс. чел. населения, чел.	296	г. Москва – 707	Ямало-Ненецкий АО – 2
	Уровень цифровой грамотности населения – доля пользователей интернета, %	94,1	Чукотский АО – 99,7	Орловская обл. – 82,5
	Уровень занятости населения с высшим образованием, %	35,4	г. Москва – 58,1	Новгородская обл. – 21
	Индекс промышленного производства	104,1	Камчатский край – 130,9	Магаданская обл. – 92,9
	Доля обрабатывающих производств в ВРП, %	16,3	Вологодская обл. – 51,6	Ненецкий АО – 0,1
	Объем отгруженных товаров (обрабатывающей промышленности) собственного производства, тыс. руб на чел.	510,25	Чукотский АО – 2622,44	Респ. Калмыкия – 4,43
	Удельный вес производства компьютеров, электронных и оптических изделий и производства машин и оборудования в общем объеме промышленного производства, %	17,1	Респ. Бурятия – 1,4/66,7* *удельный вес производства компьютеров, электронных и оптических изделий/удельный вес машин и оборудования	Ненецкий АО, Респ. Ингушетия, Респ. Тыва, Магаданская обл., Чукотский АО – 0

Источник: рассчитано автором по данным статистического сборника «Регионы России. Социально-экономические показатели»¹.

¹ Регионы России. Социально-экономические показатели (2024) М., Росстат.

выше, чем в наиболее отсталых регионах, что ограничивает возможности периферии в образовательной и инновационной сферах. Важную роль играет развитая научно-образовательная инфраструктура, способствующая диффузии технологий в соседние регионы (Московская, Ленинградская, Калужская области), где показатели технологической зрелости выше среднего, но все еще зависят от столичных центров.

Таблица 3. Распределение субъектов РФ по группам в соответствии с уровнем технологической зрелости
Table 3. Distribution of the subjects of the Russian Federation
by groups according to the level of technological maturity

Федеральный округ	Лидеры	Регионы умеренного развития	Аутсайдеры
ЦФО	г. Москва (17,59), Московская обл. (10,70), Калужская обл. (8,10), Ярославская обл. (6,64), Воронежская обл. (5,52), Тульская обл. (4,77), Владимирская обл. (4,54)	Рязанская обл. (3,14), Тверская обл. (3,12), Курская обл. (3,11), Орловская обл. (2,33), Белгородская обл. (2,09), Смоленская обл. (2,07), Ивановская обл. (1,78), Липецкая обл. (1,77), Тамбовская обл. (1,70), Брянская обл. (1,66)	Костромская обл. (1,24)
СЗФО	г. Санкт-Петербург (13,96), Мурманская обл. (3,95)	Ленинградская обл. (3,88), Новгородская обл. (2,91), Респ. Карелия (2,88), Респ. Коми (2,55), Архангельская обл. (1,99), Вологодская обл. (1,98), Калининградская обл. (1,93)	Псковская обл. (1,38)
ЮФО	–	Ростовская обл. (3,73), г. Севастополь (3,14), Волгоградская обл. (2,26), Краснодарский край (1,82)	Респ. Крым (1,66), Астраханская обл. (1,40), Респ. Калмыкия (1,33), Респ. Адыгея (1,23)
СКФО	–	Респ. Дагестан (1,20)	Все остальные регионы округа
ПФО	Нижегородская обл. (15,21), Респ. Татарстан (5,45), Пермский край (5,14), Ульяновская обл. (5,12), Пензенская обл. (4,45)	Самарская обл. (3,80), Саратовская обл. (3,42), Респ. Удмуртия (2,90), Респ. Мордовия (2,51), Кировская обл. (2,49), Респ. Чувашия (2,40), Оренбургская обл. (1,76)	Респ. Марий Эл (1,61)
УФО	Челябинская обл. (6,02), Свердловская обл. (5,95), Тюменская обл. с АО (4,72)	Курганская обл. (2,08)	
СФО	Томская обл. (10,15), Новосибирская обл. (8,24), Красноярский край (4,06)	Омская обл. (3,59), Иркутская обл. (2,45), Алтайский край (2,21)	Респ. Тыва (1,36), Респ. Алтай (1,10), Кемеровская обл. (1,07), Респ. Хакасия (0,94)
ДВФО	Магаданская обл. (4,13)	Приморский край (3,71), Камчатский край (3,58), Сахалинская обл. (2,01), Хабаровский край (1,94), Респ. Бурятия (1,89)	Амурская обл. (1,62), Забайкальский край (1,06), Чукотский АО (0,93), Еврейская АО (0,28)

Источник: рассчитано автором. Примечание: в скобках указано суммарное значение индекса технологической зрелости.

Несмотря на высокий уровень технологической зрелости, даже ведущие регионы сталкиваются с вызовами в интеграции в глобальные инновационные цепочки (например, экспорт высокотехнологичной продукции в Республике Татарстан не превышает 5%), что указывает на проблемы в реализации их конкурентоспособного потенциала, заложенного высоким уровнем технологической зрелости. В сырьевых и промышленных регионах сохраняется высокая импортозависимость, обусловленная недостатком отечественных аналогов и фрагментарным характером импортозамещения, зачастую сводящимся к сборочным операциям.

Все вышеназванные факторы подчеркивают необходимость адресных и комплексных стратегий, учитывающих особенности каждого региона для повышения их технологической зрелости. Ее рост является основой для сокращения технологического разрыва, укрепления технологического суверенитета и повышения глобальной конкурентоспособности страны в целом.

Предложенные далее стратегические векторы развития (табл. 4) носят рамочный характер и не претендуют на детальную проработку конкретных мер и инструментов. В рамках данной статьи под «стратегическими векторами» понимаются общие, приоритетные направления действий, задающие ориентиры для разработки полноценных региональных стратегий. Их основная задача – сформировать фокус для дальнейшей детализации и адаптации с учетом уникальных условий и ресурсов каждого региона. Такой подход способствует формированию гибких и реалистичных планов развития, способных учитывать динамику внешних и внутренних факторов, а также стимулировать координацию усилий различных уровней власти и участников регионального инновационного процесса.

Таблица 4. Стратегические векторы развития для повышения технологической зрелости регионов
Table 4. Strategic vectors for enhancing technological maturity of regions

Типы регионов	Регионы-лидеры	Регионы умеренного развития	Аутсайдеры
Общая цель	Закрепить глобальную конкурентоспособность	Перейти от традиционной промышленности к высокотехнологичной	Снизить зависимость от дотаций через развитие перерабатывающих отраслей и МСП
Инновации	Выход на глобальные рынки, создание глобальных R&D-центров (биотех, квантовые технологии)	Внедрение цифровых технологий на предприятиях (цифровые двойники, IoT), создание региональных инновационных кластеров	Внедрение базовых цифровых решений (ERP-системы, автоматизация), развитие сельхоз- и туринноваций
Инфраструктура	Развитие «умных городов», 5G-сетей, центров обработки данных	Модернизация транспортной логистики, реконструкция промзон	Строительство дорог, расширение доступа к ШПД, создание промышленных парков для МСП
Кадры	Международные обмены вузов	Корпоративные университеты при заводах	Привлечение молодежи с ВО, стипендии для абитуриентов
Производство	Выпуск высокотехнологичной продукции (микроэлектроника, робототехника)	Локализация цепочек поставок, модернизация через цифровизацию и импортозамещение	Развитие перерабатывающих отраслей (агро-, деревообработка), поддержка малых производств

Источник: разработано автором.

Предложенные стратегические векторы направлены на повышение уровня технологической зрелости как фундаментальной основы для достижения технологического суверенитета и

глобальной конкурентоспособности. Для лидеров ключевой задачей является развитие передовых инноваций и высокотехнологичной инфраструктуры при акценте на внутренние ресурсы и национальные научно-образовательные связи, учитывая ограниченную открытость экономики и внешние ограничения [37]. Регионы умеренного развития должны сосредоточиться на цифровизации традиционных отраслей и формировании инновационных кластеров, обеспечивая постепенный переход к более сложным технологическим моделям отраслевой структуры. В то же время для аутсайдеров, у которых отсутствуют ресурсы и предпосылки для достижения технологического лидерства, целесообразно сосредоточиться на развитии базовых цифровых решений, перерабатывающих отраслей и поддержки малого бизнеса, что снижает их зависимость от внешних дотаций и создает реалистичную основу для экономического роста. Таким образом, в предлагаемых рекомендациях учтен важный вопрос реалистичности: региональное развитие направлено на достижение более высокого уровня технологической зрелости, соответствующего текущим возможностям региона, что в перспективе будет способствовать укреплению его позиций в аспектах суверенитета и конкурентоспособности.

Заключение

Проведенное исследование позволило преодолеть методологические ограничения существующих подходов к оценке технологической зрелости регионов, для которых характерна разрозненность показателей и отсутствие комплексных критериев. В рамках данной работы:

1. Выявлены ключевые ограничения существующих подходов к оценке уровня технологической зрелости (как текущего состояния) регионов: фрагментарность оценивания отдельных аспектов технологического развития (инновации, цифровизация, производство) и отсутствие комплексных методик оценки именно технологической зрелости как интегрального показателя.

2. Разработана и апробирована оригинальная методика оценивания технологической зрелости регионов, включающая систему показателей, интегрирующих четыре ключевых аспекта технологической зрелости: способность генерировать знания (патенты, НИОКР), инфраструктурную обеспеченность (технопарки, цифровые сети), человеческий капитал (научные кадры, образовательный потенциал) и эффективность производственных систем (объемы high-tech продукции, диверсификация отраслей). Предложен алгоритм нормализации и агрегации данных с весовыми коэффициентами (метод Саати), где инновации и производственная модернизация признаны приоритетными факторами технологической зрелости (35% и 45% соответственно).

3. Проведена типология регионов по уровню технологической зрелости – лидеры (г. Москва, г. Санкт-Петербург, Нижегородская область и др.), формирующие «технологический фронт» страны; регионы умеренного развития (Ленинградская, Самарская области и др.), обладающие потенциалом для перехода к наукоемкой экономике; и аутсайдеры (республики Северного Кавказа, восточные автономные округа и др.), требующие преодоления инфраструктурных и кадровых дефицитов, что позволило выявить пространственные дисбалансы и структурные особенности региональных экономик.

4. Сформулированы дифференцированные стратегические векторы развития для повышения технологической зрелости каждой группы регионов с учетом их ресурсных, институциональных и структурных характеристик.

Полученные результаты доказывают, что преодоление региональных диспропорций требует дифференцированной политики технологического развития, направленной на повышение технологической зрелости как основы для:

- 1) трансформации ресурсной зависимости в инновационную специализацию;
- 2) синхронизации федеральных инициатив с уникальными возможностями территорий;
- 3) укрепления технологического суверенитета и глобальной конкурентоспособности.



Предложенная методика оценки технологической зрелости и типология регионов создают инструментальную основу для разработки эффективных региональных стратегий технологического развития.

Направления дальнейших исследований

Направления дальнейших исследований могут включать разработку методов прогнозирования динамики технологической зрелости регионов с учетом макроэкономических и геополитических факторов. Для исследования возможностей и ограничений достижения регионами России технологического суверенитета и глобальной конкурентоспособности необходимо углубить анализ влияния институциональных условий и региональных политик на инновационное развитие. Также требуется расширение базы данных за счет включения новых показателей цифровизации и эффективности производственных систем, что обеспечит более комплексное понимание текущих процессов. Особое внимание следует уделить исследованию возможностей трансформации высокого уровня технологической зрелости в снижение критической импортозависимости, развитие собственных технологических компетенций регионов, а также рост экспорта высокотехнологичной продукции на зарубежные рынки.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Петров М.Н., Филиппов Я.С. (2023) Технологический суверенитет: основные принципы концепции национальной научно-технологической безопасности. *Вопросы инновационной экономики*, 13 (3), 1185–1198. DOI: <https://doi.org/10.18334/vin.ec.13.3.118646>
2. Степанова Т.Д. (2022) Технологический суверенитет России как элемент экономической безопасности. *Экономика: вчера, сегодня, завтра*, 12 (9-1), 567–577. DOI: <https://doi.org/10.34670/AR.2022.19.76.044>
3. Квинт В.Л., Новикова И.В., Алимуратов М.К., Сасаев Н.И. (2022) Стратегирование технологического суверенитета национальной экономики. *Управленческое консультирование*, 9 (165), 57–67. DOI: <https://doi.org/10.22394/1726-1139-2022-9-57-67>
4. Алтуфьева Т.Ю. (2024) Вовлечение малых технологических компаний в укрепление технологического суверенитета регионов РФ в условиях санкционного давления. *Инновационные технологии управления социально-экономическим развитием регионов России*, 193–201. DOI: <https://doi.org/10.31040/978-5-6051263-4-8>
5. Алтуфьева Т.Ю. (2024) Технологические стартапы: создание и продвижение в целях укрепления технологического суверенитета регионов РФ. *Развитие малого и среднего предпринимательства: проблемы и перспективы*, 5–10.
6. Тимофеев Р.А., Киямов И.К., Авхадиева Э.А. (2023) К вопросу о технологическом суверенитете региональных социально-экономических систем (на примере Республики Татарстан). *Финансовый бизнес*, 12 (246), 91–93.
7. Медведева М.Б. (2023) Технологический суверенитет как фактор конкурентоспособности национальной экономики. *Банковские услуги*, 9, 31–38. DOI: https://doi.org/10.36992/2075-1915_2023_09_31
8. Mewes L., Broekel T. (2022) Technological complexity and economic growth of regions. *Research Policy*, 51 (8), art. no. 104156. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2020.104156>
9. Лебедева Ю.А. (2023) Условия обеспечения технологического суверенитета в Российской Федерации. *Муниципальная академия*, 2, 116–121. DOI: https://doi.org/10.52176/2304831X_2023_02_116
10. Забудькова И.В., Ольхова Л.А., Касымова Д.М. (2023) Укрепление технологического суверенитета как основа устойчивого развития Российской экономики. *Научное обозрение: теория и практика*, 13 (2(96)), 294–306. DOI: <https://doi.org/10.35679/2226-0226-2023-13-2-294-306>
11. Грандонян К.А., Бехер В.В., Киселева О.Н., Солдунов А.В. (2023) О драйверах достижения технологического суверенитета России в современных условиях. *Основы экономики, управления и права*, 2 (37), 78–82. DOI: https://doi.org/10.51608/23058641_2023_2_78

12. Паньшин И.В. (2023) Обеспечение технологического суверенитета и достижение технологического лидерства – императив инновационного развития России. *Экономика и предпринимательство*, 8 (157), 171–178. DOI: <https://doi.org/10.34925/EIP.2023.157.8.027>
13. Безруков А.О., Мамонов М.В., Сучков М.А., Сушенцов А.А. (2021) Суверенитет и «цифра». *Россия в глобальной политике*, 19 (2 (108)), 106–119.
14. Rothwell R., Dodgson M. (1992) European technology policy evolution: convergence towards SMEs and regional technology transfer. *Technovation*, 12 (4), 223–238. DOI: [https://doi.org/10.1016/0166-4972\(92\)90044-I](https://doi.org/10.1016/0166-4972(92)90044-I)
15. Nevado Peña D., López Ruiz V.R., Alfaro Navarro J.L. (2020) An analysis of the key role of human and technological development in the smart specialization of smart European regions. *Information Technology for Development*, 26 (4), 728–741. DOI: <https://doi.org/10.1080/02681102.2019.1704675>
16. Ceipek R., Hautz J., Mayer M.C.J., Matzler K. (2019) Technological diversification: A systematic review of antecedents, outcomes and moderating effects. *International Journal of Management Reviews*, 21 (4), 466–497. DOI: <https://doi.org/10.1111/ijmr.12205>
17. Patnaik J., Bhowmick B. (2022) Determining appropriateness for management of appropriate technology: an empirical study using factor analysis. *Technology Analysis & Strategic Management*, 34 (2), 125–137. DOI: <https://doi.org/10.1080/09537325.2021.1890013>
18. Agan B., Balcilar M. (2022) On the determinants of green technology diffusion: An empirical analysis of economic, social, political, and environmental factors. *Sustainability*, 14 (4), art. no. 2008. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14042008>
19. Hung S.-W., Tang R.-H. (2008) Factors affecting the choice of technology acquisition mode: An empirical analysis of the electronic firms of Japan, Korea and Taiwan. *Technovation*, 28 (9), 551–563. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.TECHNOVATION.2007.10.005>
20. Овчинникова А.В., Тополева Т.Н. (2023) Барьеры становления экосистемы технологического предпринимательства в России. *Управленческие науки*, 13 (3), 71–85. DOI: <https://doi.org/10.26794/2304-022X-2023-13-3-71-85>
21. Оруч Т.А. (2024) Государственная поддержка обеспечения технологического суверенитета: зарубежные практики и российские возможности. *Российский экономический вестник*, 7 (6), 389–396. DOI: <https://doi.org/10.58224/2658-5286-2024-7-6-389-396>
22. Каранатова Л.Г., Елсуков М.Ю. (2025) О стратегии реализации политики импортозамещения и обеспечения технологического суверенитета Российской Федерации. *Управленческое консультирование*, 1 (187), 23–33. DOI: <https://doi.org/10.22394/1726-1139-2025-1-23-33>
23. Демидова С.Е. (2024) Факторы обеспечения технологического суверенитета. *Вестник экономики, права и социологии*, 2, 14–19.
24. Шинкевич А.И., Идрисов А.Э. (2023) Вопросы обеспечения технологического суверенитета России: аспекты цифровизации. *Управление устойчивым развитием*, 3 (46), 10–15. DOI: https://doi.org/10.55421/2499992X_2023_3_10
25. Ишмухаметов Э.М. (2022) Механизм влияния предпринимательских инициатив на развитие регионов. *Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. Серия: Экономика*, 3 (41), 72–78. DOI: <https://doi.org/10.17122/2541-8904-2022-3-41-72-78>
26. Булдакова А.А., Загоруйко Н.А. (2023) Роль человеческого капитала в эпоху укрепления технологического суверенитета России. *Человек. Социум. Общество*, 5, 245–252.
27. Гасанов М.А., Волкова А.Л., Гузырь В.В., Потягайлов С.В. (2022) Структурогенезис человеческого капитала как условие достижения технологического суверенитета. *Философия хозяйства*, 6 (144), 110–126.
28. Юревич М.А. (2023) Технологический суверенитет России: понятие, измерение, возможность достижения. *Вопросы теоретической экономики*, 4 (21), 7–21. DOI: https://doi.org/10.52342/2587-7666VTE_2023_4_7_21
29. Довбий И.П., Минкин А.А., Кобылякова В.В., Кондратов М.В. (2023) Технологический суверенитет России: стратегические установки промышленной политики и концепты региональной повестки. *Вестник Челябинского государственного университета*, 3 (473), 11–22.
30. Нестулаева Д.Р., Авхадиева Э.А. (2023) Укрепление научно-производственного потенциала регионов как ключевой элемент обеспечения технологического суверенитета Российской Федерации (на примере Республики Татарстан). *Вестник экономики, права и социологии*, 4, 96–99.



31. Ефимов А.В., Тихоновская С.А. (2022) Технологический суверенитет России в контексте стратегических целей развития региональной экономики. *Дружковский вестник*, 4 (48), 165–172. DOI: <https://doi.org/10.17213/2312-6469-2022-4-165-172>
32. Chirkunova E.K., Khmeleva G.A., Koroleva E.N., Kurnikova M.V. (2020) Regional Digital Maturity: Design and Strategies. In: *Digital Age: Chances, Challenges and Future* (eds. S. Ashmarina, M. Vochozka, V. Mantulenko), 84, 205–213. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-27015-5_26
33. Хмелева Г.А. (2023) Технологический суверенитет как инструмент обеспечения устойчивого развития экономики региона в условиях санкций. *Вестник евразийской науки*, 15 (3), art. no. 64ECVN323. DOI: <https://doi.org/10.15862/64ECVN323>
34. Соколов А.Б., Филатов В.И. (2023) Новые инструменты инвестиционной поддержки проектов в области технологического суверенитета. *Мир новой экономики*, 17 (3), 91–108. DOI: <https://doi.org/10.26794/2220-6469-2023-17-3-91-108>
35. Бариленко В.И. (2022) Инициация инвестиционных проектов для обеспечения технологического суверенитета России. *РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция*, 4, 146–150. DOI: <https://doi.org/10.56584/1560-8816-2022-4-146-150>
36. Хмелева Г.А., Скреблов Н.И. (2024) Методический подход к оценке конкурентоспособности обрабатывающего сектора региона. *π-Economy*, 17 (6), 94–110. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.17606>
37. Болгова Е.В., Болгов С.А., Курникова М.В. (2024) Ограниченно открытая экономика: региональный аспект. *Региональная экономика: теория и практика*, 4 (523), 629–654. DOI: <https://doi.org/10.24891/re.22.4.629>

REFERENCES

1. Petrov M.N., Filippov Y.S. (2023) Technological sovereignty: basic principles of the concept of national scientific and technological security. *Russian Journal of Innovation Economics*, 13 (3), 1185–1198. DOI: <https://doi.org/10.18334/vinec.13.3.118646>
2. Stepanova T.D. (2022) Technological sovereignty of Russia as an element of economic security. *Economics: Yesterday, Today and Tomorrow*, 12 (9-1), 567–577. DOI: <https://doi.org/10.34670/AR.2022.19.76.044>
3. Kvint V.L., Novikova I.V., Alimuradov M.K., Sasaev N.I. (2022) Strategizing the national economy during a period of burgeoning technological sovereignty. *Administrative Consulting*, 9, 57–67. DOI: <https://doi.org/10.22394/1726-1139-2022-9-57-67>
4. Altufieva T.Yu. (2024) Involving small technological companies in strengthening the technological sovereignty of the RF regions under sanctions pressure. *Innovacionnye tekhnologii upravleniya social'no-ekonomicheskim razvitiem regionov Rossii [Innovative technologies for managing the socio-economic development of Russian regions]*, 193–201. DOI: <https://doi.org/10.31040/978-5-6051263-4-8>
5. Altufieva T.Yu. (2024) Tekhnologicheskie startapy: sozdanie i prodvizhenie v celyah ukrepleniya tekhnologicheskogo suvereniteta regionov RF [Tech startups: creation and promotion in order to strengthen the technological sovereignty of the regions of the Russian Federation]. *Razvitie malogo i srednego predprinimatel'stva: problemy i perspektivy [Development of small and medium entrepreneurship: problems and prospects]*, 5–10.
6. Timofeev R.A., Kiyamov I.K., Avkhadiyeva E.A. (2023) On the question of technological sovereignty of regional socio-economic systems (based on the example of the Republic of Tatarstan). *Finansovyy biznes [Financial business]*, 12 (246), 91–93.
7. Medvedeva M.B. (2023) Technological sovereignty as a competitiveness factor of the national economy. *Banking Services*, 9, 31–38. DOI: https://doi.org/10.36992/2075-1915_2023_09_31
8. Mewes L., Broekel T. (2022) Technological complexity and economic growth of regions. *Research Policy*, 51 (8), art. no. 104156. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2020.104156>
9. Lebedeva Yu.A. (2023) Conditions for ensuring technological sovereignty in the Russian Federation. *Municipal Academy*, 2, 116–121. DOI: https://doi.org/10.52176/2304831X_2023_02_116
10. Zabudkova I.V., Olkhova L.A., Kasymova D.M. (2023) Strengthening technological sovereignty as a basis for the sustainable development of the Russian economy. *Scientific Review: Theory and Practice*, 13 (2 (96)), 294–306. DOI: <https://doi.org/10.35679/2226-0226-2023-13-2-294-306>

11. Grandonian K.A., Bekher V.V., Kiseleva O.N., Soldunov A.V. (2023) The drivers of achieving technological sovereignty of Russia in modern conditions. *Economy, governance and law basis*, 2 (37), 78–82. DOI: https://doi.org/10.51608/23058641_2023_2_78
12. Pan'shin I.V. (2023) Obespechenie tekhnologicheskogo suvereniteta i dostizhenie tekhnologicheskogo liderstva – imperativ innovacionnogo razvitiya Rossii [Ensuring technological sovereignty and achieving technological leadership is an imperative for Russia's innovative development]. *Ekonomika i predprinimatel'stvo [Economy and Entrepreneurship]*, 8 (157), 171–178. DOI: <https://doi.org/10.34925/EIP.2023.157.8.027>
13. Bezrukov A.O., Mamonov M.V., Suchkov M.A., Sushentsov A.A. (2021) Russia in the digital world: international competition and leadership. *Russia in Global Affairs*, 19 (2), 64–85.
14. Rothwell R., Dodgson M. (1992) European technology policy evolution: convergence towards SMEs and regional technology transfer. *Technovation*, 12 (4), 223–238. DOI: [https://doi.org/10.1016/0166-4972\(92\)90044-I](https://doi.org/10.1016/0166-4972(92)90044-I)
15. Nevado Peña D., López Ruiz V.R., Alfaro Navarro J.L. (2020) An analysis of the key role of human and technological development in the smart specialization of smart European regions. *Information Technology for Development*, 26 (4), 728–741. DOI: <https://doi.org/10.1080/02681102.2019.1704675>
16. Ceipek R., Hautz J., Mayer M.C.J., Matzler K. (2019) Technological diversification: A systematic review of antecedents, outcomes and moderating effects. *International Journal of Management Reviews*, 21 (4), 466–497. DOI: <https://doi.org/10.1111/ijmr.12205>
17. Patnaik J., Bhowmick B. (2022) Determining appropriateness for management of appropriate technology: an empirical study using factor analysis. *Technology Analysis & Strategic Management*, 34 (2), 125–137. DOI: <https://doi.org/10.1080/09537325.2021.1890013>
18. Agan B., Balcilar M. (2022) On the determinants of green technology diffusion: An empirical analysis of economic, social, political, and environmental factors. *Sustainability*, 14 (4), art. no. 2008. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14042008>
19. Hung S.-W., Tang R.-H. (2008) Factors affecting the choice of technology acquisition mode: An empirical analysis of the electronic firms of Japan, Korea and Taiwan. *Technovation*, 28 (9), 551–563. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.TECHNOVATION.2007.10.005>
20. Ovchinnikova A.V., Topoleva T.N. (2023) Barriers to the formation of an ecosystem of technological entrepreneurship in Russia. *Management Sciences*, 13 (3), 71–85. DOI: <https://doi.org/10.26794/2304-022X-2023-13-3-71-85>
21. Oruch T.A. (2024) State support for ensuring technological sovereignty: foreign practices and Russian possibilities. *Russian Economic Bulletin*, 7 (6), 389–396. DOI: <https://doi.org/10.58224/2658-5286-2024-7-6-389-396>
22. Karanatova L.G., Elsukov M.Y. (2025) On the strategy for implementing the import substitution policy and ensuring technological sovereignty of the Russian Federation. *Administrative Consulting*, 1 (187), 23–33. DOI: <https://doi.org/10.22394/1726-1139-2025-1-23-33>
23. Demidova S.E. (2024) Factors of ensuring technological sovereignty. *The Review of Economy, the Law and Sociology*, 2, 14–19.
24. Shinkevich A.I., Idrisov A.E. (2023) Issues of ensuring technological sovereignty of Russia: aspects of digitalization. *Upravlenie ustojchivym razvitiem*, 3 (46), 10–15. DOI: https://doi.org/10.55421/2499992X_2023_3_10
25. Ishmukhametov E.M. (2022) The mechanism of the impact of entrepreneurial initiatives on regional development. *Bulletin USPTU. Science, education, economy. Series economy*, 3 (41), 72–78. DOI: <https://doi.org/10.17122/2541-8904-2022-3-41-72-78>
26. Buldakova A.A., Zagorulko N.A. (2023) The role of human capital in the era of strengthening Russia's technological sovereignty. *Chelovek. Socium. Obshchestvo [Human Being. Society. Community]*, 5, 245–252.
27. Gasanov M.A., Volkova A.L., Guzyr' V.V., Potyagajlov S.V. (2022) Strukturno-genezis chelovecheskogo kapitala kak uslovie dostizheniya tekhnologicheskogo suvereniteta [Structural genesis of human capital as a condition for achieving technological sovereignty]. *Filosofiya hozyajstva [Philosophy of economy]*, 6 (144), 110–126.
28. Yurevich M.A. (2023) Technological Sovereignty of Russia: Concept, Measurement, and Possibility of Achievement. *Voprosy teoreticheskoy ekonomiki*, 4 (21), 7–21. DOI: https://doi.org/10.52342/2587-7666VTE_2023_4_7_21



29. Dovbiy I.P., Minkin A.A., Kobylakova V.V., Kondratov M.V. (2023) Technological sovereignty of Russia: strategic points of the industrial policy and concepts of the regional agenda. *Bulletin of Chelyabinsk State University*, 3 (473), 11–22.
30. Nestulaeva D.R., Avkhadiyeva E.A. (2023) Strengthening the scientific and production potential of the regions as a key element of ensuring technological sovereignty the Russian Federation (using the example of the Republic of Tatarstan). *The Review of Economy, the Law and Sociology*, 4, 96–99.
31. Efimov A.V., Tikhonovskova S.A. (2022) Technological sovereignty of Russia in the context of strategic goals for the development of the regional economy. *Drukerovskij vestnik*, 4 (48), 165–172. DOI: <https://doi.org/10.17213/2312-6469-2022-4-165-172>
32. Chirkunova E.K., Khmeleva G.A., Koroleva E.N., Kurnikova M.V. (2020) Regional Digital Maturity: Design and Strategies. In: *Digital Age: Chances, Challenges and Future* (eds. S. Ashmarina, M. Vochozka, V. Mantulenko), 84, 205–213. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-27015-5_26
33. Khmeleva G.A. (2023) Technological sovereignty as a tool for ensuring the sustainable development of the region's economy under sanctions. *The Eurasian Scientific Journal*, 15 (3), art. no. 64ECVN323. DOI: <https://doi.org/10.15862/64ECVN323>
34. Sokolov A.B., Filatov V.I. (2023) New instruments for investment support of technology sovereignty projects. *The world of new economy*, 17 (3), 91–108. DOI: <https://doi.org/10.26794/2220-6469-2023-17-3-91-108>
35. Barilenko V.I. (2022) Initiation of investment projects for ensuring the technological sovereignty of Russia. *RISK: Resources, Information, Supply, Competition*, 4, 146–150. DOI: <https://doi.org/10.56584/1560-8816-2022-4-146-150>
36. Khmeleva G.A., Skreblov N.I. (2024) Methodological approach to assessing the competitiveness of the region's manufacturing sector. *π-Economy*, 17 (6), 94–110. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.17606>
37. Bolgova E.V., Bolgov S.A., Kurnikova M.V. (2024) Boundedly open economy: A regional dimension. *Regional Economics: Theory and Practice*, 4 (523), 629–654. DOI: <https://doi.org/10.24891/re.22.4.629>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT AUTHOR

КУРНИКОВА Марина Викторовна

E-mail: mvkurnikova@gmail.com

Marina V. KURNIKOVA

E-mail: mvkurnikova@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9568-2774>

Поступила: 01.06.2025; Одобрена: 20.08.2025; Принята: 20.08.2025.

Submitted: 01.06.2025; Approved: 20.08.2025; Accepted: 20.08.2025.

Экономика и менеджмент предприятий и комплексов

Economy and management of enterprise and complexes

Научная статья

УДК 331.108

DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18407>

EDN: <https://elibrary/VNIAHG>



ОЦЕНКА КАРЬЕРНОГО ПОТЕНЦИАЛА РАБОТНИКОВ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКИМ КАПИТАЛОМ ПРЕДПРИЯТИЯ

М.Б. Флек , Е.А. Угнич  

Донской государственный технический университет,
Ростов-на-Дону, Российская Федерация

 ugnich77@mail.ru

Аннотация. *Актуальность исследования обусловлена необходимостью совершенствования системы управления человеческим капиталом предприятий, обусловленного решением проблемы дефицита квалифицированных специалистов. Показано, что для предприятий большой интерес среди инструментов управления человеческим капиталом представляет комплексная оценка карьерного потенциала работников, результаты которой могут способствовать формированию рекомендаций, направленных на повышение производительности труда. Цель статьи состоит в разработке комплексной методики оценки карьерного потенциала работников как системного инструмента управления человеческим капиталом предприятия. Научная новизна исследования заключается в разработке и обосновании комплексной методики оценки карьерного потенциала работников предприятия, которая интегрирует объективные и субъективные показатели, а также способствует формированию индивидуальных траекторий развития работников для повышения эффективности предприятия в целом. Теоретическую основу исследования составляют труды отечественных и зарубежных авторов, посвященные развитию представлений о карьерном, кадровом потенциале работников и об управлении человеческим капиталом предприятия в целом. Использование индексного метода исследования позволило сформировать интегральные оценки, дающие представление об объективных и субъективных показателях деятельности работников. Визуализация полученных результатов представлена в виде карты позиционирования. Эмпирическую базу исследования составили результаты анкетирования работников трех структурных подразделений машиностроительного предприятия, а также сведения, предоставленные кадровой службой. Всего был опрошен 31 работник. Результатом исследования стала разработанная методика оценки карьерного потенциала работников, которая нацелена на выявление перспективных работников, обладающих необходимыми компетенциями и качествами. В основу предлагаемой методики положена не только оценка объективных показателей работников, характеризующих их производительность и опыт, но и оценка субъективных показателей, отражающих личные характеристики и внутренние мотивы работников. Данная методика была апробирована, в каждом из трех подразделений предприятий (технологическом, конструкторском подразделениях и производственном цехе) были определены работники для кадрового резерва. Полученные результаты позволили дать рекомендации по развитию карьерного потенциала всем оцениваемым работникам в зависимости от их показателей на карте позиционирования.*

Ключевые слова: человеческий капитал, карьерный потенциал, управление человеческим капиталом, оценка карьерного потенциала, предприятие

Для цитирования: Флек М.Б., Угнич Е.А. (2025) Оценка карьерного потенциала работников в системе управления человеческим капиталом предприятия. *П-Экономь*, 18 (4), 124–139. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18407>

Research article

DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18407>



ASSESSMENT OF CAREER POTENTIAL OF EMPLOYEES IN THE SYSTEM OF THE ENTERPRISE HUMAN CAPITAL MANAGEMENT

M.B. Flek , E.A. Ugnich  

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

 ugnich77@mail.ru

Abstract. *The relevance of the study* is due to the need to improve the human capital management system of enterprises, due to the problem of shortage of qualified specialists. It is shown that for enterprises, a comprehensive assessment of the career potential of employees is of great interest among the tools for managing human capital, the results of which can contribute to the formation of recommendations aimed at increasing labor productivity. *The purpose of the article* is to develop a comprehensive methodology for assessing the career potential of employees as a systemic tool for managing the human capital of an enterprise. The scientific novelty of the study lies in the development and substantiation of a comprehensive methodology for assessing the career potential of employees of an enterprise, which integrates objective and subjective indicators, and also contributes to the formation of individual trajectories of employee development to improve the efficiency of the enterprise as a whole. The theoretical basis of the study is the works of domestic and foreign authors devoted to the development of ideas about the career, personnel potential of employees and the management of human capital of the enterprise, as a whole. The use of the index research method made it possible to form integral assessments that give an idea of the objective and subjective indicators of employee performance. Visualization of the results is presented in the form of a positioning map. The empirical basis of the study was formed by the data of the questionnaire survey of employees of three structural divisions of the machine-building enterprise, as well as the information provided by the HR department. A total of 31 employees were surveyed. The result of the study was the developed methodology for assessing the career potential of employees, which is aimed at identifying promising employees with the necessary competencies and qualities. The proposed methodology is based not only on the assessment of objective indicators of employees characterizing their productivity and experience, but also on the assessment of subjective indicators reflecting the personal characteristics and internal motives of employees. This methodology was tested, in each of the three divisions of the enterprises (technological, design departments and production) employees were identified for the career reserve. The results obtained made it possible to give recommendations on the development of career potential to all assessed employees, depending on their placement on the positioning map.

Keywords: human capital, career potential, human capital management, career potential assessment, enterprise

Citation: Flek M.B., Ugnich E.A. (2025) Assessment of career potential of employees in the system of the enterprise human capital management. *П-Экономь*, 18 (4), 124–139. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18407>

Введение

В настоящее время на российском рынке труда, обеспечивающем мобилизацию и использование человеческих ресурсов, наблюдается уникальная ситуация: при рекордно низкой безработице, составившей в 2024 году 2,5%¹, отмечается острая нехватка квалифицированных специалистов. По итогам 2023 года, российские предприятия испытывали потребность в 4,8

¹ Росстат (2025) *Численность безработных в возрасте 15–72 лет и уровень безработицы*. [online] Available at: https://rosstat.gov.ru/labour_force [Accessed 25.04.2025]. (In Russian).

миллионах работников². Сложившаяся ситуация является серьезным вызовом для национальной экономики, грозящим потерями 1–2% ВВП ежегодно, по оценке экспертов³.

Для самих предприятий проблема дефицита рабочей силы усугубляется повышением требований к ее качеству. Это обусловлено бурным научно-техническим прогрессом, сопровождающимся модернизацией средств производства, трансформацией бизнес-процессов, внедрением цифровых технологий. В связи с этим многие предприятия сталкиваются с потребностью в персонале, обладающем актуальными профессиональными знаниями, цифровыми навыками. Высококвалифицированные работники, способные генерировать и внедрять инновационные идеи, улучшать процессы, принимать решения в условиях непрерывных изменений, становятся основным источником конкурентного преимущества предприятия. Исходя из этого для многих предприятий большой интерес представляет комплексная оценка карьерного потенциала работников, результаты применения которой во многом могут способствовать формированию рекомендаций, направленных на повышение производительности труда. Такая оценка может быть направлена не только на определение «узких мест» развития персонала, но и на выявление работников, способных адаптироваться к изменениям и решать сложные задачи, что напрямую влияет на повышение эффективности деятельности предприятия.

В то же время существующие методики оценки карьерного потенциала не всегда соответствуют запросам предприятий, поскольку они ограничиваются оценкой профессиональных компетенций и выполнения ключевых показателей эффективности (КПЭ). Такая оценка важна для предприятия, поскольку дает достаточно объективные представления о результатах деятельности работника. Но она не учитывает мотивы, устремления самого работника. Свою карьеру работник рассматривает не только через призму объективных оценок, таких как продвижение по службе, рост заработной платы и др., но и через субъективные оценки, учитывающие его потребности, в числе которых сохранение и укрепление здоровья, соблюдение баланса «работа – жизнь», удовлетворенность своей работой.

В целом для предприятия представляет интерес комплексная методика оценки карьерного потенциала, которая объединяет как объективные, так и субъективные показатели. Такой подход позволяет одновременно учитывать и результативность работы предприятия, и внутренние потребности и мотивы работников.

Литературный обзор

Рост исследовательского интереса к пониманию карьерного потенциала работников усилился в конце XX – начале XXI веков, что обусловлено изменением подходов к управлению персоналом на практике. В этот период на предприятиях происходит поиск новых способов управления, позволяющих находить баланс интересов работодателей и работников, раскрывать креативные способности как отдельных работников, так и коллектива в целом [1].

Изначально [2] карьерный потенциал работников понимался как его активы, включающие знания, опыт, навыки. Предприятие рассматривалось как совокупность возможностей для развития карьеры работника. При этом поднимался вопрос о необходимости соблюдения баланса индивидуальных интересов и интересов предприятия для развития карьеры.

В более поздних работах также подчеркивается важность оценки карьерного потенциала и для работников, и для предприятия [3, 4]. При этом исследования сосредоточены преимущественно на оценке потенциала талантливых работников [5].

Другими авторами [6] выявлена взаимосвязь между потенциалом работника и его производительностью. При этом отмечается, что производительность можно рассматривать как необходимый, но недостаточный показатель карьерного потенциала.

² Королева А. (2023) РАН: Дефицит кадров в России в 2023 году составил 4,8 млн человек. [online] Available at: <https://rg.ru/2023/12/24/ran-deficit-kadrov-v-rossii-v-2023-godu-sostavil-48-mln-chelovek.html?ysclid=m9wfhyyq4r70976405> [Accessed 25.04.2025]. (In Russian).

³ Резник И. (2024) Что поможет экономике страны преодолеть нехватку квалифицированных кадров. [online] Available at: <https://www.rbc.ru/industries/news/6671444f9a7947966ad151d4> [Accessed 25.04.2025]. (In Russian).

Несмотря на то, что научный интерес к исследованию карьерного потенциала возник несколько десятилетий назад, его единое понимание до сих пор отсутствует. Часто как идентичные рассматриваются понятия «карьерный потенциал», «кадровый потенциал» и «трудовой потенциал». Такая неопределенность ограничивает применение этих понятий при выработке управленческих решений на практике.

Все вышеперечисленные понятия, безусловно, связаны друг с другом, но не идентичны. Трудовой потенциал является совокупностью профессиональных характеристик работника предприятия, определяющих возможности и границы его участия в трудовой деятельности [7]. На наш взгляд, он представляет собой часть карьерного потенциала наряду с личностными характеристиками, устремлениями и возможностями. Что же касается кадрового потенциала, то это общая количественная и качественная характеристика персонала как ресурса предприятия, включающая совокупность личностных, профессиональных, социальных и психофизиологических качеств работников, их знаний, умений, опыта и мотивации, которые используются или могут быть использованы для выполнения функций и достижения целей предприятия [8].

Кадровый потенциал рассматривается как характеристика всего коллектива предприятия. Карьерный потенциал, как и трудовой потенциал, относится к индивидуальному уровню и отражает совокупность физических, духовных и профессиональных качеств конкретного работника, которые определяют его возможности и готовность к профессиональному росту и продвижению по карьерной лестнице [9]. Это потенциал карьерного роста, связанный с личной мотивацией, профессиональными компетенциями, опытом, способностью обучаться и адаптироваться к новым задачам и ролям. Согласимся с авторами [10], которые считают, что карьерный потенциал имеет многокомпонентную структуру, включающую характеристику личностных качеств и профессиональных умений и навыков.

Сложность и отсутствие единства трактовки понятия карьерного потенциала способствуют разным подходам к его оценке. Так, предлагается оценка карьерного потенциала как через определение профессионального уровня работника [11, 12], так и на основе оценки сочетания деловых и личностных качеств [13]. В качестве других характеристик карьерного потенциала использовались также показатели эмоционального интеллекта, коммуникативных навыков, карьерных ценностных ориентаций, мотивации к успеху [14].

Интерес к оценке карьерного потенциала возрастает не только со стороны научного сообщества. Изменение характера труда под воздействием цифровой трансформации общества побуждает предприятия подходить к управлению социально-трудовыми отношениями более комплексно и всесторонне, развивая систему управления человеческим капиталом [15] и понимая его как самовозрастающую стоимость, способную к накоплению [19]. И в целях управления человеческим капиталом предприятия большое значение имеет оценка личного потенциала работников, представляющего скрытый ресурс, который определяет их способность успешно решать новые профессиональные задачи и развиваться в своей деятельности [17, 18]. Он основывается на базовых личностных и интеллектуальных качествах, которые не всегда проявляются в текущей работе, но влияют на возможность обучения, адаптации и достижения высоких результатов в будущем. Учет личного потенциала как составляющего карьерного потенциала работников, на наш взгляд, имеет большое значение.

Цель исследования

Цель настоящего исследования состоит в разработке комплексной методики оценки карьерного потенциала работников как системного инструмента управления человеческим капиталом предприятия.

Достижению данной цели способствует решение следующих задач:

— обосновать логику предлагаемой методики оценки карьерного потенциала работников предприятия;

- выявить компоненты карьерного потенциала работников в целях его оценки;
- разработать методику оценки карьерного потенциала работников предприятия;
- апробировать методику оценки карьерного потенциала работников на примере машиностроительного предприятия;
- дать предложения по развитию человеческого капитала предприятия на основе полученных результатов оценки карьерного потенциала его работников.

В фокусе данного исследования находится внутриорганизационная карьера работников, то есть карьера в рамках одной организации, которая рассматривается с позиции сопряжения целей коллективных и индивидуальных – организации и самих работников.

Методы и материалы

Основу эмпирической базы исследования составили данные опроса работников машиностроительного предприятия, находящегося в Ростове-на-Дону. В мае 2025 года в трех структурных подразделениях данного предприятия проводилось анкетирование работников для оценки их личностных характеристик, влияющих на развитие карьерного потенциала. Были использованы четыре типа анкет, что обусловлено оценкой мотивации работников, лояльности к организации, готовности к обучению, уровня «гибких» навыков. Для объективной оценки трудовой деятельности работников использовались сведения, касающиеся их стажа и выполнения КПЭ.

Для оценки карьерного потенциала работников применялся индексный подход [19], позволяющий соизмерить значение индексов объективной и субъективной оценки.

Визуализация полученных результатов в виде карты позиционирования способна показать соотношение между значениями индексов объективной оценки, характеризующих производительность работников, и субъективной оценки, характеризующих их личностную оценку, которая демонстрирует уровень мотивации, лояльности к организации, готовности к обучению, развитие «гибких» навыков.

Для обеспечения защиты персональных данных работников, их обезличивания, но сохранения при этом возможности их идентификации для нужд HR-менеджмента предприятия каждый опрошенный работник обозначен латинской буквой. От всех участников опроса получено согласие на использование их данных в целях публикации результатов исследования в обезличенном виде.

Результаты и обсуждение

Важность оценки карьерного потенциала работников обусловлена необходимостью его развития и является важной составляющей системы управления человеческим капиталом предприятия в целом. Такая система управления включает в себя набор стратегий, тактических и оперативных мероприятий, программного обеспечения, направленных на подбор, развитие, мотивацию, удержание и оценку работников с целью максимизации их вклада в достижение стратегических целей предприятия.

Анализ литературы свидетельствует о наличии двух ключевых задач оценки карьерного потенциала:

- определения ключевых качеств, компетенций работников, которые могли бы способствовать их профессиональному развитию;
- выявления перспективных работников, обладающих необходимыми компетенциями и качествами, для которых необходимо создать условия, способствующие профессиональному росту.

HR-менеджмент предприятий часто сосредоточен на решении первой задачи⁴. Если это касается профессиональных компетенций, то оценка карьерного потенциала позволяет выявить «узкие места» и найти возможности их устранения, например путем обучения или переподготовки

⁴ Матвеева А. (2025) *Из ответственных рабочих – в мастера*. [online] Available at: <https://monocle.ru/monocle/2025/18/iz-otvetstvennykh-rabochikh-v-mastera/> [Accessed 29.04.2025]. (in Russian).



персонала. Однако большое значение имеет и внутренняя мотивация работника, поскольку его личные интересы, ценности и устремления непосредственно определяют потребность или ее отсутствие в дальнейшем профессиональном развитии. Некоторые работники могут просто не иметь таких потребностей, а следовательно, и целей. В связи с этим вторая задача оценки карьерного потенциала, связанная с выявлением наиболее перспективных работников, имеющих внутреннюю мотивацию, представляется не менее значимой. Дальнейшее исследование обусловлено необходимостью решения данной задачи.

Безусловно, для оценки кадрового потенциала работников большое значение имеют объективная оценка их деятельности, опирающаяся на количественные данные, и стандартизированные методы, минимизирующие влияние субъективности. В качестве объективной оценки используют показатели трудовой деятельности работников [20], характеризующие количество и качество выполненной работы за определенный период времени. В частности, оценка объективных показателей может проводиться на основе определения КПЭ работников, тестирования их профессиональных и когнитивных способностей, проведения деловых игр, позволяющих оценить их поведение в рабочих ситуациях. Наиболее популярным инструментом измерения и оценки результатов деятельности работников на предприятии служат КПЭ [21], включающие количественные показатели, которые отражают производительность, качество и результативность труда (например, количество выполненных операций, процент брака, объем продаж, производительность труда и др.)

На наш взгляд, достаточно важным показателем трудовой деятельности, без которого сложно выявить перспективных работников и который дает объективную оценку, является стаж работы – период фактической деятельности по определенной специальности или на конкретном предприятии. Этот формальный показатель трудовой деятельности важен, поскольку может использоваться для оценки опыта работников.

Использование показателей объективной оценки позволяет получить всестороннюю и сбалансированную картину профессиональных качеств, поведения и компетенций работников, минимизируя субъективность.

В то же время объективная оценка не дает представление о внутренней мотивации работников, их ценностях и устремлениях. В связи с этим важна и субъективная оценка карьерного потенциала, основанная на мнении самого работника, что позволит обеспечить обратную связь, выявить его мотивацию и карьерные амбиции.

Субъективную оценку карьерного потенциала дают главным образом личностные показатели⁵ (рис. 1), среди которых в целях исследования следует выделить:

- мотивацию, демонстрирующую, что именно побуждает работника выполнять свои обязанности и стремиться к развитию;
- лояльность к организации, показывающую, как глубоко работник идентифицирует себя с миссией и ценностями организации, что способствует его стремлению развиваться внутри организации, а не искать возможности на стороне;
- готовность к обучению, то есть к усвоению новых знаний и навыков, позволяющих работнику оставаться конкурентоспособным и эффективно выполнять задачи в изменяющихся условиях;
- «гибкие» навыки, обеспечивающие не только профессиональную компетентность, но и способность эффективно взаимодействовать в коллективе, адаптироваться к новым вызовам.

В то же время ограничиваться только субъективной оценкой не стоит, поскольку она может дать искаженное представление о работнике, ввиду учета лишь личного мнения.

Для получения наиболее реалистичной оценки карьерного потенциала работников необходимо использовать и объективный, и субъективный подходы к оценке, сочетать качественные

⁵ Ашурбеков Р.А., Антонова, Белова О.Л. [и др.] (2019) *Технологии управления персоналом в условиях цифровой модернизации экономики*, монография, М.: Издательский дом ГУУ, 2019.



Источник: составлено авторами

Рис. 1. Показатели объективной и субъективной оценки карьерного потенциала работников

Fig. 1. Indicators of objective and subjective assessment of employees' career potential

и количественные характеристики. А в целях визуализации полученных результатов, на наш взгляд, целесообразно построение карт позиционирования, получивших популярность в маркетинге [22, 23]. Они представляют собой графики с двумя осями, каждая из которых отражает важные характеристики. В частности, для оценки карьерного потенциала работников это могут быть интегрированные показатели объективных и субъективных оценок.

В целом авторы предлагают следующую систему показателей объективной и субъективной оценки карьерного потенциала работников, которая представлена на рис. 1.

При построении карты позиционирования для оценки карьерного потенциала и выявления наиболее перспективных работников необходимо определить интегрированные показатели: индекс объективной оценки и индекс субъективной оценки для каждого работника.

Индекс объективной оценки ($I_{об}$) учитывает такие важнейшие характеристики трудовой деятельности, как выполнение КПЭ и стаж работы:

$$I_{об} = (I_{ст} * P_{ст}) + (I_{КПЭ} * P_{КПЭ}), \quad (1)$$

где $I_{ст}$ – индекс стажа работы; $P_{ст}$ – вес стажа работы; $I_{КПЭ}$ – индекс КПЭ; $P_{КПЭ}$ – вес КПЭ.

Индекс КПЭ рассчитывается как отношение фактического значения показателя (КПЭ) к плановому.

Индекс стажа рассчитывается как нормированное значение, отражающее продолжительность трудового опыта работника на данном предприятии. Чтобы получить индекс, стаж приводят к шкале от 0 до 1, исходя из значений максимального стажа и фактического стажа работника.

Вес стажа и вес КПЭ – коэффициенты, отражающие относительную важность каждого компонента в итоговом индексе. Веса определяются на основе прямого экспертного опроса. Сумма весов равна 1.

Расчет $I_{об}$ позволяет интегрировать количественные показатели эффективности работы и трудового опыта в единую оценку трудовой деятельности, используемую для оценки карьерного потенциала.

Индекс субъективной оценки рассчитывается исходя из учета личностных показателей (индексов) как среднее геометрическое, поскольку оно менее чувствительно к экстремальным значениям:

$$I_{суб} = \sqrt[4]{I_{м} * I_{л} * I_{о} * I_{н}}, \quad (2)$$

где $I_{\text{суб}}$ – индекс субъективной оценки; $I_{\text{м}}$ – индекс мотивации; $I_{\text{л}}$ – индекс лояльности к организации; $I_{\text{о}}$ – индекс готовности к обучению; $I_{\text{н}}$ – индекс «гибких» навыков.

Данные индексы рассчитываются на основе результатов анкетирования работников. Общая характеристика индексов представлена в табл. 1.

Таблица 1. Общая характеристика индексов, дающих представление о субъективной оценке
Table 1. General characteristics of indices reflecting subjective evaluation

Индекс	Характеристика
Индекс мотивации ($I_{\text{м}}$)	Общий уровень заинтересованности, вовлеченности и энтузиазма работника в работе, насколько он заинтересован и готов в нее вкладываться
Индекс лояльности к организации ($I_{\text{л}}$)	Степень приверженности и удовлетворенности работника организацией, отражает его эмоциональное отношение к ней, уровень доверия и поддержку корпоративной культуры
Индекс готовности к обучению ($I_{\text{о}}$)	Уровень потребности работника в непрерывном обучении, формальном и неформальном, в целях профессионального развития
Индекс «гибких» навыков ($I_{\text{н}}$)	Уровень развития у работника личностных и межличностных компетенций, которые обеспечивают эффективное взаимодействие, адаптивность и успешное решение нестандартных задач в рабочей среде (например, умение убеждать, гибкость, организованность, креативность и др.)

Источник: составлено авторами

Общий алгоритм расчета индексов ($I_{\text{м}}$, $I_{\text{л}}$, $I_{\text{о}}$, $I_{\text{н}}$), по результатам анкетирования работников, следующий:

1. Проведение опроса работников с использованием четырех типов анкет, оценивающих мотивацию, лояльность к организации, готовность к обучению и «гибкие» навыки. Каждому вопросу в анкете соответствует шкала баллов (от 1 до 5).

Для оценки составляющих субъективной оценки работников могут использоваться различные тесты-опросники, в частности для оценки мотивации – адаптированный тест «Что вами движет» Д. Макклелланда⁶, для оценки лояльности к организации – опросник организационной лояльности Л. Портера [24], для оценки «гибких» навыков работников – опросники на платформах Lectera⁷, Psychologies⁸ или др. Для оценки готовности к обучению целесообразно учитывать компоненты как формального обучения, так и неформального, которые представлены в исследовании Х. Наваля и др. [25]. Как формальное обучение (в виде курсов повышения квалификации, обучающих семинаров, тренингов и т.п.), так и неформальное (на рабочем месте в результате взаимодействия с коллегами и путем выполнения практических рабочих задач) имеют большое значение для перспектив профессионального развития [19].

2. Проведение анкетирования и расчет общей суммы баллов по каждому работнику.

3. Нормирование и перевод в индекс по общепринятой формуле:

$$I = \frac{S - 1}{N - 4}, \quad (3)$$

⁶ Фетискин Н., Козлов В., Мануйлов Г. (2002) *Социально-психологическая диагностика развития личности и малых групп*, учебное пособие, М.: Издательство Института Психотерапии.

⁷ Lectera (2024) *Тест на soft skills: проверьте, какими гибкими навыками вы обладаете*. [online] Available at: <https://lectera.com/magazine/ru/articles/test-na-soft-skills-proverte-kakimi-gibkimi-navykami-vy-obladaete> [Accessed 8.05.2025]. (in Russian).

⁸ Psychologies. *Тест: Soft skills — какими гибкими навыками вы обладаете?* [online] Available at: <https://www.psychologies.ru/tests/test/830079/> [Accessed 8.05.2025]. (in Russian).

где I – индекс, дающий представление о субъективной оценке респондентов (I_M, I_L, I_O, I_H); S – сумма баллов по вопросам анкеты; N – количество вопросов анкеты; 4 – максимальный диапазон оценки при использовании пятибалльной шкалы (от 1 до 5).

Формула (3) используется для расчета индексов I_M, I_L, I_O, I_H .

4. Расчет $I_{\text{суб}}$ по каждому работнику по формуле (2).

Расчет $I_{\text{об}}$ и $I_{\text{суб}}$ по каждому работнику позволяет построить карты позиционирования, где по оси абсцисс – значения $I_{\text{суб}}$, а по оси ординат – значения $I_{\text{об}}$. Карты позиционирования целесообразно формировать по группам работников, например в соответствии со структурными подразделениями, либо отдельно по производственным и непроизводственным работникам. Группировка работников для построения карт восприятия зависит от детализации цели оценки карьерного потенциала.

Апробация приведенной методики оценки карьерного потенциала проведена на примере машиностроительного предприятия Ростовской области. Конкретной целью оценки карьерного потенциала является выявление работников в каждом из трех подразделений (технологическом, конструкторском и одном из производственных цехов), в наибольшей степени стремящихся к профессиональному развитию, для включения их в кадровый резерв руководящих работников.

В технологическом подразделении было опрошено 11 инженеров, в конструкторском – 13, в производственном цехе – 7 операторов станков. Все опрошенные инженеры имеют высшее образование, все операторы станков – среднее профессиональное.

Поскольку ставилась цель определить кадровый резерв, то для оценки были отобраны работники не старше 40 лет, имеющие опыт работы на предприятии не менее одного года. Краткая информация по анализируемым работникам представлена в табл. 2.

Таблица 2. Общая характеристика опрошенных работников по структурным подразделениям
Table 2. General characteristics of the surveyed employees by structural divisions

Характеристика	Технологическое подразделение	Конструкторское подразделение	Производственный цех
Доля женщин, %	27	30	28,5
Средний возраст, лет	30	26	28
Средний стаж, лет	8	4	9

Источник: составлено авторами

Результаты опроса работников и анализа их производительности позволили построить карту позиционирования (рис. 2). Оцениваемые работники обозначены латинскими буквами.

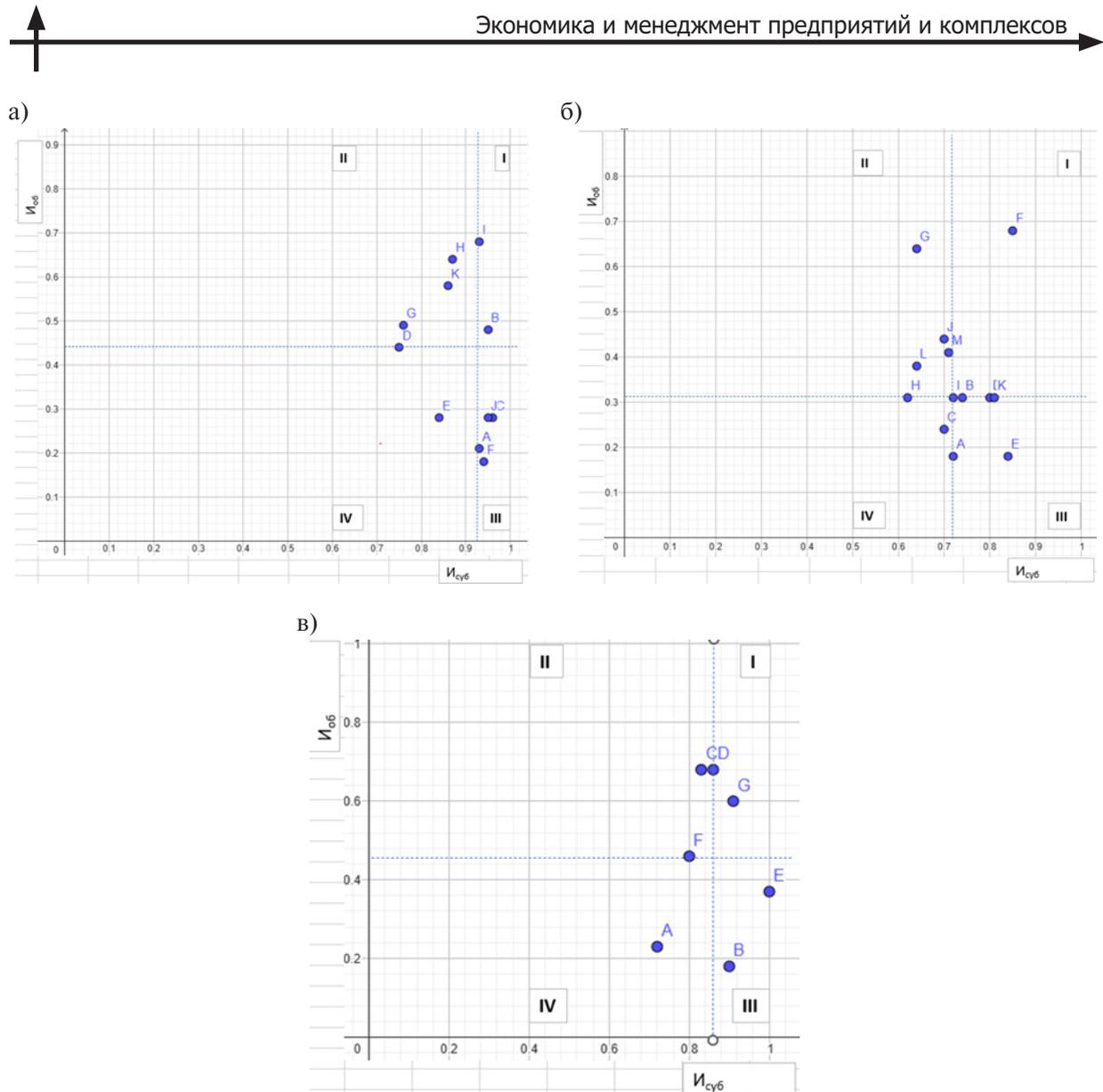
Данные для расчета $I_{\text{об}}$ получены в кадровой службе предприятия.

Медианные величины $I_{\text{об}}$ и $I_{\text{суб}}$ по значениям всех анализируемых работников будут представлять собой точки нового начала координат:

- в технологическом подразделении – $I_{\text{об}} = 0,93$; $I_{\text{суб}} = 0,44$;
- в конструкторском подразделении – $I_{\text{об}} = 0,72$; $I_{\text{суб}} = 0,31$;
- в производственном цехе – $I_{\text{об}} = 0,86$; $I_{\text{суб}} = 0,46$.

На рис. 2 эта координатная плоскость обозначена тонкими пунктирными вертикальными и горизонтальными линиями.

В верхнем правом (I) квадранте на рис. 2 располагаются потенциальные кандидаты для кадрового резерва, которые имеют высокие показатели $I_{\text{об}}$ и $I_{\text{суб}}$. Так, для технологического подразделения – это работник B (рис. 2а), для конструкторского – работник F (рис. 2б), для производственного цеха – работник G (рис. 2в).



Источник: составлено авторами

Рис. 2. Карта позиционирования работников: а) технологического подразделения; б) – конструкторского подразделения; в) производственного цеха
 Fig. 2. Positioning map of employees: а) from technological department; б) from design department; в) from production department

Кроме этого, возможный потенциал имеет в технологическом подразделении работник *I*, поскольку на карте восприятия его место между I и II квадрантами (рис. 2а), в производственном цехе аналогичное положение имеет работник *D* (рис. 2в). В конструкторском подразделении работники *B*, *D* и *K* тоже имеют возможный потенциал, так как они находятся на новой оси абсцисс, между I и III квадрантами (рис. 2б).

Верхний левый (II) квадрант включает показатели работников, которые характеризуются высоким уровнем $I_{об}$ при относительно невысоком $I_{суб}$. Работники, отнесенные к группе II, имеют высокую производительность, но невысокий уровень субъективной оценки. С такими работниками необходимо проводить работу комплексно, чтобы сохранить результативность и повысить заинтересованность в работе и приверженность к предприятию. Необходимо повышать их мотивацию, лояльность с помощью индивидуального подхода, развития, признания заслуг и создания

благоприятных условий для труда и обучения. Это поможет удержать ценного работника и повысить его долгосрочную эффективность.

В правом нижнем (III) квадранте располагаются показатели тех работников, которые обладают высоким уровнем $I_{\text{суб}}$ при относительно невысоком $I_{\text{об}}$. Такие работники обладают выраженной приверженностью к организации, высоким уровнем развития «гибких» навыков, мотивации, готовности к обучению. Следует пересмотреть показатели производительности этих работников, чтобы установить причину их относительного отставания от других работников подразделения и сформировать возможности для повышения производительности и субъективной оценки.

Работники, показатели которых оказались в IV квадранте, нуждаются в создании дополнительных условий мотивации и стимулирования. Если у них рабочий стаж более одного года, следует установить причины их низкой объективной и субъективной оценки.

Карта позиционирования позволила наглядно выявить наиболее перспективных работников и дать рекомендации для включения их в кадровый резерв.

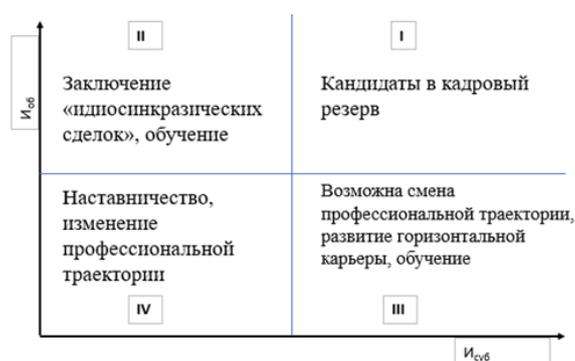
В целом карта позиционирования может служить стратегическим инструментом для развития человеческого капитала предприятия.

Что касается конкретных предложений по развитию человеческого капитала предприятия исходя из полученных результатов оценки карьерного потенциала работников трех структурных подразделений, то можно предложить в качестве кадрового резерва для продвижения на новую ступень карьерной лестницы из технологического подразделения – работника *B* (рис. 2а), из конструкторского подразделения – работника *F* (рис. 2б), из производственного цеха – работника *G* (рис. 2в). Также как возможных кандидатов стоит рассмотреть из технологического подразделения – работника *I* (рис. 2а), а из производственного цеха – работника *D* (рис. 2в).

Работники, обозначенные на карте восприятия во II квадранте, обладают достаточно высокими показателями $I_{\text{об}}$, включающим характеристики КПЭ и стажа, но не таким высоким $I_{\text{суб}}$ по сравнению с другими работниками. Они нуждаются в повышении мотивации, лояльности к организации, развитии «гибких навыков». Из технологического подразделения – это работники *D, G, H, K* (рис. 2а), из конструкторского подразделения – работники *G, H, J, L, M* (рис. 2б), из производственного цеха – работники *C, F* (рис. 2в).

В качестве рекомендаций предприятию им можно предложить так называемые «идиосинкразические сделки». Они представляют собой добровольные персонализированные соглашения нестандартного характера, которые заключаются между отдельными работниками и их работодателями относительно условий, выгодных каждой стороне [26]. Такие сделки подходят лишь для некоторых работников (в частности, оказавшихся во II квадранте), которые имеют ценность для предприятия. «Идиосинкразические сделки» могут включать, например, обеспечение персонализированной рабочей среды для ценных работников, удовлетворение разнообразных профессиональных потребностей, дополнительное обучение за счет предприятия и др. Такой нестандартный, индивидуальный подход к работе может в значительной степени способствовать удовлетворению внутренних потребностей работников, повысить их эффективность [27]. Подобные сделки являются важными формами вознаграждения за хорошую работу, они могут предполагать карьерный рост, способствовать повышению ценности и уникальности человеческого капитала предприятия, что окажет влияние на повышение его производительности.

Работники, обозначенные на карте восприятия в III квадранте, обладают достаточно высокими показателями $I_{\text{суб}}$, но не таким высоким $I_{\text{об}}$ по сравнению с другими работниками. То есть индекс, характеризующий их КПЭ, опыт работы, ниже медианного значения, но при этом мотивация, лояльность к организации, готовность к обучению и «гибкие» навыки достаточно развиты. Из технологического подразделения – это работники *A, C, F, G* (рис. 2а), из конструкторского подразделения – работники *A, B, D, E, K* (рис. 2б), из производственного цеха – работники *B, E* (рис. 2в).



Источник: составлено авторами

Рис. 3. Предложения по развитию карьерного потенциала работников исходя из их положения на карте позиционирования
 Fig. 3. Suggestions for developing the career potential of employees based on their position on the positioning map

Для этих групп рекомендуется провести анализ их трудовых функций на предмет целесообразности смены профессиональной траектории либо рассмотреть возможность развития горизонтальной карьеры [28], то есть профессионального роста без продвижения по служебной лестнице, без изменения должности или уровня управленческой ответственности. Такой рост выражается в углублении и расширении профессиональных знаний, навыков и компетенций в рамках своей профессии или смежных областей. В свою очередь, для развития горизонтальной карьеры либо смены профессиональной траектории необходимо обучение работников путем повышения квалификации или стажировки.

Особого внимания требуют работники, оказавшиеся в IV квадранте, поскольку они обладают низким уровнем $I_{об}$ и $I_{суб}$ по сравнению с другими. Из технологического подразделения – это работник *E* (рис. 2а), из конструкторского подразделения – работник *C* (рис. 2б), из производственного цеха – работник *A* (рис. 2в). Возможно, это просто наиболее молодые сотрудники с небольшим опытом работы. В таком случае они нуждаются в опытных наставниках, способных не только передать профессиональные знания и навыки, но и более глубоко погрузить в особенности корпоративной культуры предприятия. Либо стоит рассмотреть возможность изменения профессиональной траектории таких работников. Эти же рекомендации касаются и работника *I* из конструкторского подразделения (рис. 2б), расположение которого отражено на пересечении новых осей координат. Это свидетельствует об отсутствии ярко выраженных характеристик. Следовательно, его карьерный потенциал нуждается в дальнейшем развитии.

Резюмируя вышеизложенное, предложения по развитию карьеры работников, которые расположены в разных квадрантах, представлены на рис. 3.

В современной HR-практике существует некоторый арсенал оценок карьерного потенциала⁹, который включает, например, коэффициент карьерного роста, позволяющий оценить баланс между вертикальными и горизонтальными перемещениями работников, или карьерограмму, описывающую оптимальный путь развития работника для занятия желаемой позиции в организации. Однако эти методики оценки не являются системными и сосредоточены преимущественно на индивидуальных интересах работника, они либо достаточно сложны в расчетах, либо не позволяют сделать однозначную интерпретацию результатов. Кроме этого, они не универсальны и могут служить лишь одним из элементов HR-менеджмента, давая представление только о некоторых характеристиках карьерного потенциала работников.

Преимуществами предлагаемой методики оценки карьерного потенциала являются системность, доступность, универсальность, наглядность и возможность использования в рамках

⁹ Mirapolis (2025) Коэффициент карьерного роста: ключ к эффективному управлению талантами [online] Available at: URL: <https://www.mirapolis.ru/blog/koeffitsiyent-karernogo-rosta/> [Accessed 14.07.2025]. (in Russian).

стратегии управления человеческим капиталом предприятия в целях выявления перспективных работников и формирования кадрового резерва. При этом данная методика основана на учете взаимосвязи интересов как предприятия, так и самих работников, и в рамках HR-менеджмента она может быть использована в сочетании с уже существующими методиками.

Заключение

Представленная оценка карьерного потенциала работников нацелена главным образом на выявление перспективных работников, обладающих необходимыми компетенциями и качествами, для которых следует создать условия, способствующие профессиональному росту. Но в то же время на основе ее результатов можно дать рекомендации по развитию карьерного потенциала всем работникам, которые участвовали в оценке.

В основе предлагаемой методики оценки карьерного потенциала лежат не только объективные оценки работников, характеризующие их производительность и опыт, но и субъективные оценки, отражающие их личные характеристики и внутренние мотивы. Тем самым предлагаемая методика является комплексной и, по сути, также позволяет дать представление о том, насколько задачи предприятия взаимосвязаны с личными устремлениями работника.

Использование данной методики оценки карьерного потенциала позволяет дать рекомендации, на основе которых HR-службы впоследствии будут принимать решения. Данная методика не подменяет таких инструментов выявления перспективных работников, как решение деловых кейсов, участие в командных играх и т.п., но может дополнять их. В то же время предлагаемая оценка является достаточно универсальной, к ее достоинствам относятся простота, доступность, возможность применения HR-службами в разработке стратегии и тактики управления карьерным потенциалом работников и человеческим капиталом предприятия в целом.

Направления дальнейших исследований

Будущие исследования могут быть направлены на адаптацию приведенной методики оценки карьерного потенциала к условиям удаленной и гибридной форм занятости работников. Также научный и практический интерес представляет разработка индивидуальных карьерных маршрутов с учетом личных целей, мотивации и потенциала работника.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Носырева И.Г., Белобородова Н.А. (2024) Эволюция системы управления персоналом: функциональные особенности. *Лидерство и менеджмент*, 11 (4), 1539–1556. DOI: <https://doi.org/10.18334/lim.11.4.121867>
2. Iles P. (1997) Sustainable high-potential career development: A resource-based view. *Career Development International*, 2 (7), 347–533. DOI: <https://doi.org/10.1108/13620439710187981>
3. Yost P.R., Chang G. (2009) Everyone is equal, but some are more equal than others. *Industrial and Organizational Psychology*, 2 (4), 442–445. DOI: <https://dx.doi.org/10.1111/j.1754-9434.2009.01171.x>
4. Silzer R., Church A.H. (2009) The potential for potential. *Industrial and Organizational Psychology*, 2 (4), 446–452 DOI: <https://dx.doi.org/10.1111/j.1754-9434.2009.01172.x>
5. Dominick P.G., Gabriel A.S. (2009) Two sides to the story: An interactionist perspective on identifying potential. *Industrial and Organizational Psychology*, 2 (4), 430–433. DOI: <https://dx.doi.org/10.1111/j.1754-9434.2009.01168.x>
6. Robinson C., Feters R., Riester D., Bracco A. (2009) The paradox of potential: A suggestion for guiding talent management discussions in organizations. *Industrial and Organizational Psychology*, 2 (4), 413–415. DOI: <https://dx.doi.org/10.1111/j.1754-9434.2009.01164.x>
7. Радько С.Г. (2020) Понятийно-терминологические особенности понимания категории «трудовой потенциал». *Human progress*, 6 (1), 1–13. DOI: <https://doi.org/10.34709/IM.161.7>
8. Скороходова О.Р. (2015) Кадровый потенциал: понятие, сущность, основные характеристики. *Экономика и управление в XXI веке: тенденции развития*, 24, 67–71.

9. Цариценцева О.П. (2017) Потенциал карьеры личности: структура и опыт диагностики. *Ученые записки. Электронный научный журнал Курского государственного университета*, 4 (44), 197–206.
10. Григорьева А.В. (2021) Карьерный потенциал личности как фактор успешности карьеры. *Научные исследования и инновации*, 3, 103–107.
11. Максимова Т.В., Гнедкова М.А., Пяткова М.Р. (2024) Совершенствование методики оценки персонала в рамках проекта развития кадрового потенциала инженерно-технических работников машиностроительного предприятия. *Управление в современных системах*, 3 (43), 33–41. DOI: <https://doi.org/10.24412/2311-1313-43-33-41>
12. Решетько Н.И. (2018) Совершенствование системы оценки карьерного потенциала на предприятиях сферы туризма. *Инновационная экономика и современный менеджмент*, 1, 35–44.
13. Ryan E.G., Vitoratou S., Goldsmith K.A., Chalder T. (2018) Psychometric properties and factor structure of a long and shortened version of the cognitive and behavioural responses questionnaire. *Psychosomatic Medicine*, 80 (2), 230–237. DOI: <https://doi.org/10.1097/PSY.0000000000000536>
14. Pshembayeva E., Pfeyfer N., Uaikhanova M., Bubenchikova A. (2022) Career success: Analysis and development of career opportunities in students. *Frontiers in Education*, 7, art. no. 999541. DOI: <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.999541>
15. Захарова С.Г., Яшин С.Н., Бабкин А.В. (2022) Концепция управления креативным человеческим капиталом. *Стратегическое управление устойчивым развитием экономики в новой реальности* (под ред. А.В. Бабкина и др.), 669–694. DOI: <https://doi.org/10.18720/IEP/2022.2/23>
16. Marx K. (1867) Der Produktionsprozess des Kapitals. In: *Das Kapital: Kritik der politischen Oekonomie*, 1, Hamburg: Verlag von Otto Meissner.
17. Бодрунов С.Д. (2020) *Ноономика: траектория глобальной трансформации*, монография, М.: ИНИР, Культурная революция.
18. Кудина М.В. (2024) Человеческий капитал: экономическая природа и влияние искусственного интеллекта в контексте устойчивости в период трансформации цивилизации. *Государственное управление. Электронный вестник*, 104 (S), 34–48. DOI: [https://doi.org/10.55959/MSU2070-1381-104\(S\)-2024-34-48](https://doi.org/10.55959/MSU2070-1381-104(S)-2024-34-48)
19. Флек М.Б., Угнич Е.А. (2022) Индексный подход к оценке формирования человеческого капитала предприятия. *МИР (Модернизация. Инновации. Развитие)*. 13 (4), 645–661. DOI: <https://doi.org/10.18184/2079-4665.2022.13.4.645-661>
20. Борщева А.В., Ильченко С.В. (2018) Методы оценки эффективности трудовой деятельности персонала. *Вестник экспериментального образования*, 3 (16), 61–73.
21. Климанова Е.Ю., Зеленко О.В. Гасимов Т.Э. (2023) Ключевые показатели эффективности как способ повышения мотивации работников в рамках организации производства. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*, 25 (6), 105–111. DOI: <https://doi.org/10.37313/1990-5378-2023-25-6-105-111>
22. Maggard J.P. (1976) Positioning revisited. *Journal of Marketing*, 40 (1), 63–66. DOI: <https://doi.org/10.2307/1250678>
23. Trout J. (1969) Positioning is a game people play in today's me-too market place. *Industrial Marketing*, 54 (6), 51–55.
24. Mowday R.T., Steers R.M., Porter L.W. (1979) The measurement of organizational commitment. *Journal of Vocational Behaviour*, 14 (2), 224–247. DOI: [https://dx.doi.org/10.1016/0001-8791\(79\)90072-1](https://dx.doi.org/10.1016/0001-8791(79)90072-1)
25. Naval J., Silva J.I., Vázquez-Grenno J. (2020) Employment effects of on-the-job human capital acquisition. *Labour Economics*, 67, art. no. 101937. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.labeco.2020.101937>
26. Jena B., Choudhary A., Misra S., Pal M. (2023) Empirical test of the moderating role of proactive personality and mediating role of developmental idiosyncratic deals on managing job content plateau. *Organizational Psychology*, 13 (3), 54–73. DOI: <https://doi.org/10.17323/2312-5942-2023-13-3-54-73>
27. Xue J., Wu Y., Chen M. (2024) Self-categorization perspective of idiosyncratic deals and creativity: Mediating role of perceived insider status and moderating role of psychological safety. *Psychology Research and Behavior Management*, 17, 1313–1327. DOI: <https://doi.org/10.2147/PRBM.S439404>
28. Лисицкий А.В., Корсакова Т.В. (2022) Карьерная мотивация персонала: модель горизонтального роста. *Труд и вызовы современности. От уроков прошлого к перспективам будущего* (под ред. А.В. Новичкова, И.А. Епишкина), М., Берлин: Директ-Медиа, 142–146.

REFERENCES

1. Nosyreva I.G., Beloborodova N.A. (2024) Evolution of the personnel management system: functional peculiarities. *Leadership and Management*, 11 (4), 1539–1556. DOI: <https://doi.org/10.18334/lim.11.4.121867>
2. Iles P. (1997) Sustainable high-potential career development: A resource-based view. *Career Development International*, 2 (7), 347–533. DOI: <https://doi.org/10.1108/13620439710187981>
3. Yost P.R., Chang G. (2009) Everyone is equal, but some are more equal than others. *Industrial and Organizational Psychology*, 2 (4), 442–445. DOI: <https://dx.doi.org/10.1111/j.1754-9434.2009.01171.x>
4. Silzer R., Church A.H. (2009) The potential for potential. *Industrial and Organizational Psychology*, 2 (4), 446–452 DOI: <https://dx.doi.org/10.1111/j.1754-9434.2009.01172.x>
5. Dominick P.G., Gabriel A.S. (2009) Two sides to the story: An interactionist perspective on identifying potential. *Industrial and Organizational Psychology*, 2 (4), 430–433. DOI: <https://dx.doi.org/10.1111/j.1754-9434.2009.01168.x>
6. Robinson C., Feters R., Riestler D., Bracco A. (2009) The paradox of potential: A suggestion for guiding talent management discussions in organizations. *Industrial and Organizational Psychology*, 2 (4), 413–415. DOI: <https://dx.doi.org/10.1111/j.1754-9434.2009.01164.x>
7. Radko S.G. (2020) Conceptual-terminological features of understanding the category «labor potential». *Human progress*, 6 (1), 1–13. DOI: <https://doi.org/10.34709/IM.161.7>
8. Skorokhodova O.R. (2015) Kadrovyi potentsial: poniatie, sushchnost', osnovnye kharakteristiki [Human resources: concept, essence, main characteristics]. *Ekonomika i upravlenie v XXI veke: tendentsii razvitiia* [Economy and management in the 21st century: development trends], 24, 67–71.
9. Tsaritsentseva O.P. (2017) Potentsial kar'ery lichnosti: struktura i opyt diagnostiki [Personality career potential: structure and diagnostic experience]. *Uchenye zapiski. Elektronnyi nauchnyi zhurnal Kurskogo gosudarstvennogo universiteta* [Scientific notes. Electronic scientific journal of Kursk State University], 4 (44), 197–206.
10. Grigoreva A.V. (2021) Personal career potential as a factor of career success. *Nauchnye issledovaniia i innovatsii* [Scientific research and innovation], 4 (44), 197–206.
11. Maksimova T.V., Gnedkova M.A., Pyatkova M.R. (2024) Improving the methodology for personnel assessment within the framework of the project for developing the human resources potential of engineering and technical workers at a machine-building enterprise. *Management in modern system*, 3 (43), 33–41. DOI: <https://doi.org/10.24412/2311-1313-43-33-41>
12. Reshetko N.I. (2018) Improvement of the career potential evaluation assessment system at tourism enterprises. *Innovatsionnaia ekonomika i sovremennyyi menedzhment* [Innovative economy and modern management], 1, 35–44.
13. Ryan E.G., Vitoratou S., Goldsmith K.A., Chalder T. (2018) Psychometric properties and factor structure of a long and shortened version of the cognitive and behavioural responses questionnaire. *Psychosomatic Medicine*, 80 (2), 230–237. DOI: <https://doi.org/10.1097/PSY.0000000000000536>
14. Pshembayeva E., Pfyfer N., Uaikhanova M., Bubenchikova A. (2022) Career success: Analysis and development of career opportunities in students. *Frontiers in Education*, 7, art. no. 999541. DOI: <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.999541>
15. Zakharova S.G., Yashin S.N., Babkin A.V. (2022) The concept of creative human capital management. *Strategic management of sustainable economic development in the new reality* (eds. A.V. Babkin et al.), 669–694. DOI: <https://doi.org/10.18720/IEP/2022.2/23>
16. Marx K. (1867) Der Produktionsprozess des Kapitals. In: *Das Kapital: Kritik der politischen Oekonomie*, 1, Hamburg: Verlag von Otto Meissner.
17. Bodrunov S.D. (2020) *Noonomika: traektorii global'noi transformatsii* [Noonomics: The Trajectory of Global Transformation], monography, Moscow: INIR, Kul'turnaia revoliutsiia.
18. Kudina M.V. (2024) Human Capital: Economic nature and influence of artificial intelligence in the context of sustainability during the period of civilization transformation. *Gosudarstvennoye upravleniye. Elektronnyy vestnik*, 104 (S), 34–48. DOI: [https://doi.org/10.55959/MSU2070-1381-104\(S\)-2024-34-48](https://doi.org/10.55959/MSU2070-1381-104(S)-2024-34-48)
19. Flek M.B., Ugnich E.A. (2022) Index approach to the assessment of the formation of human capital of the enterprise. *MIR (Modernization. Innovation. Research)*, 13 (4), 645–661. DOI: <https://doi.org/10.18184/2079-4665.2022.13.4.645-661>

20. Borsheva A.V., Ilchenko S.V. (2018) Methods of estimation of effectiveness of labor staff activities of personnel. *Journal of experimental education*, 3 (16), 61–73.
21. Klimanova E.Yu., Zelenko O.V., Gasimov T.Er. (2023) Key performance indicators as a way to increase motivation of workers within the production organization. *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 25 (6), 105–111. DOI: <https://doi.org/10.37313/1990-5378-2023-25-6-105-111>
22. Maggard J.P. (1976) Positioning revisited. *Journal of Marketing*, 40 (1), 63–66. DOI: <https://doi.org/10.2307/1250678>
23. Trout J. (1969) Positioning is a game people play in today's me-too market place. *Industrial Marketing*, 54 (6), 51–55.
24. Mowday R.T., Steers R.M., Porter L.W. (1979) The measurement of organizational commitment. *Journal of Vocational Behaviour*, 14 (2), 224–247. DOI: [https://dx.doi.org/10.1016/0001-8791\(79\)90072-1](https://dx.doi.org/10.1016/0001-8791(79)90072-1)
25. Naval J., Silva J.I., Vázquez-Grenno J. (2020) Employment effects of on-the-job human capital acquisition. *Labour Economics*, 67, art. no. 101937. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.labeco.2020.101937>
26. Jena B., Choudhary A., Misra S., Pal M. (2023) Empirical test of the moderating role of proactive personality and mediating role of developmental idiosyncratic deals on managing job content plateau. *Organizational Psychology*, 13 (3), 54–73. DOI: <https://doi.org/10.17323/2312-5942-2023-13-3-54-73>
27. Xue J., Wu Y., Chen M. (2024) Self-categorization perspective of idiosyncratic deals and creativity: Mediating role of perceived insider status and moderating role of psychological safety. *Psychology Research and Behavior Management*, 17, 1313–1327. DOI: <https://doi.org/10.2147/PRBM.S439404>
28. Lisitskii A.V., Korsakova T.V. (2022) Kar'ernaia motivatsiia personala: model' gorizontal'nogo rosta [Career motivation of personnel: horizontal growth model]. *Trud i vyzovy sovremennosti. Ot urokov proshlogo k perspektivam budushchego* [Labor and the challenges of modern times. From the lessons of the past to the prospects of the future] (eds. A.V. Novichkov, I.A. Epishkin), Moscow, Berlin: Direkt-Media, 142–146.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT AUTHORS

ФЛЕК Михаил Бенсионович

E-mail: ugnich7746@yandex.ru

Mikhail B. FLEK

E-mail: ugnich7746@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0775-3473>

УГНИЧ Екатерина Александровна

E-mail: ugnich77@mail.ru

Ekaterina A. UGNICH

E-mail: ugnich77@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9028-5518>

Поступила: 18.06.2025; Одобрена: 16.07.2025; Принята: 16.07.2025.

Submitted: 18.06.2025; Approved: 16.07.2025; Accepted: 16.07.2025.

Экономико-математические методы и модели Economic & mathematical methods and models

Научная статья

УДК 519.863

DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18408>

EDN: <https://elibrary/VNLROA>



МОДЕЛЬ ОБОСНОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ С УЧЕТОМ РАЗЛИЧНЫХ КАТЕГОРИЙ РИСКОВ

П.А. Булатникова , А.Е. Радаев 

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

 bulatnikovap10@gmail.com

Аннотация. Эффективное управление материально-техническим обеспечением является одним из ключевых факторов устойчивого развития при гарантировании требуемого уровня гибкости и адаптивности производственных систем промышленных предприятий. Особую значимость в этом контексте приобретают вопросы обеспечения эффективной системы управления многономенклатурными запасами материальных ресурсов, непосредственно задействованных в соответствующих производственных процессах. *Целью исследования* является разработка инструментальных средств для решения задачи обоснования характеристик системы управления многономенклатурными запасами материальных ресурсов с учетом требований в части недопущения дефицита материального ресурса и превышения максимально допустимого уровня запаса. *Объектом исследования* является система управления многономенклатурными запасами материальных ресурсов, задействованных в основном технологическом процессе промышленного предприятия. *Предметом исследования* являются характеристики системы управления многономенклатурными запасами материальных ресурсов, задействованных в основном технологическом процессе промышленного предприятия. В рамках исследования был проведен детальный анализ существующих научных разработок в области обоснования характеристик систем управления запасами материальных ресурсов на промышленных предприятиях, определены недостатки соответствующих инструментальных средств (моделей, методик, алгоритмов и т.п.). Была разработана оптимизационная модель, обеспечивающая обоснования характеристик системы управления многономенклатурными запасами материальных ресурсов с учетом следующих категорий рисков: риска возникновения дефицита одной или нескольких номенклатурных позиций запасов материальных ресурсов; риска превышения максимально допустимого уровня запаса материальных ресурсов для одной или нескольких номенклатурных позиций. В качестве теоретической основы использовалась методика оптимизации страхового запаса для одной номенклатурной позиции. Наиболее эффективные алгоритмы для реализации модели базируются на методе обобщенного понижающего градиента, демонстрирующем высокие показатели точности и сходимости в отношении наличия гладких (дифференцируемых) функций, а также на стохастических методах глобального поиска. Разработанная оптимизационная модель была реализована на практическом примере – для решения задачи обоснования характеристик системы управления запасами материальных ресурсов, используемых в деятельности предприятий строительной отрасли. Результаты реализации модели на практическом примере подтвердили ее высокую практическую значимость.

Ключевые слова: оптимизационная модель, промышленное предприятие, материальные ресурсы, управление запасами, остаточный уровень запаса, уровень дефицита

Для цитирования: Булатникова П.А., Радаев А.Е. (2025) Модель обоснования характеристик системы управления запасами материальных ресурсов с учетом различных категорий рисков. П-Economy, 18 (4), 140–157. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18408>

Research article

DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18408>

MODEL FOR SUBSTANTIATING THE CHARACTERISTICS OF A MATERIAL RESOURCE INVENTORY MANAGEMENT SYSTEM, TAKING INTO ACCOUNT VARIOUS RISK CATEGORIES

P.A. Bulatnikova  , A.E. Radaev 

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, Russian Federation

 bulatnikovap10@gmail.com

Abstract. Effective management of material and technical support is one of the key factors of sustainable development while ensuring the required level of flexibility and adaptability of production systems within industrial enterprises. Of particular importance in this context are the issues related to ensuring an effective system for managing multi-item stocks of material resources directly involved in the corresponding production processes. *The objective of the study* is to develop tools for solving the problem of substantiating the characteristics of a system for managing multi-item stocks of material resources, taking into account the requirements for preventing a shortage of a material resource and exceeding the maximum permissible stock level. *The object of the study* is a system for managing multi-item stocks of material resources involved in the main technological process of an industrial enterprise. *The subject of the study* is the characteristics of a system for managing multi-item stocks of material resources involved in the main technological process of an industrial enterprise. The study included a detailed analysis of existing scientific developments in the field of substantiating the characteristics of material resource stock management systems within industrial enterprises, and identifying the shortcomings of the corresponding tools (models, methods, algorithms etc.). An optimization model was developed that provides justification for the characteristics of the management system for multi-item stocks of material resources, taking into account the following risk categories: the risk of a shortage of one or more product items of stocks of material resources; the risk of exceeding the maximum permissible level of stock of material resources for one or more product items. The methodology for optimizing the safety stock for one product item was used as a theoretical basis. The most effective algorithms for implementing the model are based on the generalized decreasing gradient method, which demonstrates high accuracy and convergence rates in relation to the presence of smooth (differentiable) functions, as well as on stochastic global search methods. The developed optimization model was implemented on a practical example – to solve the problem of substantiating the characteristics of the management system for stocks of material resources used in the activities of enterprises in the construction industry. The results of the implementation of the model on a practical example confirmed its high practical significance.

Keywords: optimization model, industrial enterprise, material resources, inventory management, residual inventory level, deficit level

Citation: Bulatnikova P.A., Radaev A.E. (2025) Model for substantiating the characteristics of a material resource inventory management system, taking into account various risk categories. *П-Еconomy*, 18 (4), 140–157. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18408>

Введение

Актуальность исследования

В современных условиях развития отечественных промышленных предприятий, характеризующихся высокой изменчивостью характеристик соответствующих сетей поставок, эффективное управление материально-техническим обеспечением становится одним из ключевых факторов устойчивого развития при гарантировании требуемого уровня гибкости и адаптивности соответствующих производственных систем. Особую значимость в этом контексте приобретают вопросы обеспечения эффективной системы управления многономенклатурными запасами материальных ресурсов, непосредственно задействованных в основных производственных процессах,

для достижения минимизации затрат на управление запасами и, как следствие, повышения показателей рентабельности промышленных предприятий [1, 2]. Данное обстоятельство определяется значительной долей потерь, обусловленных неэффективным управлением запасами при отсутствии применения обоснованного научного подхода к организации поставок и хранения материальных ресурсов, в общей структуре затрат промышленных предприятий. Также следует отметить высокую степень влияния характеристик системы управления запасами на показатели гибкости (в частности, размаха значений временных или объемных параметров процесса поставки, при которых обеспечивается отсутствие дефицита материального ресурса или превышения максимально допустимого уровня соответствующего запаса) и адаптивности (в частности, ожидаемого периода или уровня дефицита материального ресурса при изменении временных или объемных параметров процесса поставки). При этом проблема обеспечения эффективного функционирования системы управления материальными ресурсами на промышленных предприятиях усугубляется отсутствием эффективных научных разработок, предоставляющих учет различных категорий рисков при обосновании характеристик соответствующих материальных потоков с учетом временных и пространственных ограничений, задаваемых в отношении производственных систем.

Таким образом, потребность современных промышленных предприятий в обеспечении эффективного функционирования систем управления запасами материальных ресурсов, а также отсутствие научных разработок в области обоснования характеристик вышеупомянутых систем управления запасами с учетом всех ключевых факторов (в том числе факторов случайного характера, обуславливающих наличие различных категорий рисков) определяют актуальность настоящего исследования.

Литературный обзор

На начальных этапах исследования был произведен обзор и анализ научных работ в области обоснования характеристик систем управления запасами материальных ресурсов в рамках промышленных предприятий.

В.М. Волокитина, Т.Г. Гедич, В.О. Дятлова, В.В. Сыроижко, Ш.М. Валитов, М.С. Языков, Ю.Д. Николаева, Д.И. Заруднев и К.Н. Буренок в своих работах [3–9] рассматривают наиболее распространенные классические системы управления запасами, их отличительные особенности, преимущества и недостатки, а также эффективность их функционирования применительно к технологическим процессам строительной отрасли.

А.А. Кузубов в своей работе [10] отмечает важность использования логистического подхода (предполагающего одновременный учет процессов снабжения, производства, сбыта продукции) при решении задач обеспечения эффективного функционирования систем управления запасами материальных ресурсов.

Е.В. Скворода в своей работе [11] рассматривает процесс решения задачи определения размера партии, интервала поставки и иных сопутствующих параметров системы управления запасами материальных ресурсов в качестве ключевой компоненты методического подхода к проектированию стратегии управления производственными запасами на промышленных предприятиях.

В работе [12] Р.Ю. Бородавко представлено описание формализованной процедуры определения оптимального уровня сбытовых запасов на основе результатов обработки статистических данных об объемах, структуре и уровне спроса на продукцию предприятия или (в случае отсутствия упомянутых статистических данных) на основе результатов экономико-математического моделирования.

Е.В. Капустиным и А.С. Шкуркиным в работе [13] предложено интегрально-дифференциальное уравнение для функции распределения уровня запасов в рамках модели управления запасами, предполагающей простейший поток заявок потребителей на отгрузку материального ресурса со склада, случайный объем отгрузки материального ресурса в рамках отдельной заявки, а также



пополнение запасов материального ресурса до заданного начального уровня через равные промежутки времени.

В работе [14] О.С. Прокофьевой и Я.В. Ющук представлено описание имитационной модели управления складскими запасами готовой продукции промышленного предприятия. При этом формализованное описание процесса решения задачи формирования системы управления складскими запасами выполнено с использованием средств линейного программирования и предполагает минимизацию интегральных логистических затрат предприятия.

О.В. Пацула в работе [15] рассмотрены вопросы использования средств динамического программирования для определения характеристик системы управления запасами материальных ресурсов в рамках задачи оптимального управления заемными средствами предприятия с учетом отдельных категорий финансовых рисков.

В работе [16] Е.П. Белоусовой представлено описание процесса решения задачи управления запасами материальных ресурсов как задачи поиска оптимального управляющего воздействия с использованием метода обратной связи.

Ц.-М. Цой¹ приводит описание детерминированных и стохастических задач управления запасами, базирующихся на аналитической модели экономичного размера заказа (Economic Order Quantity – EOQ), а также примеры решения задач для отдельных разновидностей эшелонированных логистических цепей.

В работе [17] Э.А. Сильвера, Д.Ф. Пайка и Р. Петерсона представлено описание принципов адаптации методов составления бюджета капиталовложений к решению задач обоснования оптимального уровня запасов материального ресурса в рамках промышленного предприятия.

Вопросы учета многономенклатурности запасов при обосновании характеристик соответствующих детерминированных систем управления рассмотрены в работах А.С. Мандель [18, 19], а также А.Е. Радаева, А.В. Левенцова, В.В. Кобзева [20].

Вопросы учета факторов случайного характера (в том числе относящихся к процессу потребления грузов со склада) при обосновании характеристик систем управления запасами материальных ресурсов в рамках промышленного предприятия представлено в работах О.А. Свиридовой, О.А. Корокусова, В.В. Домбровского, Е.В. Чаусовой, Р. Росси, Ш.А. Тарима, Б. Хниша, С. Прествича [21–25].

В статье [26] М.Ю. Карловой представлено описание обобщенной математической модели для формирования оптимальной стратегии управления запасами материальных ресурсов на основе ориентированных графов, в которых узлы описывают альтернативные состояния системы управления запасами, а дуги – переходы между состояниями, обусловленные управляющими воздействиями.

А.Л. Казаков, А.А. Лемперт и Т.Б. Фунг в работе [27] рассматривают вопросы описания систем управления запасами материальных ресурсов с использованием линейных дифференциальных уравнений второго порядка с запаздывающим аргументом.

В работе [28] И.В. Грылевой приведены результаты анализа областей эффективного практического применения отдельных детерминированных и стохастических моделей управления запасами.

М.Г. Гасратов в своей работе [29] рассматривает вопросы учета ценовой конкуренции промышленных предприятий, осуществляющих определенную логистическую функцию, с использованием элементов теории игр при обосновании характеристик соответствующих систем управления запасами.

В статье [30] И.В. Доможировой предложены экономико-математические модели расчета характеристик управления многономенклатурными запасами материальных ресурсов промышленного предприятия на основе критериев маржинальной прибыли, валовой прибыли и логистических издержек.

¹ Choi Ts.-M. (2014) *Handbook of EOQ Inventory Problems: Stochastic and Deterministic Models and Applications*, New York: Springer New York. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7639-9>

На основе результатов обзора и анализа научных работ, относящихся к рассматриваемой предметной области, были сделаны следующие выводы:

- значительная часть научных публикаций (в том числе² [3–11, 28]) содержит описание научных результатов обзорного или методического характера, при этом авторы публикаций не предлагают каких-либо инструментальных средств (моделей, методик, алгоритмов и т.п.), обеспечивающих значительное повышение адекватности получаемых результатов решения задачи обоснования характеристик системы управления многономенклатурными запасами материальных ресурсов в рамках промышленных предприятий;

- в отдельных работах (в том числе [12, 14, 17, 26, 30]) представлено формализованное описание процесса решения задачи обоснования характеристик системы управления многономенклатурными запасами материальных ресурсов для учета тех или иных факторов внутренней или внешней среды, однако отсутствие результатов реализации разработки на практическом примере не позволяет объективно оценить ее практическую значимость;

- в отдельных работах представлено описание научных разработок для решения рассматриваемой задачи, базирующихся на методах дифференциального исчисления [13, 27], динамического программирования [15], оптимального управления [16], решения систем линейных уравнений [18, 19], линейной и нелинейной оптимизации [20], а также на элементах теории вероятности [21–25] и теории игр [29]; основными недостатками вышеупомянутых разработок являются следующие: отсутствие объективного учета факторов случайного характера, относящихся в том числе к процессам поступления и убытия грузов из зоны хранения, и связанных с ними категорий рисков [15, 18–20]; высокая трудоемкость решения задачи для большого количества номенклатурных позиций (видов материального ресурса) [15, 16, 18, 19, 21–25, 29]; относительно невысокая адекватность работы вычислительных алгоритмов для реализации моделей [20].

Вышеуказанные выводы определили целесообразность разработки инструментальных средств, учитывающих характер вероятностных распределений случайных величин характеристик объемов многономенклатурных запасов, относящихся в том числе к остаточному запасу и дефициту, обусловленный влиянием различных категорий рисков.

Цель исследования

Целью исследования является разработка инструментальных средств для решения задачи обоснования характеристик системы управления многономенклатурными запасами материальных ресурсов с учетом требований в части недопущения дефицита материального ресурса и превышения максимально допустимого уровня запаса.

Основными задачами исследования явились следующие:

1. Разработка оптимизационной модели обоснования характеристик системы управления многономенклатурными запасами материальных ресурсов с учетом отдельных категорий рисков.
2. Практическая реализация полученной оптимизационной модели на примере конкретного производственного предприятия.

Объектом исследования является система управления многономенклатурными запасами материальных ресурсов, задействованных в основном технологическом процессе промышленного предприятия.

Предметом исследования являются характеристики системы управления многономенклатурными запасами материальных ресурсов, задействованных в основном технологическом процессе промышленного предприятия.

Методы и материалы

На промежуточных этапах исследования была разработана оптимизационная модель обоснования характеристик системы управления многономенклатурными запасами материальных

² Choi Ts.-M. (2014) *Handbook of EOQ Inventory Problems: Stochastic and Deterministic Models and Applications*, New York: Springer New York. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7639-9>

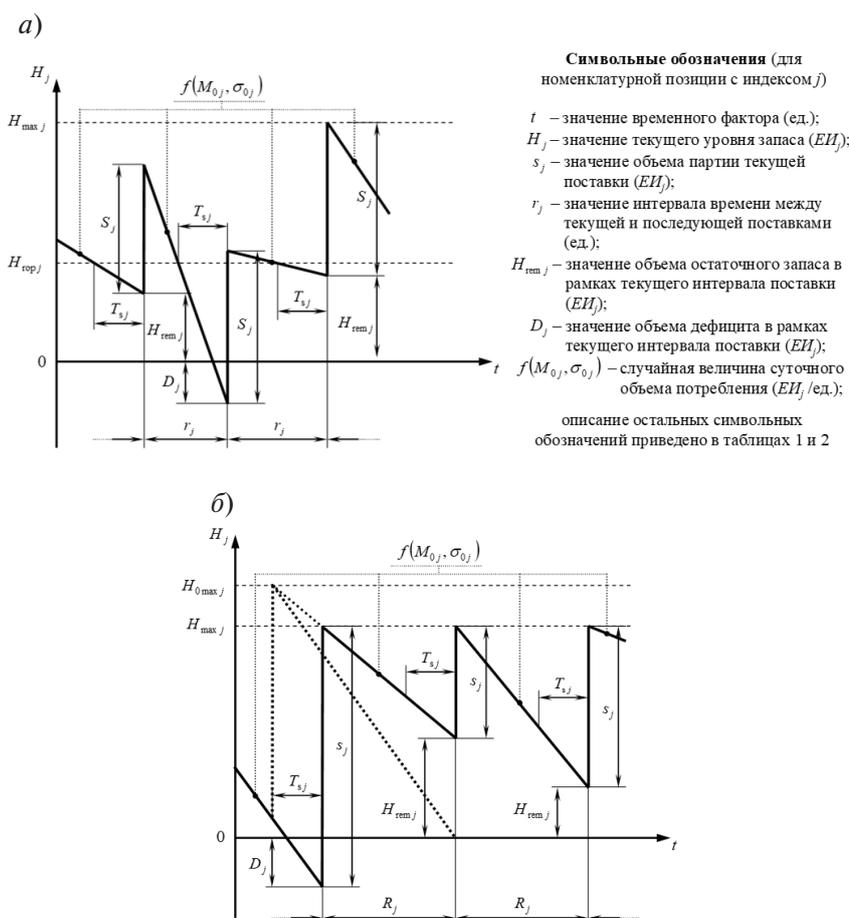


Рис. 1. Графическое описание моделей управления запасами, учитываемых в рамках разработанной оптимизационной модели:
 а) модель с фиксированной партией поставки; б) модель с фиксированным ритмом поставки
 Fig. 1. Graphical description of inventory management models considered within the developed optimization model:
 a) fixed order quantity model; b) fixed delivery rate model

ресурсов с учетом следующих категорий рисков: риск возникновения дефицита одной или нескольких номенклатурных позиций запасов материальных ресурсов; риск превышения максимально допустимого уровня запаса материальных ресурсов для одной или нескольких номенклатурных позиций. Оптимизационная модель базируется на следующих основных положениях:

1. Технологический процесс грузопереработки, реализуемый в рамках складского объекта, в рамках которого применяется система управления запасами материальных ресурсов, соответствует одной из следующих моделей управления запасами:

– модель с фиксированной партией поставки, предполагающая для каждой номенклатурной позиции запасов размещение заказа на поставку неизменного по заказам объема в момент времени, соответствующий достижению текущим уровнем запаса некоторого «сигнального» значения – так называемой точки заказа; при этом имеет место переменный интервал времени между хронологически смежными поставками на склад каждого отдельного вида груза;

– модель с фиксированным ритмом поставки, предполагающая для каждой номенклатурной позиции запасов размещение заказа на поставку переменного объема через неизменный по заказам интервал времени, соответствующий ритму поставки.

Графическое описание вышеупомянутых моделей представлено на рис. 1.

2. Каждая из моделей, упомянутых в п. 1, предполагает случайный характер величины суточного объема потребления каждого вида материального ресурса, соответствующий нормальному закону вероятностного распределения.

3. Каждая из моделей, упомянутых в п. 1, применяется одновременно ко всем номенклатурным позициям (видам материальных ресурсов), обрабатываемым в рамках складского объекта.

4. Каждая из моделей, упомянутых в п. 1, предполагает обоснование характеристик процесса поставки на склад каждого вида материальных ресурсов для обеспечения отсутствия дефицита упомянутого вида материальных ресурсов с заданной вероятностью.

5. Каждая из моделей, упомянутых в п. 1, предусматривает резервирование складских мощностей под каждый вид материальных ресурсов для обеспечения отсутствия переполнения емкости склада с заданной вероятностью.

6. Основным показателем организационно-технологической эффективности реализуемой системы управления запасами — это уровень сервиса, описывающий вероятность того, что спрос на определенный вид материального ресурса в течение интервала поставки будет удовлетворен исключительно за счет наличного запаса.

7. Основным показателем экономической эффективности реализуемой системы управления запасами — суммарные затраты, связанные как с хранением запасов материальных ресурсов, так и с их дефицитом на складе.

8. Затраты на хранение запасов каждой отдельной номенклатурной позиции материальных ресурсов определяются значением математического ожидания случайной величины остаточного объема запаса за интервал поставки.

9. Потери от дефицита каждого вида материального ресурса определяются значением математического ожидания случайной величины объема запаса, формируемого за интервал поставки.

10. Объем складского пространства, выделенный для запасов каждого отдельного вида груза, не может использоваться для хранения других номенклатурных позиций.

11. Необходимо определить оптимальные значения управляемых характеристик системы управления запасами на основе соответствующих показателей организационно-технологической и экономической эффективности.

Исходные данные и неизвестные переменные разработанной оптимизационной модели представлены в табл. 1. В качестве неизвестных переменных данной оптимизационной модели рассматривается вероятность отсутствия дефицита, учитываемая для каждой отдельной номенклатурной позиции, однозначно определяющая основные параметры модели управления запасом, на которых базируются показатели организационно-технологической и экономической эффективности применяемой модели.

Таблица 1. Исходные данные и неизвестные переменные оптимизационной модели
Table 1. Input data and unknown variables of the optimization model

№ п.п.	Наименование элемента исходных данных	Ед. изм.	Обозначение / выражение
1	2	3	4
1	Исходные данные		
1.1	Агрегированные исходные данные		
1.1.1	Количество видов материального ресурса	ед.	n
1.1.2	Максимальный интервал времени поставки материального ресурса на склад ⁽¹⁾	ед. ⁽²⁾	$T_{s \max}$
1.1.3	Длительность учетного временного периода	ед. ⁽²⁾	T
1.1.4	Фактическая резервируемая емкость складского объекта	м ³	$H'_{\max \text{ lim}}$
1.2	Индексы		
1.2.1	Индекс вида материального ресурса	—	$j = 1, 2, \dots, n$
1.2.2	Индекс, определяющий количество суток до момента поставки	—	$k = 0, 1, \dots, T_s^{\max}$
1.3	Исходные данные, задаваемые для каждого вида материального ресурса с индексом $j(j = 1, 2, \dots, n)$		
1.3.1	Наименование вида материального ресурса	—	—
1.3.2	Объем, занимаемый единицей объема потребления	м ³ /ЕИ _{<i>j</i>} ⁽³⁾	v_j
1.3.3	Параметр вероятностного распределения случайной величины суточного объема потребления	Математическое ожидание	$EИ_j^{(3)}$ M_{0j}
1.3.4		Среднеквадратическое отклонение	$EИ_j^{(3)}$ σ_{0j}
1.3.5	Объем партии поставки ⁽⁴⁾	$EИ_j^{(3)}$	S_j
1.3.6	Ритм поставки ⁽⁵⁾	ед. ⁽²⁾	R_j
1.3.7	Длительность поставки партии материального ресурса	ед. ⁽²⁾	T_{sj}
1.3.8	Суточные затраты на хранение единицы объема потребления	д.е./ (ЕИ _{<i>j</i>} ·ед.) ⁽²⁾⁽³⁾	c_{hj}
1.3.9	Суточные потери от дефицита единицы объема потребления	д.е./ (ЕИ _{<i>j</i>} ·ед.) ⁽²⁾⁽³⁾	c_{dj}
1.3.10	Минимальное значение вероятности покрытия спроса (уровня сервиса)	—	$U_{\min j}$
1.3.11	Вероятность отсутствия переполнения резерва складского объекта	—	P_{cj}
1.3.12	Предельное значение вероятности отсутствия дефицита	Минимальное значение	$P_{\min j}$ $P_{\min j}$
1.3.13		Максимальное значение	$P_{\max j}$ $P_{\max j}$
2	Неизвестные переменные		
2.1	Неизвестные переменные, учитываемые для каждого отдельного вида материального ресурса с индексом $j(j = 1, 2, \dots, n)$		
2.1.1	Фактическое значение вероятности отсутствия дефицита	—	P_{0j}

Примечания: ⁽¹⁾ Значение элемента исходных данных должно удовлетворять условию:

– в случае реализации модели управления запасами с фиксированной партией поставки $T_{s \max} \geq \max_j \{T_{sj}\}$;

– в случае реализации модели управления запасами с фиксированным ритмом поставки $T_{s \max} \geq \max_j \{T_{sj} + R_j\}$.

Описание компонент вышеуказанных выражений приведено в п. 1.3.6, 1.3.7 таблицы.

⁽²⁾ Обозначение «ед.» определяет элементарный временной интервал – сутки.

⁽³⁾ Обозначение «ЕИ_{*j*}» определяет уникальную для каждого вида материального ресурса (с индексом j) единицу измерения, зависящую от его конфигурации (для штучного или тарно-штучного ресурса – ед.; для навалочного ресурса – м³ или т; и т.д.).

Таблица 2. Расчетные характеристики оптимизационной модели
 Table 2. Calculated characteristics of the optimization model

№ п.п.	Наименование элемента исходных данных		Ед. изм.	Обозначение / выражение
1	2		3	4
1	Расчетные характеристики, вычисляемые для каждого отдельного вида материального ресурса с индексом $j(j = 1, 2, \dots, n)$ и каждого альтернативного значения количества суток до момента поставки $k(k = 0, 1, \dots, T_{s \max})$			
1.1	Значение вероятности отсутствия дефицита ⁽¹⁾	Для модели с фиксированной партией поставки ⁽²⁾	—	$P_{jk} = \begin{cases} \Phi \left(\frac{H_{\text{top } j} - M_{0j} \cdot (T_{sj} - k)}{\sigma_{0j} \cdot \sqrt{T_{sj} - k}} \right), & k < T_{sj}; \\ \text{null}, & k \geq T_{sj} \end{cases}$
1.2		Для модели с фиксированным ритмом поставки ⁽²⁾	—	$P_{jk} = \begin{cases} \Phi \left(\frac{H_{0\text{max } j} - M_{0j} \cdot (T_{sj} + R_j - k)}{\sigma_{0j} \cdot \sqrt{T_{sj} + R_j - k}} \right), & k < T_{sj} + R_j; \\ \text{null}, & k \geq T_{sj} + R_j \end{cases}$
2	Расчетные характеристики, вычисляемые для каждого отдельного вида материального ресурса с индексом $j(j = 1, 2, \dots, n)$			
2.1	Расчетная точка заказа ⁽³⁾⁽⁴⁾		$EI_j^{(5)}$	$H_{\text{top } j} = \Phi'(P_{0j}) \cdot \sigma_{0j} \cdot \sqrt{T_{sj}} + M_{0j} \cdot T_{sj}$
2.2	Условный максимальный объем запаса ⁽⁴⁾⁽⁶⁾		$EI_j^{(5)}$	$H_{0\text{max } j} = \Phi'(P_{0j}) \cdot \sigma_{0j} \cdot \sqrt{T_{sj} + R_j} + M_{0j} \cdot (T_{sj} + R_j)$
2.3	Расчетная резервируемая емкость склада, выражаемая в единицах материального ресурса	Для модели с фиксированной партией поставки	$EI_j^{(5)}$	$H_{\text{max } j} = H_{\text{top } j} + S_j - M_{0j} \cdot T_{sj} - \Phi'(1 - P_{cj}) \cdot \sigma_{0j} \cdot \sqrt{T_{sj}}$
2.4		Для модели с фиксированным ритмом поставки	$EI_j^{(5)}$	$H_{\text{max } j} = H_{0\text{max } j} - M_{0j} \cdot T_{sj} - \Phi'(1 - P_{cj}) \cdot \sigma_{0j} \cdot \sqrt{T_{sj}}$
2.5	Расчетная резервируемая емкость складского объекта, выражаемая в объеме пространства		M^3	$H'_{\text{max } j} = H_{\text{max } j} \cdot v_j$
2.6	Математическое ожидание длительности периода дефицита	Для модели с фиксированной партией поставки	ед.	$\bar{T}_{dj} = T_{sj} - \sum_{k=0}^{T_{sj}-1} P_{kj}$
2.7		Для модели с фиксированным ритмом поставки	ед.	$\bar{T}_{dj} = T_{sj} + R_j - \sum_{k=0}^{T_{sj}+R_j-1} P_{kj}$
2.8	Математическое ожидание объема дефицита		$EI_j^{(5)}$	$\bar{D}_j = M_{0j} \cdot \bar{T}_{dj}$
2.9	Математическое ожидание объема остаточного запаса ⁽⁷⁾	Для модели с фиксированной партией поставки	$EI_j^{(5)}$	$\bar{H}_{\text{rem } j} = (H_{\text{top } j} - M_{0j} \cdot T_{sj}) \cdot P_{0j} +$ $+ \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot e^{-\frac{(H_{\text{top } j} - M_{0j} \cdot T_{sj})^2}{2(\sigma_{0j} \cdot \sqrt{T_{sj}})^2}} \cdot \sigma_{0j} \cdot \sqrt{T_{sj}}$
2.10		Для модели с фиксированным ритмом поставки	$EI_j^{(5)}$	$\bar{H}_{\text{rem } j} = (H_{0\text{max } j} - M_{0j} \cdot (T_{sj} + R_j)) \cdot P_{0j} +$ $+ \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot e^{-\frac{(H_{0\text{max } j} - M_{0j} \cdot (T_{sj} + R_j))^2}{2(\sigma_{0j} \cdot \sqrt{T_{sj} + R_j})^2}} \cdot \sigma_{0j} \cdot \sqrt{T_{sj} + R_j}$

Окончание таблицы 2

№ п.п.	Наименование элемента исходных данных		Ед. изм.	Обозначение / выражение
2.11	Фактическое значение вероятности покрытия спроса (уровня сервиса)	Для модели с фиксированной партией поставки	—	$U_j = 1 - \frac{\bar{D}_j}{S_j}$
2.12		Для модели с фиксированным ритмом поставки	—	$U_j = 1 - \frac{\bar{T}_{dj}}{T_{sj} + R_j}$
2.13	Ожидаемые затраты на хранение материальных ресурсов за интервал поставки	Для модели с фиксированной партией поставки	д.е./ед.	$C_{hj} = c_{hj} \cdot T_{sj} \cdot \bar{H}_{remj}$
2.14		Для модели с фиксированным ритмом поставки	д.е./ед.	$C_{hj} = c_{hj} \cdot (T_{sj} + R_j) \cdot \bar{H}_{remj}$
2.15	Ожидаемые потери от дефицита грузов за интервал поставки		д.е./ед.	$C_{dj} = c_{dj} \cdot \bar{T}_{dj} \cdot \bar{D}_j$
2.16	Расчетное количество интервалов поставки в рамках учетного периода	Для модели с фиксированной партией поставки	ед.	$L_j = \frac{T}{T_{sj}}$
2.17		Для модели с фиксированным ритмом поставки	ед.	$L_j = \frac{T}{T_{sj} + R_j}$
3	Агрегированные расчетные характеристики			
3.1	Расчетная резервируемая емкость складского объекта		м ³	$H'_{max} = \sum_{j=1}^n H'_{maxj}$
3.2	Суммарные затраты, связанные с хранением материальных ресурсов, в рамках интервала поставки		д.е.	$C_{0h} = \sum_{j=1}^n C_{hj}$
3.3	Суммарные затраты, связанные с дефицитом материальных ресурсов, в рамках интервала поставки		д.е.	$C_{0d} = \sum_{j=1}^n C_{dj}$
3.4	Общие суммарные затраты в рамках интервала поставки		д.е.	$C_{0\Sigma} = C_{0h} + C_{0d} = \sum_{j=1}^n (C_{hj} + C_{dj})$
3.5	Суммарные затраты, связанные с хранением материальных ресурсов, в рамках учетного периода		д.е.	$C_h = \sum_{j=1}^n C_{hj} \cdot L_j$
3.6	Суммарные затраты, связанные с дефицитом материальных ресурсов, в рамках учетного периода		д.е.	$C_d = \sum_{j=1}^n C_{dj} \cdot L_j$
3.7	Общие суммарные затраты в рамках учетного периода		д.е.	$C_\Sigma = C_h + C_d = \sum_{j=1}^n (C_{hj} + C_{dj}) \cdot L_j$

Примечания:

(1) Вычисление расчетных характеристик производится после расчета характеристик п. 2.1 и 2.2 таблицы – в случае реализации модели управления запасами с фиксированной партией и с фиксированным ритмом поставки материальных ресурсов соответственно.

(2) Компонент $\Phi(\dots)$ в составе соответствующего математического выражения определяет вычисление значения функции распределения – вероятности того, что случайная величина не превысит заданное значение, – на основе заданного нормированного отклонения от математического ожидания случайной величины (вычисление производится с использованием функции Лапласа).

(3) Вычисление расчетной характеристики производится только в случае реализации модели управления запасами с фиксированной партией поставки материальных ресурсов.

(4) Компонент $\Phi'(\dots)$ в составе соответствующего математического выражения определяет вычисление аргумента функции распределения – нормированного отклонения от математического ожидания случайной величины – на основе заданной вероятности того, что случайная величина не превысит заданное значение (вычисление производится с использованием функции Лапласа).

(5) Обозначение « EI_j » определяет уникальную для каждого вида материального ресурса (с индексом j) единицу измерения, зависящую от его конфигурации (для штучного или тарно-штучного материального ресурса – ед.; для навалочного материального ресурса – м³ или т; и т.д.).

(6) Вычисление расчетной характеристики производится только в случае реализации модели управления запасами с фиксированным ритмом поставки материальных ресурсов.

(7) Математическое выражение для расчетной характеристики сформировано на основе положения о том, что случайная величина объема страхового запаса с вероятностью $1 - P_{0j}$ принимает нулевое значение, а с вероятностью P_{0j} – значение, соответствующее усеченному нормальному вероятностному распределению со следующими параметрами: математическое ожидание $\eta_j - M_{0j} \cdot \tau_j$, среднеквадратическое отклонение $\sigma_{0j} \cdot \sqrt{\tau_j}$, нижнее граничное значение случайной величины $\alpha_j = 0$, верхнее граничное значение случайной величины $\beta_j = +\infty^3$; при этом исходное выражение для математического ожидания вышеупомянутого усеченного нормального вероятностного распределения будет иметь вид:

$$H_{remj} = 0(1 - P_{0j}) + \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot e^{-\frac{(\alpha_j - (\eta_j - M_{0j} \cdot \tau_j))^2}{2(\sigma_{0j} \cdot \sqrt{\tau_j})^2}} - \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot e^{-\frac{(\beta_j - (\eta_j - M_{0j} \cdot \tau_j))^2}{2(\sigma_{0j} \cdot \sqrt{\tau_j})^2}} + (\eta_j - M_{0j} \cdot \tau_j) \cdot \frac{\tilde{\Phi}\left(\frac{\beta_j - (\eta_j - M_{0j} \cdot \tau_j)}{\sigma_{0j} \cdot \sqrt{\tau_j}}\right) - \tilde{\Phi}\left(\frac{\alpha_j - (\eta_j - M_{0j} \cdot \tau_j)}{\sigma_{0j} \cdot \sqrt{\tau_j}}\right)}{\sigma_{0j} \cdot \sqrt{\tau_j}}$$

где $\tilde{\Phi}(\dots)$ – функция стандартного нормального распределения (функция Лапласа); η_j, τ_j – элементы параметров усеченного нормального распределения. В случае реализации модели управления запасами с фиксированной партией поставки $\eta_j = H_{ropj}$; $\tau_j = T_{sj}$. В случае реализации модели управления запасами с фиксированным ритмом поставки $\eta_j = H_{0maxj}$; $\tau_j = T_{sj} + R_j$. Описание компонент вышеприведенного выражения представлено в п. 1.3.3, 1.3.4, 1.3.6, 1.3.7, 2.1.1 табл. 1, а также в п. 2.1, 2.2 данной таблицы.

Структура оптимизационной модели определяется следующими выражениями [31]:

– в обобщенном виде:

$$\left\{ C_{\Sigma}(\{P_{0j}\}) \rightarrow \min; \right. \tag{1}$$

$$\left. P_{0minj} \leq P_{0j} \leq P_{0maxj}, j = 1, 2, \dots, n; \right. \tag{2}$$

$$\left. U_j(P_{0j}) \geq U_{minj}, j = 1, 2, \dots, n; \right. \tag{3}$$

$$\left. H'_{max}(\{P_{0j}\}) \leq H'_{maxlim}; \right. \tag{4}$$

– в развернутом виде:

$$\left\{ \sum_{j=1}^n (C_{hj} + C_{dj}) \cdot L_j(P_{0j}) \rightarrow \min; \right. \tag{5}$$

$$\left. P_{0minj} \leq P_{0j} \leq P_{0maxj}, j = 1, 2, \dots, n; \right. \tag{6}$$

$$\left. U_j(P_{0j}) \geq U_{minj}, j = 1, 2, \dots, n; \right. \tag{7}$$

$$\left. \sum_{j=1}^n H'_{maxj}(P_{0j}) \leq H'_{maxlim}. \right. \tag{8}$$

³ Макаров В.М. (2007) *Логистика. Управление запасами в логистических системах*, учебное пособие, 3-е изд., стер., СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 98. DOI: <https://doi.org/10.18720/SPBPU/2/si20-1197>



Особенностью разработанной модели является ее нелинейная математическая структура, обусловленная необходимостью описания вероятностных зависимостей, а также ограничений по уровню сервиса и условий дефицита запаса или переполнения емкости складского объекта, определяющая целесообразность использования алгоритмов нелинейной оптимизации, доступных в современных программных средах оптимизационного моделирования. Наиболее эффективные алгоритмы для реализации модели базируются на методе обобщенного понижающего градиента, демонстрирующем высокие показатели точности и сходимости в отношении наличия гладких (дифференцируемых) функций, а также на методах эволюционного развития – стохастических методах глобального поиска, эффективных для многомерных задач со сложной структурой ограничений и множественными локальными экстремумами.

Результаты и обсуждение

Разработанная оптимизационная модель была реализована на практическом примере – для решения задачи обоснования характеристик системы управления запасами материальных ресурсов, используемых в деятельности предприятий строительной отрасли, – как для случая реализации модели управления запасами с фиксированной партией поставки, так и для случая реализации модели с фиксированным ритмом поставки. Построение оптимизационной модели производилось с использованием Microsoft Excel, реализация модели осуществлялась с использованием генетического алгоритма, доступного в надстройке «Поиск решения».

Исходные данные и соответствующие им результаты реализации оптимизационной модели представлены в табл. 3. Длительность учетного периода составляла $T = 30$ ед., максимальный интервал времени поставки грузов на склад – $T_{s \max} = 10$ ед. Резервируемая емкость складского объекта была принята равной $H'_{\max \lim} = 1400$ м³. Одна денежная единица (д.е.) принималась равной 100 руб.

Помимо выполнения базового вычислительного эксперимента (с использованием значений исходных данных, указанных в табл. 3) с применением оптимизационной модели была выполнена процедура анализа чувствительности значения целевой функции – общих суммарных затрат (п. 3.7 табл. 2) – в оптимальном решении к изменению комбинации значений математического ожидания случайной величины суточного объема потребления (п. 1.3.3 табл. 1). В дополнение к комбинации значений вышеупомянутого элемента исходных данных (далее – базовой комбинации), указанной в табл. 3, были рассмотрены восемь альтернативных комбинаций, для которых значение математического ожидания суточного объема потребления для каждого вида материального ресурса было изменено на -30% , -20% , -10% , $+10\%$, $+20\%$, $+30\%$, $+40\%$, $+50\%$ от соответствующего значения в составе базовой комбинации. Результаты выполнения процедуры анализа чувствительности представлены на рис. 2.

Как видно из рис. 2а, общие суммарные затраты для модели с фиксированной партией поставки возрастают при увеличении значений математического ожидания суточного объема потребления. При этом для модели с фиксированным ритмом поставки (рис. 2б) при увеличении значений математического ожидания суточного объема потребления значения суммарных затрат снижаются в интервале от минимальных значений до значений базовой комбинации, после чего монотонно возрастают.

Ввиду того, что интенсивность возрастания общих суммарных затрат в оптимальном решении для случая реализации модели с фиксированным ритмом поставки затраты происходит с меньшей интенсивностью в сравнении со случаем реализации модели с фиксированным ритмом поставки, можно сделать вывод, что модель управления запасами с фиксированным ритмом поставки является более предпочтительной для рассматриваемого складского объекта.

Таблица 3. Исходные данные и результаты реализации оптимизационной модели на практическом примере
 Table 3. Input data and results of the optimization model's implementation on a practical case

Индекс вида материального ресурса	Наименование вида груза	Единица измерения объема потребления	Объем, занимаемый единицей объема потребления	Параметры вероятностного распределения случайного объема потребления		Объем партии поставки	Ритм поставки	Длительность поставки партии ресурса	Случайные затраты на хранение (ЕИ/ед.)	Случайные потери от дефицита единицы объема потребления (ЕИ/ед.)	Миним. вероятность покрытия спроса (уровень сервиса)	Вероятность отсутствия переполнения резерва склада	Вероятности отсутствия дефицита для модели	
				Матем. ожидание	Среднекв. отклонение								Фикс. партия	Фикс. ритм
j	—	$ЕИ_j$	v_j	M_{0j}	s_{0j}	S_j	R_j	T_{sj}	c_{hj}	c_{dj}	$U_{min,j}$	P_{ej}	P_{0j}^{opt}	P_{0j}^{opt}
—	—	—	м ³ /ЕИ _j	ЕИ/ед.	ЕИ/ед.	ЕИ _j	ед.	ед.	д.е./ (ЕИ/ед.)	д.е./ (ЕИ/ед.)	—	—	—	—
1	Цементно-песчаная смесь Клауф (паллет 1200×1000×450 мм)	ед.	16,65	27,75	5,63	115	7	4	3,43	2,56	0,8	0,903	0,4021	0,3650
2	Утеплитель ТЕХНОНИКОЛЬ (рулоны 1800×500×500 мм)	ед.	5,634	9,39	1,39	43	10	5	7,6	7,85	0,8	0,977	0,4110	0,3649
3	Керамогранит (паллет 1200×1000×400 мм)	ед.	13,254	22,09	2,7	136	13	6	7	4,85	0,8	0,936	0,3820	0,3521
4	Металлопрофиль (связка 2700×250×250 мм)	ед.	4,374	7,29	2,15	43	9	4	3,64	6,51	0,8	0,999	0,4685	0,3960
5	Пополочные панели (паллет 1200×1000×1500 мм)	ед.	13,02	21,7	2,59	103	6	4	5,67	3,08	0,8	0,95	0,3967	0,3602
6	Плиточный клей Bergauf Granit (паллет 1200×800×400 мм)	ед.	14,718	24,53	7,05	132	12	7	7,39	2,44	0,8	0,963	0,3588	0,3464
7	Штукатурка Xêber Vêtonit (паллет 1200×800×450 мм)	ед.	5,556	9,26	1,31	38	9	5	2,13	4,71	0,8	0,974	0,4791	0,3968
8	Стеклопанели в сборе (паллет 2200×2000×500 мм)	ед.	2,562	4,27	0,5	30	11	6	5,8	8,65	0,8	0,953	0,4299	0,3720
9	Мебельная фурнитура (паллет 1200×800×1000 мм)	ед.	10,488	17,48	4,06	61	8	4	9,53	9,89	0,8	0,955	0,4235	0,3734
10	Плинтус половой (связка 2000×400×400 мм)	ед.	15,984	26,64	7,99	184	14	8	8,56	5,13	0,8	0,962	0,3719	0,3523

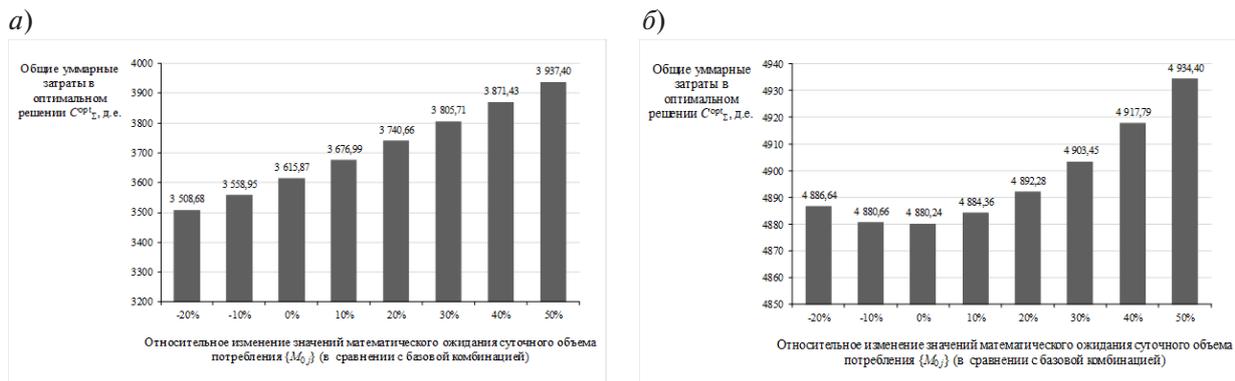


Рис. 2. Зависимость общих суммарных затрат от относительного изменения значений математического ожидания суточного объема потребления для случая реализации модели управления запасами:

а) с фиксированной партией поставки; б) с фиксированным ритмом поставки

Fig. 2. Dependence of total aggregate costs on the relative change in the values of the mean value for the daily consumption volume in the case of implementing the inventory management model: a) with a fixed delivery batch; b) with a fixed delivery rhythm

Заключение

В результате проведенного исследования получены следующие результаты:

- выполнен обзор и анализ научных трудов, посвященных обоснованию характеристик системы управления запасами материальных ресурсов в рамках промышленных предприятий; определены недостатки существующих научных разработок, обуславливающие относительно невысокую практическую значимость результатов решения вышеописанной задачи;

- разработана оптимизационная модель обоснования характеристик системы управления запасами материальных ресурсов с учетом следующих категорий рисков: риска возникновения дефицита одной или нескольких номенклатурных позиций запасов материальных ресурсов; риска превышения максимально допустимого уровня запаса материальных ресурсов для одной или нескольких номенклатурных позиций;

- произведена реализация разработанной оптимизационной модели на практическом примере; полученные результаты подтвердили высокую прикладную ценность разработанного инструментального средства.

Направления дальнейших исследований

На дальнейших этапах исследования предполагается модификация разработанной оптимизационной модели для случая соответствия случайной величины суточного объема потребления каждого вида материального ресурса, хранимого в рамках складского объекта, альтернативному (отличному от нормального) закону вероятностного распределения, а также выполнение сравнительного анализа альтернативных вычислительных алгоритмов для реализации оптимизационной модели с точки зрения показателей сходимости и точности.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Хоботов Е.Н., Аверьянова Е.Е. (2023) Задачи и методы управления запасами в иерархической системе складов. *Автоматика и телемеханика*, 12, 64–79. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0005231023120061>

2. Бром А.Е., Сидельников И.Д. (2018) Оптимизация многономенклатурного запаса в системах материально-технического обеспечения машиностроительной продукции гражданского назначения. *Современные наукоемкие технологии*, 3, 19–24.

3. Волокитина В.М., Гедич Т.Г. (2015) Обоснование модели управления запасами материально-технических ресурсов на угледобывающем предприятии. *Вестник Иркутского государственного технического университета*, 11 (106), 176–180.
4. Дятлова В.О., Сыройжко В.В. (2021) Модели и методы управления запасами предприятия. *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*, 3–1 (54), 40–42. DOI: <https://doi.org/10.24412/2500-1000-2021-3-1-40-42>
5. Валитов Ш.М. (2005) Модели управления запасами промышленного предприятия. *Вестник Казанского государственного финансово-экономического института*, 1 (1), 36–40.
6. Языков М.С. (2008) Анализ моделей и методов управления запасами. *Экономический вестник Ростовского государственного университета*, 6 (4–4), 75–80.
7. Николаева Ю.Д., Давидян Н.А., Агаджанова К.Э. (2017) Модели управления запасами. *Синтез науки и общества в решении глобальных проблем современности*, 1, 159–161.
8. Заруднев Д.И., Болтенко Ю.А. (2013) Оценка эффективности функционирования моделей управления запасами в условиях неопределенности. *Формирование транспортно-логистической инфраструктуры. Стратегическое направление повышения конкурентоспособности транспортного комплекса России*, 25–33.
9. Буренок К.Н. (2020) Совершенствование системы управления запасами строительных компаний. *Актуальные теоретические и прикладные вопросы управления социально-экономическими системами*, 1, 101–105.
10. Кузубов А.А. (2017) Особенности системы управление запасами в логистической системе предприятия. *АНИ: экономика и управление*, 6 (4 (21)), 137–140.
11. Скворода Е.В. (2017) Методический подход к проектированию стратегии управления производственными запасами на промышленных предприятиях. *Труды БГТУ. Серия 5: Экономика и управление*, 2 (202), 104–108.
12. Бородавко Р.Ю. (2018) К вопросу о совершенствовании процессов складской логистики на предприятии. *Форум молодых ученых*, 12 (28), 639–643.
13. Капустин Е.В., Шкуркин А.С. (2019) Оптимизация параметров стохастической модели управления запасами. *Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика*, 46, 56–63. DOI: <https://doi.org/10.17223/19988605/46/7>
14. Прокофьева О.С., Юшук Я.В. (2017) Оптимизационная модель управления материальными запасами на производственном предприятии. *Вестник Иркутского государственного технического университета*, 21 (7), 158–163. DOI: <https://doi.org/10.21285/1814-3520-2017-7-158-163>
15. Пацула О.В. (2018) Динамическое программирование в нелинейных моделях управления материально-производственными запасами предприятия. *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*, 9, 175–179. DOI: <https://doi.org/10.24411/2500-1000-2018-10038>
16. Белоусова Е.П. (2022) Оптимальное управление дискретным распределением запасов. *Регион: системы, экономика, управление*, 3 (58), 147–153. DOI: <https://doi.org/10.22394/1997-4469-2022-58-3-147-153>
17. Silver E.A., Pyke D.F., Peterson R. (1998) *Inventory Management and Production Planning and Scheduling*, 3rd ed. New York: Wiley.
18. Мандель А.С. (2011) Управление многономенклатурными запасами в условиях неопределенности и нестационарности. Ч. I. Нормативная модель. *Проблемы управления*, 6, 47–51.
19. Мандель А.С. (2012) Управление многономенклатурными запасами в условиях неопределенности и нестационарности. Ч. II. Создание страховых запасов. *Проблемы управления*, 1, 42–46.
20. Радаев А.Е., Левенцов В.А., Кобзев В.В. (2017) Оптимизационные модели обоснования характеристик системы управления многономенклатурными запасами на промышленном предприятии. *Логистика и управление цепями поставок*, 3 (80), 4–20.
21. Свиридова О.А. (2011) Детерминированная и стохастическая модели минимизации издержек в системах управления запасами. *Логистика*, 4, 28–30.
22. Косоруков О.А., Свиридова О.А. (2012) Учет неопределенности спроса при оптимизации системы управления запасами. *Логистика*, 6, 12–13.
23. Rossi R., Prestwich S., Tarım Ş.A., Hnich B. (2007) Replenishment Planning for Stochastic Inventory Systems with Shortage Cost. In: *Integration of AI and OR Techniques in Constraint Programming for Combinatorial Optimization Problems* (eds. P. Van Hentenryck, L. Wolsey), 4510, 229–243. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-540-72397-4_17



24. Косоруков О.А., Свиридова О.А. (2012). Стохастическая непрерывная модель управления запасами. *Вестник РЭУ*, 4, 91–95.
25. Домбровский В.В., Чаусова Е.В. (2000) Математическая модель управления запасами при случайном сезонном спросе и ненадежных поставщиках. *Вестник Томского государственного университета*, 271, 141–146.
26. Карлова М.Ю. (2011) Разработка обобщенной математической модели управления материальными запасами. *Вестник Воронежского государственного технического университета*, 7 (3), 89–91.
27. Казаков А.Л., Лемперт А.А., Бао Т.Ф. (2012) Математическая модель управления запасами (поставками) с учетом запаздывания. *Вестник ИрГТУ*, 4 (63), 131–137.
28. Грылева И.В. (2014) Условия применения статических детерминированных и вероятностных математических моделей управления запасами. *Мир науки*, 4, art. no. 28EMN414.
29. Гасратов М.Г. (2007) Математическая модель управления материальными запасами в случае ценовой конкуренции. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 10: Прикладная математика. Информатика. Процессы управления*, 3, 9–17.
30. Доможирова И.В. (2013) Использование экономико-математических моделей в управлении товарными запасами организации. *Известия Тульского государственного университета. Экономические и юридические науки*, 2–1, 165–171.
31. Булатникова П.А., Радаев А.Е. (2024) Инструментальные средства обоснования характеристик системы управления запасами строительных материалов с учетом различных категорий рисков. *Неделя науки ИСИ*, 2, 142–144.

REFERENCES

1. Khobotov E.N., Aver'yanova E.E. (2023) Zadachi i metody upravleniya zapasami v ierarkhicheskoy sisteme skladov [Tasks and methods of inventory management in a hierarchical warehouse system]. *Avtomatika i telemekhanika [Automation and telemetry]*, 12, 64–79. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0005231023120061>
2. Brom A.E., Sidelnikov I.D. (2018) Optimization of multinomenclature stock in the systems of material and technical support of civil engineering machinery. *Modern high technologies*, 3, 19–24.
3. Volokitina V.M., Gedich T.G. (2015) Justification of material and technical resources management model at a coal mining enterprise. *Proceedings of Irkutsk State Technical University*, 11 (106), 176–180.
4. Dyatlova V.O., Syroizhko V.V. (2021) Models and methods of enterprise inventory management. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*, 3–1 (54), 40–42. DOI: <https://doi.org/10.24412/2500-1000-2021-3-1-40-42>
5. Valitov Sh.M. (2005) Modeli upravleniia zapasami promyshlennogo predpriiatiia [Models of inventory management of industrial enterprise]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo finansovo-ekonomicheskogo instituta [Bulletin of Kazan State Financial and Economic Institute]*, 1 (1), 36–40.
6. Iazykov M.S. (2008) Analiz modelei i metodov upravleniia zapasami [Analysis of inventory management models and methods]. *Ekonomicheskii vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta [Economic Bulletin of Rostov State University]*, 6 (4–4), 75–80.
7. Nikolaeva Iu.D., Davidian N.A., Agadzhanova K.E. (2017) Modeli upravleniia zapasami [Inventory Management Models]. *Sintez nauki i obshchestva v reshenii global'nykh problem sovremennosti [Synthesis of science and society in solving global problems of our time]*, 1, 159–161.
8. Zarudnev D.I., Boltenko IU.A. (2013) Otsenka effektivnosti funktsionirovaniia modelei upravleniia zapasami v usloviakh neopredelennosti [Evaluation of the efficiency of inventory management models under uncertainty]. *Formirovanie transportno-logisticheskoi infrastruktury. Strategicheskoe napravlenie povysheniia konkurentosposobnosti transportnogo kompleksa Rossii [Formation of transport and logistics infrastructure. Strategic direction for increasing the competitiveness of the transport complex of Russia]*, 25–33.
9. Burenok K.N. (2020) Improvement of the inventory management system of construction companies. *Aktual'nye teoreticheskie i prikladnye voprosy upravleniia sotsial'no-ekonomicheskimi sistemami [Current theoretical and applied issues of management of socio-economic systems]*, 1, 101–105.

10. Kuzubov A.A. (2017) System features inventory management in the logistics system business. *ASR: Economics and Management*, 6 (4 (21)), 137–140.
11. Skvoroda E.V. (2017) Methodical approach to designing the management strategy for manufacturing reserves in industrial enterprises. *Proceedings of BSTU. Issue 5: Economics and Management*, 2 (202), 104–108.
12. Borodavko R.Yu. (2018) To the question about perfection of the processes of warehouse logistics at the enterprise. *Forum molodykh uchenykh [Forum of young scientists]*, 12 (28), 639–643.
13. Kapustin E.V., Shkurkin A.S. (2019) Optimizatsiia parametrov stokhasticheskoi modeli upravleniia zapasami [Optimization of parameters of a stochastic inventory management model]. *Tomsk State University Journal of Control and Computer Science*, 46, 56–63. DOI: <https://doi.org/10.17223/19988605/46/7>
14. Prokofieva O.S., Yushchuk Ya.V. (2017) Optimization model of inventory management at an industrial enterprise. *Proceedings of Irkutsk State Technical University*, 21 (7), 158–163. DOI: <https://doi.org/10.21285/1814-3520-2017-7-158-163>
15. Patsula O.V. (2018) Dynamic programming in nonlinear models of managing material production reserves. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*, 9, 175–179. DOI: <https://doi.org/10.24411/2500-1000-2018-10038>
16. Belousova E.P. (2022) Optimal management of discrete inventory allocation. *Region: Systems, Economics, Management*, 3 (58), 147–153. DOI: <https://doi.org/10.22394/1997-4469-2022-58-3-147-153>
17. Silver E.A., Pyke D.F., Peterson R. (1998) *Inventory Management and Production Planning and Scheduling*, 3rd ed. New York: Wiley.
18. Mandel A.S. (2011) Multi-product (item) stock control in the context of uncertainty and nonstationarity. Part I: Deterministic model. *Problemy Upravleniya*, 6, 47–51.
19. Mandel A.S. (2012) Multi-product (item) stock control in the context of uncertainty and nonstationarity. Part II: Safety stock control. *Problemy Upravleniya*, 1, 42–46.
20. Radaev A.E., Leventsov V.A., Kobzev V.V. (2017) Optimization models for determination of characteristics for multi-item inventory control system within industrial enterprise. *Logistics and Supply Chain Management*, 3 (80), 4–20.
21. Sviridova O.A. (2011) Determinirovannaia i stokhasticheskaia modeli minimizatsii izderzhkek v sistemakh upravleniia zapasami [Deterministic and stochastic models of cost minimization in inventory management systems]. *Logistika [Logistics]*, 4, 28–30.
22. Kosorukov O.A., Sviridova O.A. (2012) Uchet neopredelennosti sprosa pri optimizatsii sistemy upravleniia zapasami [Taking into account demand uncertainty when optimizing inventory management systems]. *Logistika [Logistics]*, 6, 12–13.
23. Rossi R., Prestwich S., Tarım Ş.A., Hnich B. (2007) Replenishment Planning for Stochastic Inventory Systems with Shortage Cost. In: *Integration of AI and OR Techniques in Constraint Programming for Combinatorial Optimization Problems* (eds. P. Van Hentenryck, L. Wolsey), 4510, 229–243. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-540-72397-4_17
24. Kosorukov O.A., Sviridova O.A. (2012). Stokhasticheskaia nepreryvnaia model' upravleniia zapasami [Stochastic continuous inventory control model]. *Vestnik REU [Bulletin of the Plekhanov Russian University of Economics]*, 4, 91–95.
25. Dombrovskii V.V., CHausova E.V. (2000) Matematicheskaya model' upravleniia zapasami pri sluchainom sezonnom sprose i nenadezhnykh postavshchikakh [Mathematical model of inventory management under random seasonal demand and unreliable suppliers]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of Tomsk State University]*, 271, 141–146.
26. Karlova M.Ju. (2011) Development of generalized mathematical model inventory management. *The Bulletin of Voronezh State Technical University*, 7 (3), 89–91.
27. Kazakov A.L., Lempert A.A., Bao T.F. (2012) A mathematical model of inventory (supply) management with regard to delay. *Proceedings of Irkutsk State Technical University*, 4 (63), 131–137.
28. Gryleva I. (2014) Application conditions of the static deterministic and stochastic lot size models. *World of Science*, 4, art. no. 28EMN414.
29. Gasratov M.G. (2007) Mathematical model of Inventory Management in case of price competition. *Vestnik of Saint Petersburg University. Applied Mathematics. Computer Science. Control Processes*, 3, 9–17.
30. Domozhirova I.V. (2013) Use of the economic-mathematical models in management of commodity stocks organizations. *Izvestiya Tula State University*, 2–1, 165–171.



31. Bulatnikova P.A., Radaev A.E. (2024) Instrumental'nye sredstva obosnovaniia kharakteristik sistemy upravleniia zapasami stroitel'nykh materialov s uchetom razlichnykh kategorii riskov [Instrumental means for substantiating the characteristics of a building materials inventory management system taking into account various risk categories]. *Nedelia nauki ISI [ISI Science Week]*, 2, 142–144.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT AUTHORS

БУЛАТНИКОВА Полина Андреевна

E-mail: bulatnikovap10@gmail.com

Polina A. BULATNIKOVA

E-mail: bulatnikovap10@gmail.com

РАДАЕВ Антон Евгеньевич

E-mail: TW-inc@yandex.ru

Anton E. RADAEV

E-mail: TW-inc@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0840-6828>

Поступила: 01.05.2025; Одобрена: 11.07.2025; Принята: 14.07.2025.

Submitted: 01.05.2025; Approved: 11.07.2025; Accepted: 14.07.2025.

Научная статья

УДК 330.4

DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18409>

EDN: <https://elibrary/WMZWKZ>



АДАПТИРОВАННЫЙ СЦЕНАРНЫЙ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ АГРОПРЕДПРИЯТИЙ

Б.Р. Бернгарт , Е.В. Попова 

Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина,
Краснодар, Российская Федерация

 bella.berngart@yandex.com

Аннотация. В исследовании представлен сравнительный анализ методов многокритериального агрегирования SAW, TOPSIS и GDR на примере построения синтетического индекса инвестиционной привлекательности (СИИП). Актуальность исследования определяется необходимостью совершенствования методов интегральной оценки инвестиционной привлекательности в условиях изменения структуры финансовых показателей, особенно в стратегически значимых отраслях экономики. В классических методах оценки инвестиционной привлекательности предприятия заемный капитал оценивается как негативный фактор, однако в условиях субсидируемого финансирования долгосрочные обязательства могут трактоваться как инвестиционный ресурс. Это требует разработки новых агрегированных моделей оценки и индексов, способных учитывать адаптацию структуры капитала. Данное исследование направлено на поиск оптимального соотношения классических коэффициентов и адаптированных коэффициентов с использованием многокритериальных методов принятия решений (MCDM). В исследовании проведен сравнительный анализ трех методов MCDM (SAW, TOPSIS, GDR) на синтетически сформированной структуре входных данных, отражающей возможные конфигурации классических и адаптированных коэффициентов устойчивости. Эмпирической основой послужили данные хозяйственной деятельности предприятия за 2022–2024 гг. Дополнительно модель была модифицирована путем введения показателя доверия (P/S), зависящего от уровня адаптации. Методы SAW, TOPSIS и GDR применялись для ранжирования сценариев с последующим анализом чувствительности и устойчивости результатов. Проведен расчет коэффициентов Спирмена для оценки согласованности моделей. Результаты показали, что GDR обладает наибольшей устойчивостью к включению нового критерия, демонстрируя минимальные отклонения ранговой структуры. SAW показал высокую стабильность, тогда как TOPSIS оказался наиболее чувствительным к изменению размерности пространства решений. Метод GDR, объединяющий логику SAW и TOPSIS и дополненный критерием MINMAX, продемонстрировал высокие показатели нормализации данных и корреляции с SAW. На основе анализа выявлен структурно устойчивый сценарий, рекомендованный для дальнейших прикладных исследований. Практическая ценность работы заключается в применимости разработанного подхода для построения устойчивых рейтингов инвестиционной привлекательности в условиях трансформируемой финансовой отчетности. Дальнейшие исследования предполагают формализацию весов, расширение выборки предприятий и тестирование различных метрик расстояния в модели TOPSIS.

Ключевые слова: многокритериальная оптимизация, SAW, TOPSIS, GDR, fuzzy SAW, fuzzy TOPSIS, ранговая корреляция Спирмена, агрегация, сценарный анализ, анализ чувствительности, ранжирование

Для цитирования: Бернгарт Б.Р., Попова Е.В. (2025) Адаптированный сценарный многокритериальный подход к оценке инвестиционной привлекательности агропредприятий. П-Economy, 18 (4), 158–172. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18409>

Research article

DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18409>

ADAPTIVE SCENARIO-BASED MULTI-CRITERIA APPROACH TO ASSESSING INVESTMENT POTENTIAL IN AGRIBUSINESS

B.R. Bergart  , E.V. Popova 

Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin,
Krasnodar, Russian Federation

 bella.berngart@yandex.com

Abstract. This paper presents a comparative analysis of SAW, TOPSIS, and GDR multi-criteria aggregation methods, applied to the construction of a synthetic investment attractiveness index (SIAI). The relevance of this study is determined by the need to enhance the methods of integrated assessment of investment potential in the context of evolving financial reporting structures, particularly in strategically important sectors of the economy. Classical assessment methods of the investment potential of an enterprise assess loan capital as a negative factor; however, under subsidized financing, long-term liabilities can be treated as equity, necessitating the development of new aggregated assessment models and indices that can take into account capital's changing structure. This study is aimed at finding the optimal ratio of classical and adapted coefficients using multi-criteria decision-making methods (MCDM). The purpose of the study is to perform a comparative analysis of three MCDM methods – SAW, TOPSIS, and GDR – based on a synthetically formed structure of input data reflecting possible configurations of classical and adapted stability coefficients. Empirical data are drawn from a three-year financial dataset of an agricultural enterprise (2022–2024). Additionally, the model was modified by introducing a trust coefficient (P/S) depending on the adaptation level. Each MCDM method was used to rank the scenarios, followed by a sensitivity and consistency analysis using Spearman's rank correlation. The results indicate that GDR exhibited the greatest structural stability and lowest rank volatility after the inclusion of the external trust indicator. SAW remained robust, while TOPSIS showed significant sensitivity to the expansion of decision space. GDR, which combines inner structure of SAW and TOPSIS and is supplemented by MINMAX, demonstrated high degree of normalisation and correlation to SAW. An optimal scenario that balances classical and adapted indicators was determined, is recommended for further applied research. The practical value of the paper lies in application of the developed approach when constructing stable ratings of investment attractiveness in the context of transforming financial statements. Future research directions include weight optimization, expansion to cross-sectoral datasets and evaluation of alternative distance metrics within TOPSIS.

Keywords: multi-criteria decision-making, MCDM, SAW, TOPSIS, GDR, Spearman's rank correlation, fuzzy SAW, fuzzy TOPSIS, normalization, rank reversal, rankings, sensitivity analysis, comparative analysis

Citation: Bergart B.R., Popova E.V. (2025) Adaptive scenario-based multi-criteria approach to assessing investment potential in agribusiness. *π-Economy*, 18 (4), 158–172. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18409>

Введение

Актуальность исследования

Современное состояние агропромышленного комплекса России (АПК) характеризуется институциональной асимметрией: при ключевой ставке Банка России в диапазоне 16–23% в 2022–2024 гг. ставка по льготным долгосрочным кредитам для организаций АПК не превышала 5%, и, согласно действующим программам государственной поддержки, планируется сохранение ставки на этом уровне. Такая ситуация нарушает традиционные принципы финансового анализа: долгосрочные заемные средства становятся дешевле инфляции, утрачивают признаки обязательств и функционируют как «псевдособственный» капитал. Долгосрочные субсидированные кредиты обеспечивают не только устойчивость источников финансирования, но

и возможность осуществления капитальных вложений без существенного ухудшения финансовых показателей организации.

Классические финансовые коэффициенты оборачиваемости, обеспеченности ресурсами, финансовой независимости и рентабельность отражают состояние организации без учета финансового потенциала льготного кредитования, что требует расчета дополнительных адаптированных показателей, учитывающих «псевдособственный» капитал. Однако оценка, строящаяся исключительно на адаптированных показателях, не имеет аналитической ценности. Возникает необходимость расчета оптимального соотношения адаптированных и классических коэффициентов для формирования инструмента оценки, который учитывает макроэкономические искажения.

В настоящей работе авторы представляют синтетический индекс инвестиционной привлекательности (СИИП) — интегральный агрегированный индекс, консолидирующий классические и адаптированные коэффициенты. Индекс строится как взвешенная сумма показателей с регулируемым фактором доверия, который отражает степень допустимой адаптации результатов. Используемые для формирования индекса коэффициенты считаются одинаково важными, а оптимальное соотношение коэффициентов определено с помощью многокритериальных методов принятия решений (MCDM). Объектом авторского исследования является оценка инвестиционной привлекательности организаций, предметом — многокритериальные модели и методы количественной оценки инвестиционной привлекательности.

Современные исследования подтверждают актуальность применения MCDM методов в задачах, требующих выбора наиболее привлекательных альтернатив. В литературе анализируются различия в результатах, полученных методами SAW, TOPSIS и другими, при решении междисциплинарных задач; например, оценка качества жизни или приоритетных энергетических стратегий [27, 9]. При этом устойчивость агрегированных рейтингов (ранжирования) к изменению структуры критериев остается недостаточно изученной. Отдельные авторы подчеркивают необходимость системной классификации методов MCDM по критерию чувствительности к включению дополнительных метрик [32]. Настоящее исследование направлено на сравнительное тестирование MCDM методов (SAW, TOPSIS, GDR) с целью выявления различий в степени чувствительности к изменению входных данных.

В отличие от существующих подходов, работа акцентирует внимание не на точности отдельных методов, а на устойчивости результатов в условиях изменения структуры входных данных. Для проведения эффективного сравнения результатов ранжирования ниже приводится краткий теоретико-методологический обзор используемых методов с обозначением их структуры, модификаций и методологических ограничений.

Литературный обзор

SAW (Simple Additive Weighting method – аддитивная модель) – это метод многокритериальной оптимизации, который основан на сложении полезности отдельных критериев для агрегирования общего ранга. Метод предполагает высокую независимость переменных: низкое значение по одной переменной (критерию) может быть компенсировано высоким значением по другой [24, 20, 22]. Метод требует экстенсивной нормализации первичных данных, приведения к абсолютно сопоставимому набору критериев [6, 25]. SAW считается простым и интуитивно понятным методом MCDM.

Чувствительность SAW, как правило, оценивается посредством оценки чувствительности первичных данных классическим методом (например, Монте-Карло). Однако в литературе описаны методы встроенной оценки, когда некоторые показатели действуют как фактор чувствительности [12].

Специфические особенности нормализации первичных данных и отсутствие встроенной проверки чувствительности являются явными ограничениями метода. Существуют модификации SAW, которые разработаны с целью обойти эти ограничения. Например, И. Калишевски и



Д. Подкопаев предлагают использовать метамодель SAW, которая представляет собой классический SAW с использованием разных стратегий нормализации (линейной, векторной), адаптивное взвешивание с использованием энтропийного метода, а также дополнительных оценок чувствительности и устойчивости [14].

Другая модификация – это SAW с интеграцией нечеткой логики для учета неопределенности в структуре алгоритма (fuzzy SAW – FSAW) [8, 28]. В отличие от традиционного подхода, FSAW оперирует треугольными или трапециевидными нечеткими числами, которые позволяют более адекватно моделировать первичные данные, которые невозможно привести к единому виду [16]. Среди ограничений метода следует выделить потерю информации на этапе дефазификации (defuzzification) – приведении нечетких значений к численным (четким) [1]. Потенциально это ограничивает применение FSAW в задачах с сильной межкритериальной корреляцией, где потеря данных дает сильно искаженные результаты.

Тем не менее, в актуальной литературе SAW и FSAW активно применяется в задачах инвестиционного анализа, оценки рисков и логистического планирования, в том числе в рамках гибридных моделей, объединяющих их, например, с TOPSIS, или с TOPSIS, VIKOR и COPRAS, где FSAW выполняет функцию предварительной агрегации субъективной информации в условиях неопределенности [10, 11, 17].

Метод TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) – это метод MCDM, который основан на принципе, что оптимальное решение одновременно наименьшим образом удалено от идеального решения и максимально удалено от анти-идеального. Результат TOPSIS – это ранжирование альтернатив на основе степени их приближенности к идеальному решению [5]. Метод допускает интерпретацию результата с позиции аксиоматики рационального выбора. Принцип реализуется посредством вычисления евклидовых расстояний в нормализованном многомерном пространстве критериев [23, 15].

В силу того, что в структуре TOPSIS используется геометрическое расстояние, каждая новая переменная (добавление или удаление альтернатив) формирует новое пространство для оценки. Этот метод обладает очень высокой чувствительностью к новым данным и с высокой вероятностью вернет сильно измененное ранжирование при минимальных изменениях входных данных [2, 18, 19, 26]. Одним из способов снижения чувствительности к новым данным является внедрение адаптивной кластеризации и логарифмической нормализации данных [3].

В литературе отмечается, что из-за высокой чувствительности TOPSIS результаты зачастую резко не совпадают с SAW [13], поэтому часто применяются гибридные модели [4] либо модификации: нечеткий TOPSIS (fuzzy TOPSIS) [21], принцип аналогичен FSAW, и нейтрософические TOPSIS (neutrosophic TOPSIS), где используются нейтрософические данные вместе с fuzzy TOPSIS [29]. Также исследователи предлагают использовать иные метрики для получения верных результатов. Ф. Чардьялло и А. Дженовезе показывают, что при использовании подхода манхэттенского расстояния TOPSIS демонстрирует практически те же ранги, что и SAW, тогда как другие меры расстояния (Евклидово пространство, расстояние Чебышева) приводят к большей рассогласованности [7].

В целом, методы SAW и TOPSIS и их модификации являются базовыми инструментами MCDM, но обладают определенными методологическими ограничениями. Нет универсального метода адаптации к новым критериям, и каждое расширение набора показателей может повлиять на итоговый ранг, но зачастую сохраняется стабильная доминанта предпочтений в верхнем квантиле распределения рангов. Это эффект агрегационной стабилизации – склонность агрегирующих моделей к устранению временных выбросов и усилению сигналов, согласующихся на разных выборках. В данной работе предполагается использовать этот эффект и обойти ограничения каждого отдельного метода применением нескольких методов одновременно на одном множестве сценариев.

GDR (General Deciding Rule – общее решающее правило) – это гибридный метод MCDM, который последовательно применяет три решающих правила: MINSUM, MINMAX и DIP (Distance to the Ideal Point) [30]. В отличие от SAW и TOPSIS, основанных на одном методе, GDR сочетает несколько правил для улучшения точности результатов ранжирования в условиях неопределенности. Итеративная структура означает, что неподходящие альтернативы по критерию отсеиваются на каждом этапе, алгоритм таким образом подготавливает очищенное множество альтернатив для финального этапа. DIP, являясь основой TOPSIS, обладает высокой чувствительностью к аномалиям ранжирования и выбросам, а значит в структуре GDR будет давать результаты более устойчивые, чем TOPSIS, на одинаковых входных данных.

Второй этап GDR – это расчет MINMAX (критерий Вальда), суть которого заключается в поиске наилучшей альтернативы среди множества худших. Таким образом выявляются альтернативы, которые обладают минимаксной устойчивостью, то есть демонстрирующие стабильное поведение даже в наиболее неблагоприятных сценариях. Этот этап GDR обеспечивает высокие позиции для альтернатив, обладающих наилучшими характеристиками в худших условиях. Этап важен для получения устойчивых результатов при незначительном изменении множества альтернатив. Получается, что критерий Вальда в структуре GDR помогает обойти ограничение SAW в оценке чувствительности без применения дополнительных мер нормализации входных данных (Монте-Карло или модификации с использованием нечеткой логики).

В силу своей структуры GDR должен показать наиболее устойчивые результаты в расчете с внедрением новой переменной. В отличие от SAW и TOPSIS, метод GDR сохраняет устойчивость результатов при изменении структуры входных критериев за счет комбинированной процедуры. SAW расценивает новые переменные как равнозначную альтернативу при принятии решения. GDR более восприимчив к изменению входных данных, а значит будет более активно реагировать на новую переменную во втором расчете, чем SAW, который с высокой долей вероятности отреагирует на новую переменную с минимальным изменением и покажет минимальную разницу коэффициента корреляции ($\Delta\rho$) из трех пар при сравнении контрольного расчета и расчета с добавлением P/S. Максимальное значение $\Delta\rho$ будет наблюдаться у TOPSIS. Возможно, метод даст новые результаты, не сохранив предпочтения полностью, тогда как результатом SAW и GDR ожидаемо увидеть те же сценарии в измененном порядке.

Цель исследования

Несмотря на развитие модифицированных MCDM методов, количественная оценка устойчивости ранжирования при изменении структуры входных критериев в условиях ограниченного и искаженного информационного поля является недостаточно изученной. Целью исследования является выявление оптимального адаптированного сценария оценки инвестиционной привлекательности организаций АПК.

Для достижения цели решаются следующие задачи:

1. Провести сравнительный анализ результатов ранжирования альтернатив методами SAW, TOPSIS и GDR при фиксированной структуре СИИП.
2. Исследовать влияние добавления новой переменной (мультипликатора P/S) на стабильность и перестройку рангов.
3. Оценить степень согласованности моделей на основе ранговой корреляции и определить зоны наибольшей чувствительности.

Исследование проводится в допущении эквивалентной значимости всех финансовых коэффициентов. СИИП рассматривается как искусственно сконструированное пространство для тестирования устойчивости MCDM методов в условиях варьирования входных параметров.



Методы и материалы

Эмпирической основой настоящего исследования являются рассчитанные классические и адаптированные финансовые коэффициенты для ОПХ «Центральное» за 2022–2024 гг. В рамках анализа определены пять ключевых показателей, отражающие разные аспекты финансовой устойчивости предприятия:

- 1) коэффициент оборачиваемости материальных оборотных средств (КОМ);
- 2) коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами (КОСОС);
- 3) коэффициент долгосрочной финансовой независимости (КДФН);
- 4) коэффициент обеспеченности запасов собственными средствами (КОЗ);
- 5) рентабельность собственного капитала (ROE).

Для каждого из указанных показателей рассчитана классическая и адаптированная модификация.

На основе этих данных сформировано множество из 32 сценариев. Множество сценариев построено по принципу комбинаторной подстановки адаптированных коэффициентов из набора пяти переменных: КОМ, КОСОС, КДФН, КОЗ, ROE. Сценарий 0 – все классические коэффициенты, сценарий 31 – полностью адаптированные коэффициенты. Промежуточные сценарии представляют собой частично адаптированные структуры, полученные в результате комбинаторного перебора. Количество сценариев соответствует числу непустых подмножеств множества из пяти коэффициентов: $2^5 = 32$. Такое формирование множества сценариев для анализа позволяет последовательно исследовать влияние адаптированных коэффициентов на результаты ранжирования.

На первом этапе проводится контрольный расчет без учета внешнего показателя доверия для формирования точки отсчета для сравнения с последующими интеграциями структуры СИИП. Расчеты реализованы с использованием «Информационной системы многокритериальной оценки и ранжирования Парето-оптимальных решений» [31]. Каждому сценарию сопоставляется ранг, вычисленный с помощью трех методов многокритериального агрегирования: классических методов SAW и TOPSIS, а также авторского метода GDR, разработанного Е.В. Поповой. Информационная система возвращает проранжированный список от худшего к лучшему, в работе будут использованы только пять лучших сценариев.

На втором этапе модель дополняется внешним показателем доверия – рыночным мультипликаторм P/S , который представляет собой соотношение капитализации компании к годовой выручке. Значение доверия задается как функция от количества адаптированных коэффициентов в структуре сценария. Пусть $n \in \{0, 1, 2, 3, 4, 5\}$ – это число адаптированных коэффициентов, тогда весовой коэффициент доверия определяется выражением:

$$w(n) = 1 - \frac{n}{5}.$$

Итоговое значение мультипликатора $M(n)$ вычисляется по формуле:

$$M(n) = M_0 \cdot w(n),$$

где M_0 – исходное значение мультипликатора P/S .

Таким образом, сценарии с полной адаптацией ($n = 5$) полностью исключаются из зоны доверия, тогда как сценарии, основанные исключительно на классических показателях ($n = 0$), сохраняют его в полном объеме. Предложенная корректировка отражает потенциальный скепсис со стороны инвесторов в отношении переоценки устойчивости, полученной на основе адаптированных балансов.

Будет проанализирован эффект rank reversal (смещения ранговых позиций при изменении множества оцениваемых альтернатив). Мультипликатор P/S добавлен с целью показать скепсис потенциального инвестора относительно адаптированных коэффициентов, он служит внутренним фильтром для отсекаания максимально адаптированных сценариев, но не обладает достаточным весом для существенного изменения ранжирования. Требуется найти оптимальное решение, а не самое адаптированное. Результаты второго расчета должны показать степень адаптации каждого метода к новым переменным.

В завершающем блоке синтезированы результаты предыдущих блоков и даны выводы о стабильности системы оценки через проверку согласованности трех методов при решении одной задачи. Для всех пар алгоритмов вычисляются коэффициенты Спирмена, что позволяет формализовано оценить устойчивость структуры ранжирования при переходе между моделями. Высокая степень согласованности ($\rho \rightarrow 1$) интерпретируется как подтверждение надежности системы многокритериального агрегирования.

Описанная методика позволяет формализованно оценить чувствительность ранжирования к изменению структуры входных данных. Ниже приведены результаты сценарного анализа, выполненного по каждому из трех методов, с последующим сопоставлением устойчивости полученных рейтингов и интерпретацией выявленных эффектов.

Результаты и обсуждение

В табл. 1 представлены результаты ранжирования. Анализ ранжирования данных за 2022–2024 гг. показывает, что ни один из алгоритмов не воспроизвел интуитивно ожидаемый порядок, при котором ранжирование следовало бы от сценария с наибольшей степенью адаптации (31) к сценарию с единственным классическим коэффициентом. Однако в ранжировании по годам результат SAW именно этот: ранжирование от сценария 31 к 0. Это подтверждает то, что SAW – элементарный метод, который может давать интуитивно понятные результаты, однако этот результат имеет низкую воспроизводимость: 1 из 4 расчетов.

В топ-5 стабильно входят сценарии с доминированием адаптированных показателей (26, 28, 30, 31), однако выделяется сценарий 17, в котором адаптированы только три коэффициента (КОМ, КОСОС, КОЗ), в то время как КДФН и РОЕ представлены в классической форме. Этот сценарий демонстрирует стабильно высокие позиции во всех вариантах агрегирования для совокупных данных 2022–2024 гг., как в расчетах без показателя доверия, так и с ним. Предварительно можно сделать вывод, что сценарий 17 – структурно устойчивое ядро СИИП.

Анализ динамики ранжирования по отдельным годам позволяет выявить ключевые особенности поведения методов многокритериальной оптимизации в условиях ограниченного массива данных. В табл. 1 представлены позиции сценариев контрольного расчета по методам GDR, SAW и TOPSIS ежегодно за 2022, 2023 и 2024 гг., а также итоговое ранжирование, где были использованы показатели за весь период.

Так, сценарий 31, являющийся полностью адаптированной конфигурацией, не попадал в число лидеров ранжирования по отдельным годам (первое место по GDR занимают сценарии 28, 26, 26; по TOPSIS: 28, 28, 26), однако в итоговом агрегированном расчете сценарий 31 устойчиво занимает первую строку при любом методе анализа. Такое поведение методов указывает на достигнутый эффект агрегационной стабилизации, с увеличением полноты данных происходит усреднение отклонений, что способствует более устойчивой и интерпретируемой структуре предпочтений. Мы видим, что увеличение временного диапазона выборки и, как следствие, использование эффекта агрегации сглаживает aberrации ранжирования. Таким образом, многокритериальные методы, несмотря на различную алгоритмическую природу, сходятся в тенденции: при расширении информационного поля агрегированные оценки смещаются к экономически верным и интуитивно оправданным конфигурациям.

Таблица 1. Контрольный расчет
Table 1. Baseline calculation

	GDR				SAW				TOPSIS			
	2022	2023	2024	2022–2024	2022	2023	2024	2022–2024	2022	2023	2024	2022–2024
1	28	26	26	31	28	31	26	31	28	28	26	31
2	17	31	17	26	24	30	17	28	24	31	17	26
3	26	28	28	28	21	29	28	26	18	26	28	28
4	31	17	31	17	18	28	22	17	30	29	19	17
5	30	30	22	30	17	27	19	30	27	17	8	29

Сценарии 26 и 28 демонстрируют лидирующие позиции в рамках расчетов по годам, но не удерживают преимущество при переходе к агрегированной модели. Агрегационная стабилизация выявила, что, несмотря на некоторое улучшение значение в коротком отрезке времени, при увеличении массива данных эти сценарии теряют свои позиции. Это отражает типичную для TOPSIS и GDR чувствительность к входным данным: в условиях одного года отдельные показатели существенно влияют на итог, но теряют значимость при увеличении размерности входа, срабатывает эффект агрегационной стабилизации.

Отдельного следует отметить поведение сценария 17, который сохраняет высокие позиции как в годовых, так и в агрегированных расчетах. Например, по GDR второе место в ранжировании по годам занимают сценарии 17, 31, 17, но для агрегированных расчетов второе место занимает сценарий 26. В расчетах по SAW и TOPSIS сценарий 17 появляется в двух годах из трех при годовых расчетах и во всех агрегированных расчетах. Это свидетельствует о структурной устойчивости сценария, который, несмотря на варьирующуюся значимость отдельных показателей в разные годы, сохраняется оптимальный баланс между адаптированными и классическими компонентами. В методологическом смысле этот сценарий можно рассматривать как устойчивый Парето-доминирующий элемент внутри пространства альтернатив.

Сравнительный анализ результатов многокритериальных методов показывает, что при достаточно полной выборке входных данных результаты, полученные при использовании информационной системы, приближены к тем, которые могли бы быть приняты экспертом-аналитиком на основе обобщенной информации. Полученная устойчивость модели СИИП на основании сценария 17 при изменении входных параметров делает ее пригодной для построения прогнозных сценариев, а также для последующей трансформации в отраслевой индикатор оценки инвестиционной привлекательности, адаптируемый к различным секторам экономики, без привязки к агросектору, так как все показатели могут быть рассчитаны для компании любой другой отрасли.

Многокритериальные методы по-разному агрегируют оценки альтернатив, что приводит к расхождениям в ранжировании. SAW реализует простое взвешенное суммирование, тогда как TOPSIS сравнивает расстояния до идеального и анти-идеального решений после нормировки показателей, а GDR последовательно применяет набор правил ко всем критериям.

Введение внешнего показателя P/S расширяет множество критериев и задает дополнительную градацию альтернатив. В SAW добавление P/S с ненулевым весом увеличивает суммарный балл для высоких значений P/S, что может изменить порядок ранжирования, но существенно не изменит структуру. Однако в TOPSIS любое изменение входных данных (добавление новых критериев или удаление уже существующих) модифицирует нормы и идеальную точку: альтернативы с экстремальными значениями P/S «удаляются» или «приближаются» к идеалу по другим критериям. Это может привести к перестановкам позиций, особенно когда диапазоны P/S

и других критериев сильно разнятся. Получается, что каждая новая переменная трансформирует многомерное пространство решений для анализа.

По данным табл. 2 виден эффект агрегационной стабилизации: все методы сохранили одинаковые предпочтения в выборе сценариев несмотря на то, что итоговое ранжирование различается. Расхождение в результатах после добавления переменной P/S можно объяснить разной степенью чувствительности методов к вводным данным. В этой работе фактор внешнего доверия P/S служит встроенным корректирующим фактором, который понижает рейтинг сильно адаптированных сценариев, то есть действует как встроенный фильтр.

Таблица 2. Расчет с P/S
Table 2. Calculation with P/S

	GDR	GDR + P/S	SAW	SAW + P/S	TOPSIS	TOPSIS+ P/S
1	26	31	31	28	31	17
2	17	26	28	17	26	26
3	28	28	26	31	28	28
4	31	17	17	26	17	8
5	22	30	30	24	29	19

Анализ результатов демонстрирует частичное достижение поставленной цели: внедрение переменной P/S в расчеты привело к измененному перечню сценариев, при этом предпочтения, выявленные ранее, остались неизменными. Только вариация TOPSIS+P/S показала принципиально новый результат: были добавлены сценарии 8 и 19. Сценарий 8 обладает несопоставимо низкой привлекательностью, скорее всего, является статически неустойчивой альтернативой. Сценарии 16 и выше имеют 3 адаптированных в своей структуре и обладают большей инвестиционной привлекательностью, у сценария 8 – только 2.

Такое поведение соответствует теоретическим ожиданиям: для TOPSIS каждая новая альтернатива существенно меняет анализируемое пространство, в отличие от SAW. В нашем случае дополнительная логарифмическая корректировка данных для TOPSIS не требуется, используется сравнение с результатами других методов для устранения таких aberrаций.

Смоделированное на основании математической структуры поведение GDR подтвердилось при расчетах. Выявлено, что, несмотря на то что в GDR встроен DIP, итеративное применение других структурных элементов оказало стабилизирующее действие, в ранжировании GDR нет аномалий ранжирования. Устойчивость схожа с SAW: приоритетность была сохранена, кардинально новые альтернативы добавлены не были. Различия в реакции методов на введение P/S являются прямым следствием их механизмами агрегации и нормировки оценок.

Также виден эффект смены при изменении числа оцениваемых объектов для TOPSIS, но не у SAW и GDR. Как видно из табл. 3, при добавлении нового критерия P/S, TOPSIS дал два новых сценария в ранжировании, тогда как для GDR и SAW – только один. На основании расчетов можно утверждать, что разные алгоритмы обладают различной чувствительностью к структуре данных и выбранной метрике, что естественно ведет к различным результатам ранжирования, при этом сохраняется очевидная группа лидирующих сценариев.

Для формальной оценки степени согласованности результатов, полученных с использованием различных методов агрегирования, рассчитаны коэффициенты ранговой корреляции Спирмена (ρ) для парных комбинаций алгоритмов SAW, TOPSIS и GDR. Анализ проведен в двух условиях: до и после включения внешнего корректирующего мультипликатора доверия (P/S). Коэффициент Спирмена, интерпретируемый как мера монотонной зависимости между



Таблица 3. Коэффициент ранговой корреляции Спирмена
Table 3. Spearman's rank correlation coefficient

	Spearman Correlation	Spearman Correlation + P/S	$\Delta\rho$
GDR/TOPSIS	0,725073	0,666422287	0,058650713
GDR/SAW	0,853372	0,817082111	0,036289889
TOPSIS/SAW	0,695748	0,531524927	0,164223073

ранжированными переменными, позволяет количественно оценить устойчивость относительных позиций сценариев при изменении условий агрегирования.

В табл. 3 представлены численные значения ρ для каждой пары методов. GDR в своем алгоритме использует как аддитивный, так и координатный метод, соответственно он будет показывать достаточно высокую согласованность с обоими методами, а отклонение при добавлении нового показателя будет минимально. Это подтверждается эмпирически: наибольшая степень корреляции наблюдается между методами SAW и GDR как до ($\rho \approx 0,853$), так и после ($\rho \approx 0,817$) введения показателя P/S. Абсолютное значение отклонения $\Delta\rho$ составляет всего 0,036, что свидетельствует о высокой структурной устойчивости ранжирования при переходе от контрольной модели к расширенной. Пара GDR/TOPSIS обладает достаточно медианной корреляцией среди трех пар как без показателя P/S, так и с ним ($\rho \approx 0,725$ и $0,666$ соответственно), $\Delta\rho \approx 0,059$; пара обладает умеренной устойчивостью к включению дополнительного критерия.

Минимальная корреляция выявлена между TOPSIS и SAW ($\rho \approx 0,696$) и ($\rho \approx 0,532$) до и после введения показателя P/S соответственно. К тому же у этой пары максимальное значение $\Delta\rho$ ($\approx 0,164$), что подтверждает ранее обозначенную внутреннюю структуру методов: для TOPSIS новые переменные существенно меняют алгоритм, тогда как для аддитивного метода SAW новые переменные встраиваются в имеющуюся систему правил, существенных изменений не происходит. Полученные результаты подтверждают различную степень чувствительности методов к модификациям структуры входных данных и позволяют сформулировать обобщенные выводы об их чувствительности.

Заключение

Проведенный сравнительный анализ методов SAW, TOPSIS и GDR в рамках формирования СИИП позволил выявить общие закономерности ранжирования и специфичное поведение, обусловленные различиями в механизмах агрегирования. В целях исследования чувствительности методов к изменению структуры входных данных были получены следующие результаты:

1. Сравнительный анализ при фиксированной структуре СИИП на входных данных разной полноты (по годам и совокупность за трехлетний период) показал, что методы GDR и SAW формируют близкие ранговые последовательности и практически не допускают «шумовых» перестановок. В то время как TOPSIS демонстрирует более выраженную чувствительность к исходной конфигурации критериев. Выявлено устойчивое поведение GDR при изменении временного охвата входных данных.

2. Включение новой переменной (мультипликатора P/S) вызвало заметное переупорядочивание рангов преимущественно в TOPSIS; GDR и SAW сохранили стабильность лидирующих позиций с локальными перестановками. Это подтверждает различную чувствительность алгоритмов к расширению критериального множества.

3. Оценка степени согласованности моделей на основе коэффициента ранговой корреляции Спирмена показала, что при фиксированной структуре СИИП наибольшая согласованность наблюдается между методами GDR/SAW ($\rho \approx 0,853$), на втором месте – GDR/TOPSIS ($\rho \approx 0,725$)

и TOPSIS/SAW с минимальной в сравнении, но достаточно высокой корреляцией на последнем ($\rho \approx 0,696$). После добавления новой переменной зафиксированы снижения корреляций между парами с минимальной $\Delta\rho$ для GDR/SAW ($\approx 0,036$) и максимальной $\Delta\rho$ для TOPSIS/SAW ($\approx 0,164$).

Анализ величин $\Delta\rho$ подтверждает гипотезу о различной чувствительности методов к включению новой информации. Методы SAW и GDR демонстрируют устойчивую инвариантность ранговых перестановок, интерпретируемую как индикатор их способности воспринимать новые альтернативы в качестве расширения пространства решений без нарушения базовой логики расчетов. В отличие от них, метод TOPSIS, использующий нормализованное расстояние до идеальной и анти-идеальной точек, обладает высокой чувствительностью к изменениям структуры входных данных, что порождает эффект деформации исходного геометрического пространства принятия решений при введении новых параметров. При этом зафиксированные различия между методами в реакции на внешнюю переменную (P/S) подтверждают необходимость дальнейшего структурного анализа чувствительности методов.

Направления дальнейших исследований

В дальнейшем представляется перспективной задача формализации системы весов в рамках СИИП, определение порога чувствительности к альтернативам, имеющим преимущество по большинству критериев, а также тестирование на выборке предприятий различной отраслевой специфики. Дополнительное направление связано с построением комплексного индекса доверия, объединяющего несколько рыночных и институциональных мультипликаторов для исключения аномалий ранжирования и повышения устойчивости итоговой оценки.

Также необходима комплексная проверка фактора внешнего влияния среди методов. В целях углубленной проверки планируется:

- включить для сравнения методологию TOPSIS в разных пространствах отсчета (манхэттенское расстояние, Евклидово пространство, расстояние Чебышева);
- ввести составной индекс доверия, объединяющий несколько внешних факторов, коррелирующих с другими финансовыми показателями, которые уже используются в расчете.

Таким образом, будет создано более адаптивное и подвижное множество данных.

Введение одного дополнительного критерия выявило особенности методов MCDM к изменению входных данных, необходимо провести целостную проверку этого изменения. Существует вероятность, что результаты являются шумовым колебаниям одного параметра. Таким образом, планируется продолжить исследование в виде формального анализа чувствительности первичных данных (методом Монте-Карло или схожим) к изменениям весов критериев, чтобы выявить наиболее чувствительные параметры СИИП.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Opricovic S., Tzeng G.-H. (2003) Defuzzification within a multicriteria decision model. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 11 (5), 635–652. DOI: <https://doi.org/10.1142/S0218488503002387>
2. Akram M., Zahid K., Alcantud J.C.R. (2022) A new outranking method for multicriteria decision making with complex Pythagorean fuzzy information. *Neural Computing and Applications*, 34, 8069–8102. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00521-021-06847-1>
3. Anes V., Abreu A. (2025) Adaptive cluster-based normalization for robust TOPSIS in multicriteria decision-making. *Applied Sciences*, 15 (7), art. no. 4044. DOI: <https://doi.org/10.3390/app15074044>
4. Azadi A., Seyed Jalali A., Navidi M.N. (2023) Land evaluation approaches comparing TOPSIS and SAW with parametric methods for rice cultivation. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195, art. no. 1296. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11849-8>



5. Bánhidi Z., Dobos I. (2024) Sensitivity of TOPSIS ranks to data normalization and objective weights on the example of digital development. *Central European Journal of Operations Research*, 32, 29–44. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10100-023-00876-y>
6. Biswas T.K., Chaki S. (2022) Applications of modified simple additive weighting method in manufacturing environment. *International Journal of Engineering*, 35 (4), 830–836. DOI: <https://doi.org/10.5829/ije.2022.35.04a.23>
7. Ciardiello F., Genovese A. (2023) A comparison between TOPSIS and SAW methods. *Annals of Operations Research*, 325, 967–994. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10479-023-05339-w>
8. Ajay D., Manivel M., Aldring J. (2019) Neutrosophic fuzzy SAW method and its application. *The International Journal of Analytical and Experimental Modal Analysis*, 11 (8), 881–887.
9. Effatpanah S.K., Ahmadi M.H., Aungkulanon P., Maleki A., Sadeghzadeh M., Sharifpur M., Chen L. (2022) Comparative analysis of five widely-used multi-criteria decision-making methods to evaluate clean energy technologies: A case study. *Sustainability*, 14 (3), art. no. 1403. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14031403>
10. Firgiawan W., Zulkarnaim N., Cokrowibowo S. (2020) A Comparative Study using SAW, TOPSIS, SAW-AHP, and TOPSIS-AHP for Tuition Fee (UKT). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 875, art. no 012088. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/875/1/012088>
11. Göktaş F. (2024) A hybrid MADM approach based on simple additive weighting and TOPSIS: An application on comparison of innovation performances of the EU countries. *Gazi University Journal of Science Part A: Engineering and Innovation*, 11 (3), 419–430. DOI: <https://doi.org/10.54287/gujisa.1474940>
12. Goodridge W.S. (2016) Sensitivity analysis using simple additive weighting method. *International Journal of Intelligent Systems and Applications (IJISA)*, 8 (5), 27–33. DOI: <https://doi.org/10.5815/ijisa.2016.05.04>
13. Jayanti S.D., Budiman, Yoga T.P. (2021) Comparison analysis of the SAW method and TOPSIS method in the decision support system for determining permanent teachers in SMK Pasundan 2 Banjaran. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1115, art. no. 012016. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1115/1/012016>
14. Kaliszewski I., Podkopaev D. (2016) Simple additive weighting – A metamodel for multiple criteria decision analysis methods. *Expert Systems with Applications*, 54, 155–161. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2016.01.042>
15. Madanchian M., Taherdoost H.A. (2023) A comprehensive guide to the TOPSIS method for multi-criteria decision making. *Sustainable Social Development*, 1 (1), art. no. 2220. DOI: <https://doi.org/10.54517/ssd.v1i1.2220>
16. Piasecki K., Roszkowska E., Łyczkowska-Hanćkowiak A. (2019) Simple additive weighting method equipped with fuzzy ranking of evaluated alternatives. *Symmetry*, 11 (4), art. no. 482. DOI: <https://doi.org/10.3390/sym11040482>
17. Radulescu C.Z., Radulescu M. (2024) A hybrid group multi-criteria approach based on SAW, TOPSIS, VIKOR, and COPRAS methods for complex IoT selection problems. *Electronics*, 13 (4), art. no. 789. DOI: <https://doi.org/10.3390/electronics13040789>
18. Shih H.-S. (2022) Rank reversal in TOPSIS. In: *TOPSIS and its Extensions: A Distance-Based MCDM Approach*, 159–175. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-09577-1_7
19. Shyr H.-J., Shih H.-S. (2024) Resolving rank reversal in TOPSIS: A comprehensive analysis of distance metrics and normalization methods. *Informatica*, 35 (4), 837–858. DOI: <https://doi.org/10.15388/24-INFOR576>
20. Rahman A. (2020) Implementation of the Simple Additive Weighting method in solving decision making problems. *Kontigensi: Jurnal Ilmiah Manajemen*, 8 (2), 325–333. <https://doi.org/10.56457/jimk.v8i2.232>
21. Singh J., Tyagi P., Kumar G., Agrawal S. (2020) Convenience store locations prioritization: a fuzzy TOPSIS-GRA hybrid approach. *Modern Supply Chain Research and Applications*, 2 (4), 281–302. DOI: <https://doi.org/10.1108/mscra-01-2020-0001>
22. Sugianto R.A., Gunawan M. (2020) Implementation of Simple Additive Weighting (SAW) in decision support systems as a recommendation for student creativity program proposals. *International Journal of Economic, Technology and Social Sciences*, 1 (2), 70–77. DOI: <https://doi.org/10.53695/injects.v1i1.155>
23. Susmaga R., Szczech I., Brzeziński D. (2023) Towards explainable TOPSIS: Visual insights into the effects of weights and aggregations on rankings. *arXiv:2306.07706*. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2306.07706>

24. Taherdoost H. (2023) Analysis of Simple Additive Weighting method (SAW) as a multi attribute decision-making technique: A step-by-step guide. *Journal of Management Science & Engineering Research*, 6 (1), 21–24. DOI: <https://doi.org/10.30564/jmser.v6i1.5400>
25. Vafaei N., Ribeiro R.A., Camarinha-Matos L.M. (2022) Assessing normalization techniques for Simple Additive Weighting method. *Procedia Computer Science*, 199, 1229–1236. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.156>
26. Vafaei N., Ribeiro R.A., Camarinha-Matos L.M. (2021) Assessing normalization techniques for TOPSIS method. In: *Technological Innovation for Applied AI Systems*, 132–141. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-78288-7_13
27. Vakiliipour S., Sadeghi-Niaraki A., Ghodousi M., Choi S.-M. (2021) Comparison between multi-criteria decision-making methods and evaluating the quality of life at different spatial levels. *Sustainability*, 13 (7), art. no. 4067. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13074067>
28. Wang Y.-J. (2020) Combining quality function deployment with simple additive weighting for interval-valued fuzzy multi-criteria decision-making with dependent evaluation criteria. *Soft Computing*, 24, 7757–7767. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00500-019-04394-5>
29. Zulqarnain R.M., Xin X.L., Saeed M., Smarandache F., Ahmad N. (2020) Generalized neutrosophic TOPSIS to solve multi-criteria decision-making problems. *Neutrosophic Sets and Systems*, 38, 276–292. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.4300512>
30. Перепелица В.А., Попова Е.В. (2002) *Математические модели и методы оценки рисков экономических, социальных и аграрных процессов*, монография, Ростов-на-Дону: Ростовский университет.
31. Попова М.И., Хаммуд А. (2025) Комплексная реализация методов многокритериальной оценки риска позиций ассортиментного портфеля. *Научный журнал КубГАУ*, 207 (03), 1–25. DOI: <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-207-028>
32. Чечнев В.Б. (2024) Анализ и классификация многокритериальных методов принятия решений. *Онтология проектирования*, 14 (4), 607–624. DOI: <https://doi.org/10.18287/2223-9537-2024-14-4-607-624>

REFERENCES

1. Opricovic S., Tzeng G.-H. (2003) Defuzzification within a multicriteria decision model. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 11 (5), 635–652. DOI: <https://doi.org/10.1142/S0218488503002387>
2. Akram M., Zahid K., Alcantud J.C.R. (2022) A new outranking method for multicriteria decision making with complex Pythagorean fuzzy information. *Neural Computing and Applications*, 34, 8069–8102. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00521-021-06847-1>
3. Anes V., Abreu A. (2025) Adaptive cluster-based normalization for robust TOPSIS in multicriteria decision-making. *Applied Sciences*, 15 (7), art. no. 4044. DOI: <https://doi.org/10.3390/app15074044>
4. Azadi A., Seyed Jalali A., Navidi M.N. (2023) Land evaluation approaches comparing TOPSIS and SAW with parametric methods for rice cultivation. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195, art. no. 1296. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11849-8>
5. Bánhidi Z., Dobos I. (2024) Sensitivity of TOPSIS ranks to data normalization and objective weights on the example of digital development. *Central European Journal of Operations Research*, 32, 29–44. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10100-023-00876-y>
6. Biswas T.K., Chaki S. (2022) Applications of modified simple additive weighting method in manufacturing environment. *International Journal of Engineering*, 35 (4), 830–836. DOI: <https://doi.org/10.5829/ije.2022.35.04a.23>
7. Ciardiello F., Genovese A. (2023) A comparison between TOPSIS and SAW methods. *Annals of Operations Research*, 325, 967–994. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10479-023-05339-w>
8. Ajay D., Manivel M., Aldring J. (2019) Neutrosophic fuzzy SAW method and it's application. *The International Journal of Analytical and Experimental Modal Analysis*, 11 (8), 881–887.
9. Effatpanah S.K., Ahmadi M.H., Aungkulanon P., Maleki A., Sadeghzadeh M., Sharifpur M., Chen L. (2022) Comparative analysis of five widely-used multi-criteria decision-making methods to



evaluate clean energy technologies: A case study. *Sustainability*, 14 (3), art. no. 1403. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14031403>

10. Firgiawan W., Zulkarnaim N., Cokrowibowo S. (2020) A Comparative Study using SAW, TOPSIS, SAW-AHP, and TOPSIS-AHP for Tuition Fee (UKT). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 875, art. no 012088. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/875/1/012088>

11. Göktaş F. (2024) A hybrid MADM approach based on simple additive weighting and TOPSIS: An application on comparison of innovation performances of the EU countries. *Gazi University Journal of Science Part A: Engineering and Innovation*, 11 (3), 419–430. DOI: <https://doi.org/10.54287/guj-sa.1474940>

12. Goodridge W.S. (2016) Sensitivity analysis using simple additive weighting method. *International Journal of Intelligent Systems and Applications (IJISA)*, 8 (5), 27–33. DOI: <https://doi.org/10.5815/ijisa.2016.05.04>

13. Jayanti S.D., Budiman, Yoga T.P. (2021) Comparison analysis of the SAW method and TOPSIS method in the decision support system for determining permanent teachers in SMK Pasundan 2 Banjaran. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1115, art. no. 012016. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1115/1/012016>

14. Kaliszewski I., Podkopaev D. (2016) Simple additive weighting – A metamodel for multiple criteria decision analysis methods. *Expert Systems with Applications*, 54, 155–161. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2016.01.042>

15. Madanchian M., Taherdoost H.A. (2023) A comprehensive guide to the TOPSIS method for multi-criteria decision making. *Sustainable Social Development*, 1 (1), art. no. 2220. DOI: <https://doi.org/10.54517/ssd.v1i1.2220>

16. Piasecki K., Roszkowska E., Łyczkowska-Hanćkowiak A. (2019) Simple additive weighting method equipped with fuzzy ranking of evaluated alternatives. *Symmetry*, 11 (4), art. no. 482. DOI: <https://doi.org/10.3390/sym11040482>

17. Radulescu C.Z., Radulescu M. (2024) A hybrid group multi-criteria approach based on SAW, TOPSIS, VIKOR, and COPRAS methods for complex IoT selection problems. *Electronics*, 13 (4), art. no. 789. DOI: <https://doi.org/10.3390/electronics13040789>

18. Shih H.-S. (2022) Rank reversal in TOPSIS. In: *TOPSIS and its Extensions: A Distance-Based MCDM Approach*, 159–175. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-09577-1_7

19. Shyr H.-J., Shih H.-S. (2024) Resolving rank reversal in TOPSIS: A comprehensive analysis of distance metrics and normalization methods. *Informatica*, 35 (4), 837–858. DOI: <https://doi.org/10.15388/24-INFOR576>

20. Rahman A. (2020) Implementation of the Simple Additive Weighting method in solving decision making problems. *Kontigensi: Jurnal Ilmiah Manajemen*, 8 (2), 325–333. <https://doi.org/10.56457/jimk.v8i2.232>

21. Singh J., Tyagi P., Kumar G., Agrawal S. (2020) Convenience store locations prioritization: a fuzzy TOPSIS-GRA hybrid approach. *Modern Supply Chain Research and Applications*, 2 (4), 281–302. DOI: <https://doi.org/10.1108/mscra-01-2020-0001>

22. Sugianto R.A., Gunawan M. (2020) Implementation of Simple Additive Weighting (SAW) in decision support systems as a recommendation for student creativity program proposals. *International Journal of Economic, Technology and Social Sciences*, 1 (2), 70–77. DOI: <https://doi.org/10.53695/injects.v1i1.155>

23. Susmaga R., Szczech I., Brzeziński D. (2023) Towards explainable TOPSIS: Visual insights into the effects of weights and aggregations on rankings. *arXiv:2306.07706*. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2306.07706>

24. Taherdoost H. (2023) Analysis of Simple Additive Weighting method (SAW) as a multi attribute decision-making technique: A step-by-step guide. *Journal of Management Science & Engineering Research*, 6 (1), 21–24. DOI: <https://doi.org/10.30564/jmser.v6i1.5400>

25. Vafaei N., Ribeiro R.A., Camarinha-Matos L.M. (2022) Assessing normalization techniques for Simple Additive Weighting method. *Procedia Computer Science*, 199, 1229–1236. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.156>

26. Vafaei N., Ribeiro R.A., Camarinha-Matos L.M. (2021) Assessing normalization techniques for TOPSIS method. In: *Technological Innovation for Applied AI Systems*, 132–141. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-78288-7_13

27. Vakilipour S., Sadeghi-Niaraki A., Ghodousi M., Choi S.-M. (2021) Comparison between multi-criteria decision-making methods and evaluating the quality of life at different spatial levels. *Sustainability*, 13 (7), art. no. 4067. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13074067>

28. Wang Y.-J. (2020) Combining quality function deployment with simple additive weighting for interval-valued fuzzy multi-criteria decision-making with dependent evaluation criteria. *Soft Computing*, 24, 7757–7767. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00500-019-04394-5>

29. Zulqarnain R.M., Xin X.L., Saeed M., Smarandache F., Ahmad N. (2020) Generalized neutrosophic TOPSIS to solve multi-criteria decision-making problems. *Neutrosophic Sets and Systems*, 38, 276–292. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.4300512>

30. Perepelitsa V.A., Popova E.V. (2002) *Mathematical models and methods for risk assessment of economic, social and agricultural processes*, monography, Rostov-on-Don: Rostovskij universitet.

31. Popova M.I., Hammoud A. (2025) Comprehensive implementation of multicriteria risk assessment methods for product portfolio positions. *Scientific Journal of KubSAU*, 207 (03), 1–25. DOI: <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-207-028>

32. Chechnev V.B. (2024) Analysis and classification of multi-criteria decision-making methods. *Ontology of Designing*, 14 (4), 607–624. DOI: <https://doi.org/10.18287/2223-9537-2024-14-4-607-624>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT AUTHORS

БЕРНГАРТ Белла Романовна

E-mail: bella.berngart@yandex.com

Bella R. BERNGART

E-mail: bella.berngart@yandex.com

ПОПОВА Елена Витальевна

E-mail: popova.e@kubsau.ru

Elena V. POPOVA

E-mail: popova.e@kubsau.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8533-6897>

Поступила: 04.06.2025; Одобрена: 11.08.2025; Принята: 18.08.2025.

Submitted: 04.06.2025; Approved: 11.08.2025; Accepted: 18.08.2025.

Научная статья

УДК 338.45

DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18410>

EDN: <https://elibrary/XENFEJ>



МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ЭКОНОМИЧЕСКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Е.С. Палкина  , М.С. Вагин 

Санкт-Петербургский государственный морской технический университет,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

 elena_palkina@hotmail.com

Аннотация. Одной из главных целей деятельности современного промышленного предприятия является повышение эффективности его функционирования, что позволит повысить конкурентоспособность продукции отечественного производства на мировом рынке. В этой связи большинство производственных организаций в настоящее время внедрили принципы и методы бережливого производства, используют различные цифровые технологии. Вместе с тем, как показывает практика, для достижения большего положительного экономического результата от освоения новых направлений организации производственной деятельности важно использовать научный подход к обоснованию управленческих решений в этой области, поскольку при определенных условиях синергетический эффект от совместного применения инструментария бережливого производства и цифровизации может принимать отрицательное значение. Наименее проработанными в этой сфере являются вопросы методического обеспечения процесса разработки мероприятий, направленных на совершенствование деятельности промышленного предприятия в условиях цифровой экономики. Целью настоящей работы является создание методики оценки влияния цифровизации бережливого производства на экономическую эффективность деятельности промышленного предприятия. В процессе исследования использовались методы сравнительного анализа, группировки, обобщения, систематизации, экспертных оценок. Определены основные этапы процесса разработки управленческого решения по внедрению цифрового бережливого производства и их содержание. Установлены критерии принятия промежуточных решений в точках разветвления. Разработан алгоритм выполнения оценки влияния совместного применения инструментов бережливого производства и цифровых технологий на показатели экономической эффективности деятельности предприятия. Полученные результаты исследования имеют теоретическую и практическую значимость, поскольку разработанные методические положения развивают научные основы экономики промышленности и предоставляют возможность повышения конкурентоспособности продукции отечественных товаропроизводителей на мировом рынке при условии их применения. Использование предложенной методики обеспечит принятие рациональных, экономически обоснованных решений в области внедрения на предприятии новых цифровых технологий и инструментов бережливого производства для целей повышения эффективности деятельности организаций промышленности. В дальнейшем целесообразно проведение эмпирического исследования практики применения предложенной методики в деятельности промышленных предприятий с оценкой полученных результатов.

Ключевые слова: бережливое производство, методика, оценка, предприятие, промышленность, синергетический эффект, цифровизация, экономическая эффективность

Для цитирования: Палкина Е.С., Вагин М.С. (2025) Методика оценки влияния цифровизации бережливого производства на экономическую эффективность деятельности промышленного предприятия. П-Economy, 18 (4), 173–185. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18410>



METHODOLOGY FOR ASSESSING IMPACT OF DIGITALIZATION OF LEAN PRODUCTION ON ECONOMIC EFFICIENCY OF INDUSTRIAL ENTERPRISE

E.S. Palkina  , M.S. Vagin 

State Marine Technical University, St. Petersburg, Russian Federation

 elena_palkina@hotmail.com

Abstract. One of the main goals of a modern industrial enterprise is to improve the efficiency of its operation, which will increase the competitiveness of domestic products in the world market. In this regard, most manufacturing organizations have now implemented the principles and methods of lean production and use various digital technologies. However, as practice shows, in order to achieve greater positive economic result from the development of new areas of industrial activity, it is important to use a scientific approach to substantiating management decisions in this area, since under certain conditions the synergetic effect of the combined use of lean production and digitalization tools can be negative. The least developed in this area are the issues of methodological support for the process of developing measures aimed at improving the activities of an industrial enterprise in the digital economy. The purpose of this work is to create a methodology for assessing the impact of digitalization of lean production on the economic efficiency of an industrial enterprise. In the course of the research, methods of comparative analysis, grouping, generalization, systematization and expert assessments were used. The main stages of the process of developing a management decision on the implementation of digital lean production and their content are defined. The criteria for making intermediate decisions at the branching points are established. An algorithm has been developed to assess the impact of the combined use of lean production tools and digital technologies on the economic efficiency of the enterprise. The obtained research results have theoretical and practical significance, since the developed methodological provisions develop the scientific foundations of industrial economics and provide an opportunity to increase the competitiveness of domestic producers in the world market, subject to their application. The use of the proposed methodology will ensure the adoption of rational, economically sound decisions in the field of introducing new digital technologies and lean production tools at the enterprise in order to improve the efficiency of industrial organizations. In the future, it is advisable to conduct an empirical study of the practice of applying the proposed methodology in the activities of industrial enterprises with an evaluating the results obtained.

Keywords: lean production, methodology, assessment, enterprise, industry, synergetic effect, digitalization, economic efficiency

Citation: Palkina E.S., Vagin M.S. (2025) Methodology for assessing impact of digitalization of lean production on economic efficiency of industrial enterprise. *π-Economy*, 18 (4), 173–185. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18410>

Введение

В современных условиях возрастающей конкуренции на мировом рынке важным фактором конкурентоспособности продукции является величина себестоимости ее производства при определенном уровне качества. В этой связи многие предприятия стремятся повысить эффективность своей деятельности на основе выявления и использования соответствующих экономических резервов. Интенсивный путь развития организации, в отличие от экстенсивного, предполагает задействование одноименных резервов повышения эффективности, которые формируются благодаря обновлению основных производственных фондов, внедрению новых технологий, совершенствованию организации бизнес-процессов. Значимую роль в достижении положительной динамики экономических результатов выполняют цифровые технологии и инструментарий бережливого производства. Как отмечается в работе [1], бережливое производство способствует



росту эффективности деятельности организации. При этом важно отметить, что цифровизация, не подкрепленная оптимизацией процессов, не только не обеспечивает рост эффективности, но и может привести к увеличению потерь вследствие автоматизации изначально неэффективных операций. В связи с этим актуальным становится исследование влияния совместного применения инструментов бережливого производства и цифровизации на рост экономической эффективности деятельности промышленного предприятия.

Проведенный анализ отечественной и зарубежной литературы в этой области позволяет констатировать следующее. Преимущественно преобладают отдельные подходы к оценке влияния на экономические показатели предприятия, с одной стороны, результатов внедрения бережливого производства, с другой, – цифровых технологий. Так, например, в работе [2] выполнен сравнительный анализ методов оценки эффективности внедрения бережливого производства. В статье [3] определены необходимые условия для успешного внедрения бережливого производства. В научной публикации [4] представлена модель оценки эффективности цифровой трансформации организации. Статья [5] содержит результаты исследования оценки экономических возможностей отечественных предприятий машиностроения, внедряющих цифровые технологии в бизнес-процессы и в управление жизненным циклом изделий. Публикация [6] посвящена проблеме выбора методики оценки уровня цифровизации экономики. В научной статье [7] представлены результаты исследования влияния роботизации на показатели производственной системы.

Несмотря на то, что в статье [8] рассматриваются отдельные аспекты интеграции бережливого производства и цифровых технологий в деятельность производственных предприятий, вместе с тем не конкретизировано, каким образом благодаря ей достигается интегральная экономическая эффективность. В работе [9] авторы, акцентируя внимание на проблемах цифровизации бережливого производства, приходят к общему выводу, что цифровизация увеличивает издержки производства, тогда как бережливое производство направлено на снижение издержек. Статья [10] содержит результаты исследования общих эффектов, возникающих в результате интеграции цифровых технологий и бережливого производства, при этом методика их оценки не представлена. В научной публикации [11] делается вывод о том, что внедрение цифровых технологий в производственную систему способствует повышению эффективности деятельности предприятия. В статье [12] отмечена важная роль бережливого производства в стимулировании цифровых преобразований. Данные исследования, представленные в публикации [13], свидетельствуют о том, что одновременное внедрение бережливого производства и цифровых технологий приводит к значительному росту производительности. При этом для повышения эффективности цифровой трансформации производственных процессов важно учитывать отраслевые технико-экономические особенности, как отмечено в работе [14]. В статье [15] показано усиление цифровизационных процессов и креативной деятельности сотрудников вследствие образования и действия синергетического эффекта. В целом исследованию синергетических эффектов, цикличности развития экономических систем посвящены труды отечественных [16–25] и зарубежных ученых [26–29]. В исследовании [30] представлен инновационный подход к оценке влияния цифровизации экономики на устойчивость развития предприятия. При этом не уделяется должное внимание вопросам ее воздействия на экономические результаты деятельности предприятия.

Таким образом, как показывают результаты анализа научной литературы по данному вопросу, наименее проработанными в этой сфере являются вопросы методического обеспечения процесса разработки мероприятий, направленных на повышение эффективности деятельности промышленного предприятия в условиях цифровой экономики.

Цель и задачи исследования

Цель работы состоит в создании методики оценки влияния цифровизации бережливого производства на экономическую эффективность деятельности промышленного предприятия. Для ее достижения были поставлены и решены следующие задачи:

- 1) определить основные этапы процесса разработки управленческого решения по внедрению цифрового бережливого производства и их содержание;
- 2) установить критерии принятия промежуточных решений в точках разветвления (узлах решений);
- 3) разработать алгоритм выполнения оценки влияния совместного применения инструментов бережливого производства и цифровых технологий на экономические показатели деятельности предприятия.

Методы исследования

В процессе исследования использовались методы сравнительного анализа, группировки, обобщения, систематизации, экспертных оценок.

Результаты исследования

Оценка влияния цифровизации бережливого производства на экономическую эффективность деятельности промышленного предприятия представляет собой поэтапную процедуру, обеспечивающую комплексный подход к количественной оценке синергетического эффекта и его воздействия на ключевые показатели экономической эффективности производственной организации. В качестве ключевых показателей экономической деятельности промышленного предприятия предлагается рассматривать следующие индикаторы: производительность труда, фондоотдача, материалоотдача, себестоимость единицы продукции, рентабельность продаж.

Основу предлагаемой методики оценки влияния цифровизации бережливого производства на экономическую эффективность деятельности промышленного предприятия составляет определенный алгоритм, представленный на рис. 1, который включает семь этапов:

- 1) подготовительный;
- 2) аналитический;
- 3) расчет эффекта от внедрения инструментов бережливого производства;
- 4) расчет эффекта от внедрения цифровых инструментов;
- 5) расчет синергетического эффекта в результате совместного внедрения цифровых технологий и бережливого производства;
- 6) проверку ограничительных условий;
- 7) расчет показателей экономической эффективности.

Последовательное выполнение вышеперечисленных этапов приводит к выбору наилучшего управленческого решения о реализации проекта внедрения цифрового бережливого производства на промышленном предприятии.

Подготовительный этап

На начальной стадии осуществляется диагностика текущего состояния предприятия с использованием контрольного листа и матрицы зрелости, что позволяет определить исходные уровни внедрения бережливых и цифровых технологий и на этой основе выбрать стратегию организационно-технологических преобразований. Далее проводится сбор, структурирование и предварительная обработка исходных данных, необходимых для моделирования и оценки, и определение пороговых значений ограничительных условий: требуемый объем выпуска продукции для обеспечения ожидаемого периода окупаемости инвестиций, минимально рентабельный размер партий и согласованность производственной программы.

Необходимым условием для перехода к следующему этапу является достаточность исходных данных. В случае невыполнения этого условия происходит доработка информационной базы до тех пор, пока не будет достаточно исходных данных, либо отказ от реализации проекта на данный момент времени.

Аналитический этап

На этой стадии определяются цели и задачи внедрения цифрового бережливого производства. Разрабатываются альтернативные варианты стратегий инновационного развития предприятия,

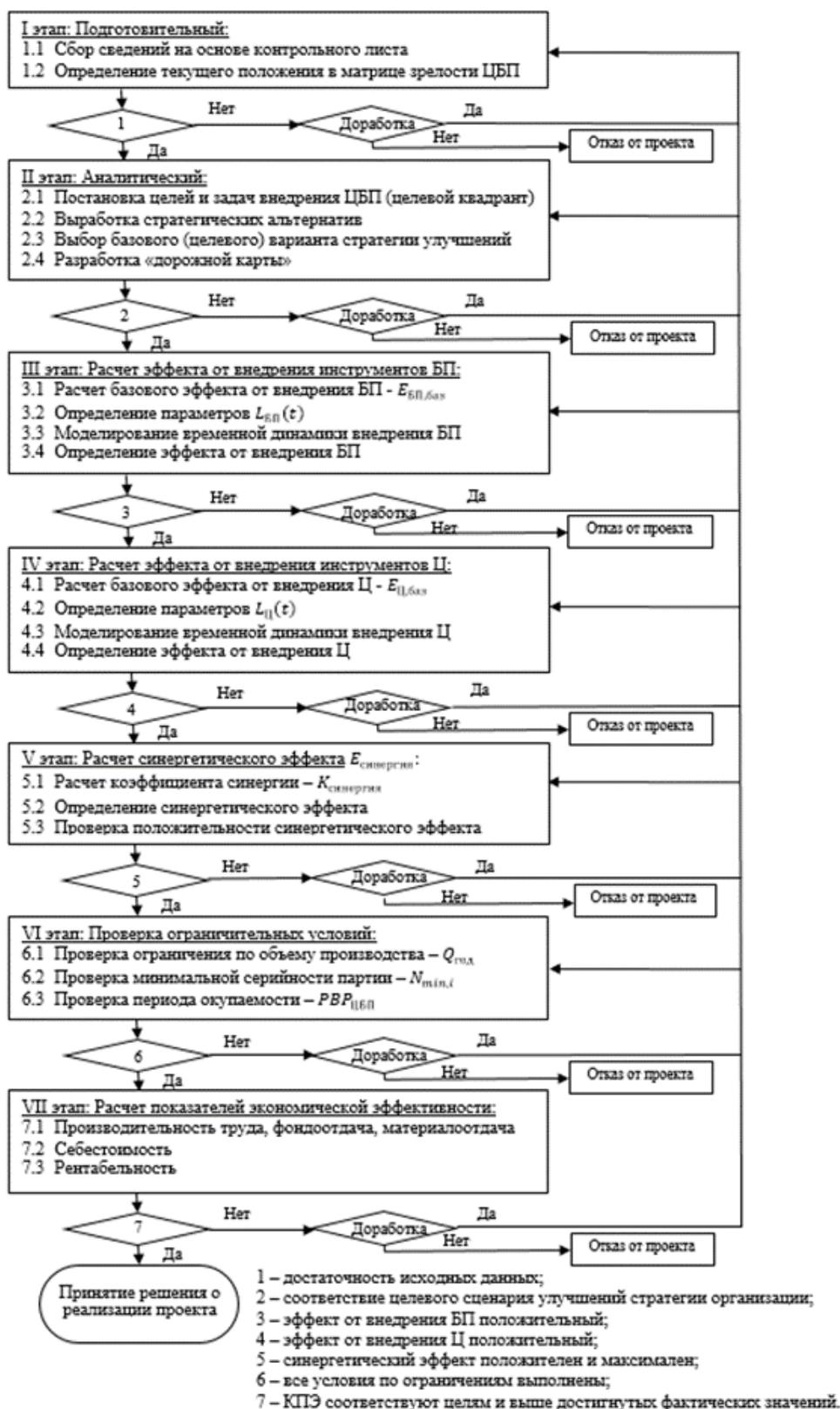


Рис. 1. Алгоритм оценки влияния совместного применения технологий бережливого производства и цифровизации на экономическую эффективность деятельности промышленного предприятия

Fig. 1. Algorithm for assessing impact of combined use of lean production and digitalization technologies on the economic efficiency of an industrial enterprise

предусматривающие соответствующие организационно-технологические преобразования. Обосновывается выбор целевого (базового) сценария стратегических изменений. Прорабатывается «дорожная карта», содержащая план мероприятий, реализация которых позволит осуществить переход предприятия от текущего к целевому состоянию производственной системы.

Необходимым условием для перехода к следующему этапу является соответствие целевого сценария улучшений общей стратегии развития предприятия. В случае невыполнения этого условия происходит доработка целевого сценария до тех пор, пока не будет обеспечено его соответствие общей стратегии развития производственной организации, либо отказ от реализации проекта на данный момент времени.

Расчет эффекта от внедрения инструментов бережливого производства

На этой стадии производится расчет базового эффекта от внедрения бережливого производства (БП), определение параметров логистической функции уровня внедрения бережливого производства, моделирование временной динамики внедрения бережливого производства и оценка общего эффекта от внедрения бережливого производства.

В целом эффект от внедрения инструментов бережливого производства предлагается осуществлять по формуле (1):

$$E_{\text{БП}}(t) = E_{\text{БП,баз}} \cdot L_{\text{БП}}(t) = (\Delta\text{ПТ}_{\text{БП}} + \Delta\text{ФО}_{\text{БП}} + \Delta\text{МО}_{\text{БП}}) \cdot \frac{1}{1 + e^{-a_{\text{БП}} \cdot (t - t_{1/2, \text{БП}})}}, \quad (1)$$

где $E_{\text{БП}}(t)$ – эффект от внедрения бережливого производства; $E_{\text{БП,баз}}$ – максимальный (потенциальный) базовый эффект от внедрения бережливого производства; $L_{\text{БП}}(t)$ – логистическая функция уровня внедрения бережливого производства, которая характеризует их проникновение и рост со временем; $\Delta\text{ПТ}_{\text{БП}}$ – изменение производительности труда за счет внедрения инструментов бережливого производства; $\Delta\text{ФО}_{\text{БП}}$ – изменение фондоотдачи благодаря внедрению инструментов бережливого производства; $\Delta\text{МО}_{\text{БП}}$ – изменение материалоотдачи благодаря внедрению инструментов бережливого производства; $a_{\text{БП}}$ – коэффициент скорости внедрения бережливого производства (чем выше $a_{\text{БП}}$, тем быстрее достигается насыщение); $t_{1/2, \text{БП}}$ – время достижения половины максимального уровня зрелости (50% насыщения).

Необходимым условием для перехода к следующему этапу является получение положительного значения оцениваемого эффекта. В случае невыполнения этого условия происходит перерасчет (например, в результате возврата на предыдущий этап и внесения изменений в целевой сценарий), до тех пор, пока величина рассматриваемого эффекта не примет положительное значение, либо отказ от реализации проекта на данный момент времени.

Расчет эффекта от внедрения цифровых инструментов

На этой стадии производится расчет базового эффекта от внедрения цифровых технологий (Ц), определение параметров логистической функции уровня внедрения цифровых технологий, моделирование временной динамики внедрения цифровых технологий и оценка общего эффекта от внедрения цифровых технологий.

В целом эффект от внедрения цифровых технологий предлагается осуществлять по формуле (2):

$$E_{\text{Ц}}(t) = E_{\text{Ц,баз}} \cdot L_{\text{Ц}}(t) = (\Delta\text{ПТ}_{\text{Ц}} + \Delta\text{ФО}_{\text{Ц}} + \Delta\text{МО}_{\text{Ц}}) \cdot \frac{1}{1 + e^{-a_{\text{Ц}} \cdot (t - t_{1/2, \text{Ц}})}}, \quad (2)$$

где $E_{\text{Ц}}(t)$ – эффект от внедрения цифровых технологий; $E_{\text{Ц,баз}}$ – максимальный (потенциальный) базовый эффект от внедрения цифровых технологий; $L_{\text{Ц}}(t)$ – логистическая функция уровня внедрения цифровых технологий, которая характеризует их проникновение и рост со временем; $\Delta\text{ПТ}_{\text{Ц}}$ – изменение производительности труда за счет внедрения цифровых технологий;



$\Delta\text{ФО}_{\text{Ц}}$ – изменение фондоотдачи благодаря внедрению цифровых технологий; $\Delta\text{МО}_{\text{Ц}}$ – изменение материалоотдачи благодаря внедрению цифровых технологий; $a_{\text{Ц}}$ – коэффициент скорости внедрения цифровых технологий (чем выше $a_{\text{БП}}$, тем быстрее достигается насыщение); $t_{1/2,\text{Ц}}$ – время достижения половины максимального уровня зрелости (50% насыщения).

Следует отметить, что параметр a характеризует скорость перехода от начального состояния к насыщению и зависимость от организационной гибкости промышленного предприятия, ресурсов, сопротивления изменениям. Чем a выше, тем быстрее внедрение. Значение параметра может быть получено двумя основными способами: при наличии исторических данных с помощью нелинейной регрессии логистических кривых; при отсутствии данных – с использованием экспертной оценки через обратную логистическую функцию. Полученные значения важно верифицировать через отраслевой бенчмаркинг.

Необходимым условием для перехода к следующему этапу является получение положительного значения оцениваемого эффекта. В случае невыполнения этого условия происходит перерасчет (например, в результате возврата на предыдущий этап и внесения изменений в целевой сценарий), до тех пор, пока величина рассматриваемого эффекта не примет положительное значение, либо отказ от реализации проекта на данный момент времени.

Следует отметить, что расчет экономического эффекта от внедрения инструментов бережливого производства и цифровых технологий по отдельности позволяет количественно оценить вклад каждого из этих направлений в прирост ключевых показателей эффективности промышленного предприятия: производительность труда, фондоотдачу, материалоотдачу, себестоимость единицы продукции, рентабельность продаж.

Расчет синергетического эффекта в результате совместного внедрения цифровых технологий и бережливого производства

На этой стадии производится расчет коэффициента синергии, определение синергетического эффекта в результате совместного применения инструментов бережливого производства и цифровых технологий, значение которого должно быть положительным.

В целом расчет синергетического эффекта от внедрения цифрового бережливого производства предлагается осуществлять по формуле (3):

$$E_{\text{синергия}}(t) = (E_{\text{БП}}(t) + E_{\text{Ц}}(t)) \cdot (K_{\text{синергия}}(t) - 1), \quad (3)$$

где $E_{\text{синергия}}(t)$ – величина синергетического эффекта от внедрения бережливого производства и цифровизации; $K_{\text{синергия}}(t)$ – коэффициент синергии, скалирующий фактор, который моделирует рост дополнительного эффекта за счет взаимодействия бережливого производства и цифровизации.

Полученное положительное значение синергетического эффекта от внедрения цифрового бережливого производства, по сути, отражает эмерджентный прирост совокупного эффекта в результате использования цифровых технологий и бережливого производства в деятельности промышленного предприятия.

Следует отметить, что скалирующий фактор, или коэффициент синергии $K_{\text{синергия}}(t)$, необходим для отражения реальной природы совместного внедрения бережливого производства и цифровизации, где интеграция подходов создает эффект, превышающий простое суммирование их отдельных вкладов. Синергетический эффект, возникающий при совместном внедрении бережливого производства и цифровизации, представляет собой качественно новое явление, которое не сводится к простому суммированию или взаимному усилению отдельных эффектов этих подходов. Его формирование обусловлено системным взаимодействием бережливого производства и цифровизации, которое создает новые возможности, недостижимые при их изолированном применении. Таким образом, этот эффект является результатом такого свойства

системы, как эмерджентность, когда целое приобретает качества, отсутствующие у его отдельных частей.

Необходимым условием для перехода к следующему этапу является получение максимально достижимого положительного синергетического эффекта. В случае невыполнения этого условия происходит перерасчет (например, в результате возврата на второй этап и внесения изменений в целевой сценарий), до тех пор, пока величина оцениваемого эффекта не примет максимальное положительное значение, либо отказ от реализации проекта на данный момент времени.

Проверка ограничительных условий

На данном этапе осуществляется верификация расчетов с учетом производственно-экономических ограничений, включая требуемый объем выпуска продукции для обеспечения ожидаемого периода окупаемости инвестиций, минимально рентабельный размер партий и согласованность производственной программы. Проверка выполнения обозначенных условий обеспечивает достижение положительного синергетического эффекта и, как следствие, планируемое повышение эффективности деятельности промышленного предприятия в результате совместного применения инструментов бережливого производства и цифровых технологий.

Необходимым условием для перехода к следующему этапу является выполнение всех обозначенных условий по ограничениям. В случае невыполнения этого условия происходит возврат на более ранние этапы до тех пор, пока не будут выполнены все условия по ограничениям, либо отказ от реализации проекта на данный момент времени.

Расчет показателей экономической эффективности

На заключительном этапе оценки производится расчет плановых значений ключевых показателей экономической эффективности деятельности предприятия, а именно: производительность труда, фондоотдача, материалоотдача, себестоимость единицы продукции, рентабельность продаж.

Следует отметить, что выбор данных показателей обусловлен тем, что бережливое производство направлено на экономию ресурсов (основные средства, трудовые ресурсы, сырье и материалы), а цифровизация позволяет ускорить их производительность, оборачиваемость, что в целом приводит к снижению себестоимости и росту рентабельности деятельности производственной организации.

Необходимым условием для перехода к принятию решения о реализации проекта по внедрению цифрового бережливого производства является обеспечение соответствия полученных расчетных значений ключевых показателей эффективности поставленным целям организации и улучшения достигнутых фактических значений этих показателей в ходе деятельности предприятия в результате осуществления предложенных стратегических изменений. В случае невыполнения этого условия происходит возврат на более ранние этапы до тех пор, пока не будут выполнены эти условия, либо на данный момент времени целесообразен отказ от реализации проекта.

Таким образом, к основным полученным результатам проведенного исследования, посвященного созданию методики оценки влияния цифровизации бережливого производства на экономическую эффективность деятельности промышленного предприятия, относится следующее:

- определены основные этапы процесса разработки управленческих решений по внедрению цифрового бережливого производства и раскрыто их содержание;
- установлены критерии принятия промежуточных решений в точках разветвления (узлах решений);
- разработан алгоритм выполнения оценки влияния совместного применения инструментов бережливого производства и цифровых технологий на экономические показатели деятельности производственной организации.

В целом разработанный алгоритм представляет собой комплексный структурированный подход к решению проблемы рационального внедрения цифрового бережливого производства, способствующего повышению экономической эффективности деятельности промышленного



предприятия на основе количественной оценки интеграционного эффекта от внедрения цифровых технологий и бережливого производства, учитывающий, как отдельные преимущества каждого из этих направлений, так и их системное взаимное усиление.

Заключение

Разработанная методика оценки влияния цифровизации бережливого производства на экономическую эффективность деятельности промышленного предприятия представляет собой поэтапную процедуру, обеспечивающую комплексный подход к количественной оценке синергетического эффекта и его воздействия на ключевые показатели экономической эффективности производственной организации: производительность труда, фондо- и материалоотдачу, себестоимость, рентабельность. Внедрение данного алгоритма предполагает, в частности, использование вспомогательных инструментов: контрольного листа и матрицы зрелости, что позволяет определить исходные уровни внедрения бережливых и цифровых технологий и на этой основе выбрать стратегию организационно-технологических преобразований.

Кроме того, отличительными особенностями предложенной методики является то, что она предполагает изначальный расчет базового экономического эффекта от внедрения бережливого производства и цифровизации по отдельности, что позволяет количественно измерить вклад каждого из них в повышение эффективности деятельности предприятия, выражаемого через рост производительности труда, фондо- и материалоотдачи, снижение себестоимости и увеличение рентабельности продаж. Затем, через оценку синергетического эффекта, возникающего в результате совместного внедрения цифровых технологий и бережливого производства в результате их системного взаимного усиления, определяется общее влияние цифрового бережливого производства на экономическую эффективность деятельности промышленного предприятия.

В дополнение предусмотренная в методике верификация расчетов с учетом производственно-экономических ограничений, включая требуемый объем выпуска продукции для обеспечения ожидаемого периода окупаемости инвестиций, минимально рентабельный размер партий и согласованность производственной программы, обеспечивает подготовку и принятие рациональных управленческих решений на основе полученного положительного значения синергетического эффекта и, как следствие, планируемого повышения эффективности деятельности промышленного предприятия в результате совместного применения инструментов бережливого производства и цифровых технологий и адаптацию алгоритма оценки к условиям конкретного предприятия.

Направление дальнейших исследований

Направление дальнейших исследований в этой области может быть связано с адаптацией предложенных методических положений по оценке влияния цифровизации бережливого производства на экономическую эффективность деятельности организаций других отраслей экономики. При этом особый научный интерес могут вызвать работы, где в качестве объекта исследования рассматриваются организации сферы услуг (транспорт, туризм, финансовый сектор и др.), что определяет необходимость выявления, обоснования и учета особенностей при внедрении разработанных положений.

В целом использование разработанной методики в деятельности отечественных промышленных предприятий позволит рационально сформировать и обосновать стратегию цифровизации бережливого производства с целью обеспечения снижения себестоимости продукции при улучшении ее качества, повышения экономической эффективности их деятельности и конкурентоспособности на мировом рынке.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Кондрашова А.В., Сироткин В.А., Паремузова М.Г., Седова В.Д. (2024) Актуальность применения технологии бережливого производства в сельскохозяйственных и промышленных предприятиях. *Вестник Академии знаний*, 5 (64), 227–230.
2. Ермашкевич Н.С., Коновалов И.Е. (2021) Сравнительный анализ методов оценки эффективности внедрения бережливого производства. *Вектор экономики*, 6 (60), art. no. 67.
3. Bortolotti T., Boscari S., Danese P. (2015) Successful lean implementation: Organizational culture and soft lean practices. *International Journal of Production Economics*, 160, 182–201. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.10.013>
4. Borissova D., Naidenov N., Yoshinov R. (2024) Digital transformation assessment model based on indicators for operational and organizational readiness and business value. In: *Advanced Research in Technologies, Information, Innovation and Sustainability* (eds. T. Guarda, F. Portela, J.M. Diaz-Nafria), 1935, 457–467. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-48858-0_36
5. Кобзев В.В., Бабкин А.В., Скоробогатов А.С. (2022) Цифровая трансформация промышленных предприятий в условиях новой реальности. *π-Economy*, 15 (5), 7–27. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.15501>
6. Мальсагов Т.Г. (2021) Проблема выбора методики оценки уровня цифровизации экономики. *Проблемы теории и практики управления*, 2, 65–80. DOI: <https://doi.org/10.46486/0234-4505-2021-2-65-80>
7. Антипов Д.В., Ткаченко И.С. (2024) Исследование влияния роботизации процессов предприятий на показатели производственной системы. *Известия ТулГУ. Технические науки*, 1, 374–378. DOI: <https://doi.org/10.24412/2071-6168-2024-1-374-375>
8. Колычев В.Д., Белкин И.О. (2023) Интеграция бережливого производства и цифровых технологий в управление операционной деятельностью промышленных предприятий. *Известия Высших учебных заведений. Серия: Экономика, финансы и управление производством*, 3 (57), 45–58. DOI: <https://doi.org/10.6060/ivecofin.2023573.653>
9. Левенцов В.А., Левенцов А.Н. (2023) Бережливое производство и проблемы его цифровизации. *Современные наукоемкие технологии*, 1, 20–25. DOI: <https://doi.org/10.17513/snt.39493>
10. Marcondes G.B., Rossi A.H.G., Pontes J. (2023) Digital technologies and Lean 4.0: integration, benefits, and areas of research. In: *Industrial Engineering and Operations Management* (eds. J.C. Gonçalves dos Reis, F.G. Mendonça Freires, M. Vieira Junior), 431, 197–209. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-47058-5_16
11. Вагин М.С. (2024) Применение бережливых и цифровых технологий для повышения эффективности производственных процессов. *Инновации и инвестиции*, 10, 122–126.
12. Rossini M., Dafne Cifone F., Kassem B., Costa F., Portioli-Staudacher A. (2021) Being lean: how to shape digital transformation in the manufacturing sector. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 32 (9), 239–259. DOI: <https://doi.org/10.1108/JMTM-12-2020-0467>
13. Tortorella G.L., Fettermann D. (2018) Implementation of Industry 4.0 and Lean Production in Brazilian manufacturing companies. *International Journal of Production Research*, 56 (8), 2975–2987. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1391420>
14. Палкина Е.С., Постников Р.А. (2021) Цифровая трансформация производственной системы в судостроении: проблемы и способы их решения. *Вестник Забайкальского государственного университета*, 27 (6), 107–123. DOI: <https://doi.org/10.21209/2227-9245-2021-27-6-107-123>
15. Бабосов Е.М. (2023) Синергетическое взаимоусиление цифровизационных процессов и человеческой креативной деятельности. *Экономика. Социология. Право*, 2 (30), 33–39. DOI: <https://doi.org/10.22281/2542-1697-2023-02-02-33-39>
16. Батаева В.К. (2020) Оценка синергетического эффекта при слияниях и поглощениях компаний. *Ученые записки Российской Академии предпринимательства*, 19 (2), 108–113. DOI: <https://doi.org/10.24182/2073-6258-2020-19-2-108-113>
17. Болдыревский П.Б., Игошев А.К., Кистанова Л.А. (2018) Исследования синергетических эффектов и цикличности современных экономических систем. *Экономический анализ: теория и практика*, 11 (482), 2166–2178. DOI: <https://doi.org/10.24891/ea.17.11.2166>
18. Геворкян Г.А. (2023) Механизм оценки синергетического эффекта. *Экономика и социум*, 6, 664–674.



19. Дашевская Н.С. (2016) Синергетический эффект в оценке эффективности использования ресурсного потенциала предприятия. *Международный научный студенческий журнал*, 3, 116–121.
20. Зайцева И.В., Малафеев О.А., Степкин А.В., Черноусов М.В., Кособлик Е.В. (2020) Моделирование цикличности развития в системе экономик. *Перспективы науки*, 10 (133), 173–176.
21. Иванов В.С., Коречков Ю.В., Иванов С.В. (2019) Синергетический эффект интегрирования предпринимательских структур в системе управления организациями. *Финансовая экономика*, 12, 42–45.
22. Князева О.П., Акмаров П.Б., Сошин Н.А. (2023) Синергетический эффект цифровой трансформации аграрного производства. *Управленческий учет*, 11, 272–277. DOI: <https://doi.org/10.25806/uu112023272-277>
23. Палей Т.Ф., Лотфуллина Д.Р., Павлова Х.А. (2020) Оценка синергетического эффекта путем дисконтирования денежных потоков компаний «Роснефть» и «Татнефть». *Казанский экономический вестник*, 6, 16–21.
24. Сулимова Е.А., Ремзова М.А. (2019) Синергетический эффект как залог успешного ведения бизнеса. *Инновации и инвестиции*, 12, 122–125.
25. Теплов И.О. (2022) Реализация детерминированного подхода к познанию эволюции теорий развития экономических систем. *Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права*, 6, 150–158. DOI: <https://doi.org/10.21295/2223-5639-2022-6-150-158>
26. Buer S.V., Semini M., Strandhagen J.O., Sgarbossa F. (2021) The complementary effect of lean manufacturing and digitalisation on operational performance. *International journal of production research*, 59 (7), 1976–1992. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1790684>
27. Prymostka O., Chub P. (2021) Evolution of theories of cyclical economic development. *Business Navigator*, 3. DOI: <https://doi.org/10.32847/business-navigator.63-3>
28. Treviño-Elizondo B.L., García-Reyes H., Peimbert-García R.E. (2023) A maturity model to become a smart organization based on lean and Industry 4.0 synergy. *Sustainability*, 15 (17), art. no. 13151. DOI: <https://doi.org/10.3390/su151713151>
29. Vella S. (2025) Constructing a country-specific indicator for cyclical systemic risk. *Economic Change and Restructuring*, 58 (3), art. no. 44. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10644-025-09884-1>
30. Сурова Н.Ю. (2020) Инновационный поход к разработке методики оценки влияния цифровизации российской экономики на устойчивость развития предприятия. *Мировая экономика: проблемы безопасности*, 3, 103–112.

REFERENCES

1. Kondrashova A.V., Sirotkin V.A., Paremuzova M.G., Sedova V.D. (2024) The relevance of the application of lean manufacturing technology in agricultural and industrial enterprises. *Bulletin of the Academy of Knowledge*, 5 (64), 227–230.
2. Ermashkevich N.S., Konovalov I.E. (2021) Comparative analysis of methods for evaluating the effectiveness of the introduction of lean manufacturing in manufacturing enterprises. *Vektor ekonomiki [Economy Vector]*, 6 (60), art. no. 67.
3. Bortolotti T., Boscari S., Danese P. (2015) Successful lean implementation: Organizational culture and soft lean practices. *International Journal of Production Economics*, 160, 182–201. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.10.013>
4. Borissova D., Naidenov N., Yoshinov R. (2024) Digital transformation assessment model based on indicators for operational and organizational readiness and business value. In: *Advanced Research in Technologies, Information, Innovation and Sustainability* (eds. T. Guarda, F. Portela, J.M. Diaz-Nafria), 1935, 457–467. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-48858-0_36
5. Kobzev V.V., Babkin A.V., Skorobogatov A.S. (2022) Digital transformation of industrial enterprises in the new reality. *π-Economy*, 15 (5), 7–27. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.15501>
6. Malsagov T.G. (2022) The problem of choosing a method for assessing the level of digitalization of the economy. *Problemy teorii i praktiki upravleniya [Problems of management theory and practice]*, 2, 65–80. DOI: <https://doi.org/10.46486/0234-4505-2021-2-65-80>

7. Tkachenko I.S., Antipov D.V. (2024) Investigation of the impact of robotization of enterprise processes on the performance of the production system. *News of the Tula state university. Technical sciences*, 1, 374–378. DOI: <https://doi.org/10.24412/2071-6168-2024-1-374-375>
8. Kolychev V.D., Belkin I.O. (2023) Integration of lean manufacturing and digital technologies in the operational activity management of industrial enterprises. *News of higher educational institutions. The series "Economics, Finance and production management"*, 3 (57), 45–58. DOI: <https://doi.org/10.6060/ivecofin.2023573.653>
9. Leventsov V.A., Leventsov A.N. (2023) Lean production and problems of its digitalization. *Modern High Technologies*, 1, 20–25. DOI: <https://doi.org/10.17513/snt.39493>
10. Marcondes G.B., Rossi A.H.G., Pontes J. (2023) Digital technologies and Lean 4.0: integration, benefits, and areas of research. In: *Industrial Engineering and Operations Management* (eds. J.C. Gonçalves dos Reis, F.G. Mendonça Freires, M. Vieira Junior), 431, 197–209. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-47058-5_16
11. Vagin M.S. (2024) Using lean and digital technologies to improve the efficiency of production processes. *Innovation & Investment*, 10, 122–126.
12. Rossini M., Dafne Cifone F., Kassem B., Costa F., Portioli-Staudacher A. (2021) Being lean: how to shape digital transformation in the manufacturing sector. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 32 (9), 239–259. DOI: <https://doi.org/10.1108/JMTM-12-2020-0467>
13. Tortorella G.L., Fettermann D. (2018) Implementation of Industry 4.0 and Lean Production in Brazilian manufacturing companies. *International Journal of Production Research*, 56 (8), 2975–2987. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1391420>
14. Palkina E., Postnikov R. (2021) Digital transformation of production system in shipbuilding: problems and solutions. *Transbaikal State University Journal*, 27 (6), 107–123. DOI: <https://doi.org/10.21209/2227-9245-2021-27-6-107-123>
15. Babosov E.M. (2023) Synergetic mutual reinforcement of digitalization processes and human creative activity. *Economics. Sociology. Law*, 2 (30), 33–39. DOI: <https://doi.org/10.22281/2542-1697-2023-02-02-33-39>
16. Bataeva V.K. (2020) Synergy evaluation in mergers and acquisitions. *Scientific notes of the Russian academy of entrepreneurship*, 19 (2), 108–113. DOI: <https://doi.org/10.24182/2073-6258-2020-19-2-108-113>
17. Boldyrevskii P.B., Igoshev A.K., Kistanova L.A. (2018) Researching the synergistic effects and cyclicity of modern economic systems. *Researching the synergistic effects and cyclicity of modern economic systems*, 11 (482), 2166–2178. DOI: <https://doi.org/10.24891/ea.17.11.2166>
18. Gevorgyan G.A. (2023) Assessment of synergetic effect. *Economy and Society*, 6, 664–674.
19. Dashevskaya N.S. (2016) Sinergeticheskij effekt v ocenke effektivnosti ispol'zovaniya resursnogo potenciala predpriyatiya [Synergistic effect in assessing the efficiency of using the enterprise's resource potential]. *Mezhdunarodnyj nauchnyj studencheskij zhurnal [International scientific student journal]*, 3, 116–121.
20. Zaitseva I.V., Malafeev O.A., Stepkin A.V., Chernousov M.V., Kosoblik E.V. (2020) Modeling of cyclical development in the economic system. *Science Prospects*, 10 (133), 173–176.
21. Ivanov V.S., Korechkov Yu.V., Ivanov S.V. (2019) Synergetic effect of integration of business structures in the management system of organizations. *Financial Economy*, 12, 42–45.
22. Akmarov P.B., Knyazeva O.P., Soshin N.A. (2023) Synergetic effect of digital transformation of agricultural production. *Management Accounting*, 11, 272–277. DOI: <https://doi.org/10.25806/uu112023272-277>
23. Palej T.F., Lotfullina D.R., Pavlova H.A. (2020) Ocenka sinergeticheskogo effekta putem diskontirovaniya denezhnyh potokov kompanij "Rosneft" i "Tatneft" [Assessing the synergy effect by discounting cash flows of Rosneft and Tatneft]. *Kazan economic vestnik*, 6, 16–21.
24. Sulimova E.A., Remzova M.A. (2019) Sinergeticheskij effekt kak zalog uspešnogo vedeniya biznesa [Synergistic effect as a guarantee of successful business management]. *Innovation & Investment*, 12, 122–125.
25. Teplov I.O. (2022) Implementation of an approach to knowledge of the economic systems development theories evolution. *Herald of the Belgorod University of Cooperation, Economics and Law*, 6, 150–158. DOI: <https://doi.org/10.21295/2223-5639-2022-6-150-158>
26. Buer S.V., Semini M., Strandhagen J.O., Sgarbossa F. (2021) The complementary effect of lean manufacturing and digitalisation on operational performance. *International journal of production research*, 59 (7), 1976–1992. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1790684>



27. Prymostka O., Chub P. (2021) Evolution of theories of cyclical economic development. *Business Navigator*, 3. DOI: <https://doi.org/10.32847/business-navigator.63-3>
28. Treviño-Elizondo B.L., García-Reyes H., Peimbert-García R.E. (2023) A maturity model to become a smart organization based on lean and Industry 4.0 synergy. *Sustainability*, 15 (17), art. no. 13151. DOI: <https://doi.org/10.3390/su151713151>
29. Vella S. (2025) Constructing a country-specific indicator for cyclical systemic risk. *Economic Change and Restructuring*, 58 (3), art. no. 44. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10644-025-09884-1>
30. Surova N. Yu. (2020) An innovative approach to developing a methodology for assessing the impact of digitalization of the Russian economy on the sustainability of enterprise development. *World Economy: Security Problems*, 3, 103–112.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT AUTHORS

ПАЛКИНА Елена Сергеевна

E-mail: elena_palkina@hotmail.com

Elena S. PALKINA

E-mail: elena_palkina@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4702-3512>

ВАГИН Михаил Сергеевич

E-mail: vaginms@yandex.ru

Mikhail S. VAGIN

E-mail: vaginms@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3833-4623>

Поступила: 30.05.2025; Одобрена: 28.08.2025; Принята: 29.08.2025.

Submitted: 30.05.2025; Approved: 28.08.2025; Accepted: 29.08.2025.