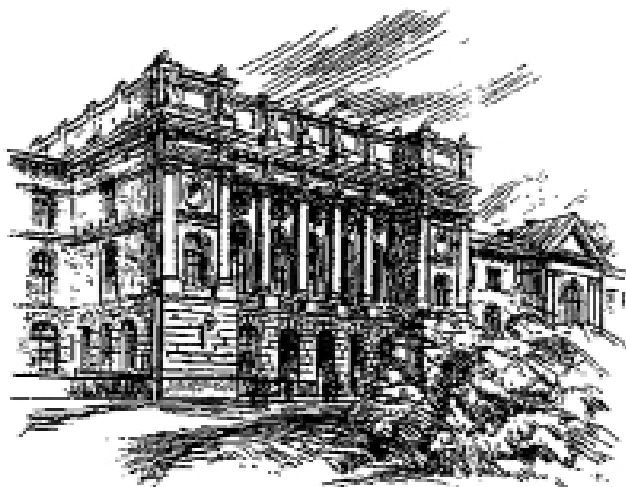


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ISSN 2782-6015

π -ECONOMY

Том 18, № 1, 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;
Мерзлякина 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 редколлекции; д-р экон. наук, профессор А.В. Бабкин – зам. председателя редколлекции; А.А. Родионова – секретарь редакции; А.А. Кононова – компьютерная вёрстка; И.Е. Лебедева – редактирование английского языка; Ф.К.С. Бастиан – редактор.

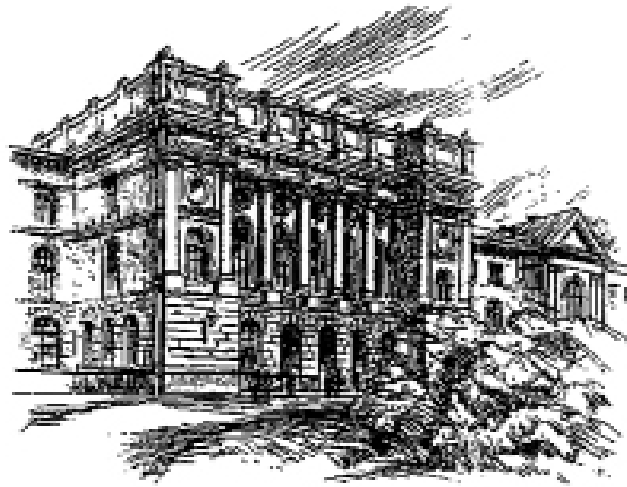
Адрес редакции: Россия, 195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29.

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

Дата выхода: 28.02.2025

© 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. 1, 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: 28.02.2025

© Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 2025

Содержание

Цифровая экономика: теория и практика

- Кирильчук С.П., Наливайченко Е.В.** Взаимосвязь промышленной цифровизации с динамичными изменениями в экономике труда региона в контексте Индустрии 4.0 и 5.0..... 7
- Бабкин А.В., Либерман И.В., Клачек П.М., Шкарупета Е.В.** Индустрия 6.0: методология, инструментарий, практика..... 21
- Мухачёва А.В.** Инструменты обеспечения цифрового качества жизни населения в национальной экономике..... 57

Региональная и отраслевая экономика

- Викторова Н.Г., Люй Л.** Оценка влияния на устойчивое экономическое развитие Китая и его регионов социальных факторов..... 80
- Тетеринец Т.А.** Взаимосвязь индикаторов научного потенциала и интенсивности накопления человеческого капитала в территориально-отраслевой проекции Республики Беларусь..... 93
- Васильева А.В.** Алгоритм отбора регионов-конкурентов на основе коэффициентов локализации (на примере Амурской области)..... 107
- Самайбекова З.К.** Исследование факторов, влияющих на развитие инноваций и трудового потенциала в экономике Кыргызстана..... 124

Экономика и менеджмент предприятий и комплексов

- Веретёхин А.В.** Оценка уровня цифрового развития промышленного предприятия на основе метода нечеткой логики..... 139

Экономико-математические методы и модели

- Дунская Л.К., Попова Е.В.** Адаптация k-means как средства автоматизации процесса прогнозирования слабоструктурируемых временных рядов экономической динамики..... 160
- Красюк Т.Н.** Формирование инвестиционного канала: детерминация, факторы финансовой политики и стратегический подход..... 178



Contents

Digital economy: theory and practice

Kirilchuk S.P., Nalivaychenko E.V. The relationship of industrial digitalization with dynamic changes in the labor economy of the region in the context of Industry 4.0 and 5.0..... 7

Babkin A.V., Liberman I.V., Klachek P.M., Shkarupeta E.V. Industry 6.0: methodology, tools, practice..... 21

Mukhacheva A.V. Tools for ensuring digital quality of life of the population in the national economy..... 57

Regional and branch economy

Viktorova N.G., Lyu L. Assessing the impact of social factors on the sustainable economic development of China and its regions..... 80

Tsetsiarynets T.A. Correlation of indicators of scientific potential and intensity of human capital accumulation in the territorial-sectoral projection of the Republic of Belarus..... 93

Vasilyeva A.V. An algorithm for selecting competing regions based on localization coefficients (using the example of the Amur region)..... 107

Samaybekova Z.K. Study of factors influencing the development of innovations and labor potential in the economy of Kyrgyzstan..... 124

Economy and management of enterprise and complexes

Veretyokhin A.V. Assessment of the industrial enterprise digital development level based on fuzzy logic method..... 139

Economic & mathematical methods and models

Dunskaiia L.K., Popova E.V. Adaptation of k-means to automated forecasting of poorly structured time series of economic dynamics..... 160

Krasyuk T.N. Formation of an investment channel: determination, financial policy factors and strategic approach..... 178

Цифровая экономика: теория и практика

Digital economy: theory and practice

Научная статья

УДК 65.012.4 JEL O33, J21, L86

DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18101>

EDN: <https://elibrary/AWEMCH>



ВЗАИМОСВЯЗЬ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЦИФРОВИЗАЦИИ С ДИНАМИЧНЫМИ ИЗМЕНЕНИЯМИ В ЭКОНОМИКЕ ТРУДА РЕГИОНА В КОНТЕКСТЕ ИНДУСТРИИ 4.0 И 5.0

С.П. Кирильчук , Е.В. Наливайченко 

Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского,
г. Симферополь, Российская Федерация

 skir12@yandex.ru

Аннотация. *Цель исследования:* раскрыть взаимосвязь между промышленной цифровизацией и динамичными изменениями в экономике труда в условиях внедрения технологий Индустрии 4.0 и 5.0 в Республике Крым, а также выявить влияние этих изменений на производственные процессы, занятость и квалификацию рабочей силы. *Методология исследования:* логический, системный и функционально-дифференциальный подходы, а также статистический анализ и синтез. Эти методы позволяют глубже понять влияние цифровизации на промышленный сектор и его взаимосвязь со сферой труда. *Результаты исследования:* в первой части исследования рассматривается эффективность цифровизации промышленной отрасли крымского региона в контексте Индустрии 4.0, во второй части исследования приводится характеристика динамичных изменений в экономике труда крымского региона в контексте Индустрии 5.0. Основное внимание уделяется влиянию цифровизации на производственные процессы, занятость и квалификацию рабочей силы в контексте перехода к 6-му и 7-му технологическим укладам. Результаты анализа показывают, что, несмотря на положительные тенденции в увеличении значимости вклада человеческого капитала в экономический рост, в развитии высокопроизводительных рабочих мест и во внедрении цифровых технологий, существуют значительные вызовы, такие как снижение производительности труда и отставание ее темпов от темпов возрастания номинальной заработной платы. В целом динамика показателей эффективности развития промышленности крымского региона является более низкой, чем среднероссийских. *Рекомендации:* имеющиеся проблемы могут быть преодолены активизацией возможностей промышленной цифровизации, для чего необходимо повышение инвестирования в основные фонды, обеспечение доступа к современным технологиям и производственным инструментам, эффективное использование цифровых ресурсов, развитие цифровой культуры работников. *Оригинальность исследования и авторский вклад:* выявлены диспропорции в отраслях промышленности крымского региона и сформулированы рекомендации по повышению эффективности функционирования отрасли через развитие инфраструктуры для цифровой трансформации и ключевых технологий.

Ключевые слова: промышленная цифровизация, экономика труда, Индустрия 4.0, Индустрия 5.0, Республика Крым, производительность труда, квалификация рабочей силы, высокопроизводительные рабочие места, цифровые технологии, инновации

Для цитирования: Кирильчук С.П., Наливайченко Е.В. (2025) Взаимосвязь промышленной цифровизации с динамичными изменениями в экономике труда региона в контексте Индустрии 4.0 и 5.0. П-Economy, 18 (1), 7–20. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18101>



THE RELATIONSHIP OF INDUSTRIAL DIGITALIZATION WITH DYNAMIC CHANGES IN THE LABOR ECONOMY OF THE REGION IN THE CONTEXT OF INDUSTRY 4.0 AND 5.0

S.P. Kirilchuk , E.V. Nalivaychenko 

V.I. Vernadsky Crimean Federal University,
Simferopol, Russian Federation

 skir12@yandex.ru

Abstract. *The objective of the study:* to reveal the relationship between industrial digitalization and dynamic changes in the labor economy in the context of the introduction of Industry 4.0 and 5.0 technologies in the Republic of Crimea, as well as to identify the impact of these changes on production processes, employment and qualifications of the workforce. *Research methodology:* logical, systemic and functional-differential approaches, as well as statistical analysis and synthesis. These methods allow for a deeper understanding of the impact of digitalization on the industrial sector and its relationship to the world of work. *Research results:* the first part of the study examines the effectiveness of digitalization of the industrial sector of the Crimean region in the context of Industry 4.0, the second part of the study provides a description of dynamic changes in the labor economy of the Crimean region in the context of Industry 5.0. The focus is on the impact of digitalization on production processes, employment and qualifications of the workforce in the context of the transition to the sixth and seventh technological paradigms. The results of the analysis show that, despite the positive trends in increasing the importance of the contribution of human capital to economic growth, the development of high-performance jobs and the implementation of digital technologies, there are significant challenges, such as declining labor productivity and lagging behind the pace of nominal wage growth. In general, the dynamics of industrial development performance indicators in the Crimean region is lower than the Russian average. *Recommendations:* The existing problems can be overcome by activating the possibilities of industrial digitalization, which requires increased investment in fixed assets, ensuring access to modern technologies and production tools, effective use of digital resources, and the development of a digital culture of employees. *The originality of the research and the author's contribution:* the imbalances in the industries of the Crimean region were identified and recommendations were formulated to improve the efficiency of the industry through the development of infrastructure for digital transformation and key technologies.

Keywords: industrial digitalization, labor economics, Industry 4.0, Industry 5.0, Republic of Crimea, labor productivity, labor force qualifications, high-performance workplaces, digital technologies, innovation

Citation: Kirilchuk S.P., Nalivaychenko E.V. (2025) The relationship of industrial digitalization with dynamic changes in the labor economy of the region in the context of Industry 4.0 and 5.0. *π-Economy*, 18 (1), 7–20. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18101>

Введение

Взаимосвязь между промышленной цифровизацией и изменениями в процессах экономики труда объясняется тем, что повышение результативности производства ведет к росту производительности труда и оптимизации затрат труда [1]. Одновременно рост качественного содержания труда, его интеллектуализация ведут к росту квалификационного уровня персонала, что играет важную роль в успешном промышленно-производственном развитии [2]. Промышленная цифровизация вызывает прогрессивные профессии экономики труда, открывает возможности для инвестирования в человеческий капитал, создания высокооплачиваемых рабочих мест и привлечения высококвалифицированных специалистов [3].



Однако для успешной реализации инновационных цифровых технологий в промышленности предприятия должны соблюдать известную экономическую модель, которая предполагает опережение темпов роста производительности труда по сравнению с темпами роста номинальной заработной платы, чтобы не допускать перерасхода ресурсов [4].

Вопросы, связанные с промышленной цифровизацией и исследованиями развития рынка труда в контексте Индустрии 4.0 и 5.0 и в этой связи с изменением качественных характеристик промышленно-производственных процессов и рабочей силы, рассматриваются многими учеными в отечественной и зарубежной науке: В.В. Глуховым, А.В. Бабкиным, Л.Р. Батуковой, Е.В. Шкарупета, Г.Н. Махмудовой [5]; Дж. Ваном, Дж. Баем [6] и другими специалистами.

Цель статьи: исследовать взаимосвязь между промышленной цифровизацией и динамичными изменениями в экономике труда в условиях внедрения технологий Индустрии 4.0 и 5.0, а также выявить влияние этих изменений на производственные процессы, занятость и квалификацию рабочей силы с развитием 6-го и 7-го технологических укладов.

Объект исследования: Процессы промышленной модернизации и их влияние на экономику труда в условиях перехода к Индустрии 4.0 и 5.0.

Предмет исследования: Динамика изменений в структуре занятости, квалификации и производительности труда, а также роль новых технологий (таких как автоматизация, искусственный интеллект и интернет вещей) в формировании современных моделей труда в контексте промышленной цифровизации.

Задачи исследования:

1. Проанализировать тенденции цифровизации промышленности и вызовы, с которыми сталкивается отрасль в контексте Индустрии 4.0.
2. Провести анализ динамики изменений в экономике труда региона в контексте Индустрии 5.0.
3. Представить выводы и рекомендации процессов трансформации в регионе к Индустрии 5.0 и 6-му и 7-му технологическим укладам.

Литературный обзор

Современные исследования подчеркивают, что цифровизация способствует повышению производительности труда за счет автоматизации рутинных процессов и оптимизации рабочих процессов. Например, работа Д. Йовевски, Л. Дракулевски и О. Фирфова [7] демонстрирует, как внедрение цифровых технологий в производственные процессы увеличивает эффективность за счет масштабов информации и коммуникаций и усовершенствования бизнес-процессов.

Е.В. Романюк, А.И. Волошин, О.А. Лисукин, Е.В. Трусевич [8] отмечают, что цифровизация меняет форму делового трудового сотрудничества между работодателем и работником, увеличивая гибкие нестандартные формы занятости, и в этой связи со стороны государства требуются сглаживающие меры, снижающие негативное влияние на российский рынок труда, вызванное технологической безработицей.

Цифровизация приводит к изменению организационных структур и формированию новых бизнес-моделей, и, к примеру, такие исследования, как работа С. Гхоша, М. Хьюза, П. Хьюза и И.Р. Ходжкинсона [9], акцентируют внимание на том, как цифровые технологии способствуют созданию более гибких и адаптивных организационных структур с динамическими возможностями.

Кроме экономических изменений, цифровизация также влечет за собой социальные изменения, такие как неравенство в доступе к новым технологиям и изменение социального статуса работников. Работа А.П. Буевича [10] исследует, как цифровизация влияет на формирование ключевых трендов российского рынка труда, основные направления его трансформации и социально-экономическое положение населения России.

Динамику показателей трудового фактора во взаимосвязи со стратегическим развитием региональной экономики освещали в своих трудах Л.Г. Соколова, Е.Е. Савченко, С.А. Яркова [11],

структуру организационно-управленческого механизма развития регионального рынка труда специалистов в условиях цифровизации экономики разрабатывали О.В. Хабарова, Е.В. Яковлева [12], эксперименты влияния цифровизации на производительность проводили М. Боровецки, Д. Парелиуссен, Д. Глокер, Э.Дж. Ким, М. Польдер, И. Руд [13], методология оценивания степени зрелости экосистемы с цифровизацией промышленности предложена А.В. Бабкиным, В.В. Глуховым, Е.В. Шкарупета, Н.А. Харитоновой, Х.З. Барабанером [14].

Из литературного обзора следует, что с целью повышения результативности развития регионального промышленного производства и формирования оптимальной развитой инфраструктуры цифровой трансформации, внедрения инновационных цифровых технологий, повышающих производительность труда, а, следовательно, и увеличивающих валовой региональный продукт (ВРП), необходимо своевременно выявлять в регионах возникновение диспропорций в промышленности в целом и ее отраслях в частности.

Данная нерешенная научная задача определяет цель исследования, поскольку возникает потребность в раскрытии взаимосвязи между промышленной цифровизацией и динамичными изменениями в экономике труда в условиях внедрения технологий Индустрии 4.0 и 5.0 и в выявлении влияния этих изменений на производственные процессы, занятость и квалификацию рабочей силы с развитием 6-го и 7-го технологических укладов.

Материалы и методы

Материал статьи построен на применении таких научных методов, как логический, аналитический, статистический, на системном и функционально-дифференциальном подходах, синтезе научных результатов.

Результаты и обсуждение

Эффективность цифровизации промышленной отрасли крымского региона в контексте Индустрии 4.0

Под промышленной цифровизацией будем понимать процесс интеграции цифровых технологий в производственные процессы и операции. Она включает в себя использование различных пионерных технологий, таких как автоматизация и робототехника, большие данные, интернет вещей, искусственный интеллект, для улучшения эффективности и результативности производства.

К промышленно-производственным цифровым технологиям относят следующие прорывные процессные технологии [15]:

- 1) автоматизацию процессов, т.е. внедрение автоматизированных систем управления производством, которые снижают необходимость в ручном труде и повышают точность выполнения операций;
- 2) сбор и анализ данных, т.е. использование сенсоров и устройств для сбора данных о производственных процессах, а также применение аналитических инструментов для их обработки и принятия обоснованных решений;
- 3) интеграцию систем, т.е. создание единой платформы, которая объединяет различные системы и процессы, позволяя им взаимодействовать друг с другом и обеспечивать более эффективное управление;
- 4) гибкие производства, т.е. возможность быстро адаптироваться к изменениям в спросе и к условиям рынка за счет использования цифровых технологий, что позволяет производить товары более эффективно и с меньшими затратами;
- 5) применение цифровых технологий для контроля качества продукции на всех этапах производства, что способствует снижению дефектов и повышению удовлетворенности клиентов.

Таким образом, промышленная цифровизация, являясь авангардом технологического лидерства, способствует повышению производительности труда, снижению издержек и улучшению качества продукции, что, в свою очередь, влияет на общие процессы в экономике труда.

Для промышленной отрасли крымского региона, являющейся важной бюджетобразующей основой, характерны неравномерность географического ресурсно-пространственного развития и дифференциации размещения производства. Промышленный комплекс республики, по сравнению с российским, отличается достаточно невысоким обновлением основных фондов, средней, менее половины от общего объема, долей инвестиций в основной капитал в ВРП, а потому и нестабильным физическим объемом ВРП, создаваемым промышленностью в период 2022–2024 гг. и снижением удельного веса прибыльных промышленных организаций.

В регионе преобладают технологии, характеризующие 3-й и 4-й технологические уклады в экономике, обусловленные высокой ресурсоемкостью существующих технологических процессов и низкой производительностью труда, нехваткой квалифицированной рабочей силы и инженерных кадров, а поэтому и недостаточными темпами внедрения на предприятиях цифровых решений, интеллектуальных технологий и управленческих систем.

Показатели функционирования промышленной отрасли Крыма в контексте Индустрии 4.0 за исследуемый период 2022–2024 гг. представлены в табл. 1.

Таблица 1. Показатели функционирования промышленной отрасли Крыма в контексте Индустрии 4.0 за 2022–2024 гг.
Table 1. Indicators of the functioning of the industrial sector of Crimea in the context of Industry 4.0 for 2022–2024

Показатели	2022 г.	2023 г.	2024 г. (прогноз)
Динамика индекса промышленного производства, %	110,1	97,4	102,0
Динамика индекса физического объема промышленного ВРП, % к предыдущему году	98,0	88,5	104,7
Динамика числа высокопроизводительных рабочих мест, % (в промышленности)	–2,1	4,7	11,3
Величина среднесписочной численности работников промышленных предприятий, чел.	65649	62984	61885
Динамика среднесписочной численности работников промышленных предприятий, % к предыдущему году	100,1	95,9	98,3
Индекс промышленного производства к индексу динамики среднесписочной численности работников промышленных предприятий, %	110,0	101,6	103,8
Динамика индекса реальной заработной платы работников промышленных предприятий, % к предыдущему году	103,1	111,8	116,0
Динамика индекса производительности труда работников промышленных предприятий, % к предыдущему году	98,8	97,0	99,1
Удельный вес инновационной продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей в ВРП, %	19,0	20,9	23,0
Удельный вес промышленных предприятий, получивших прибыль, %	68,5	61,3	62,9
Удельный вес инвестиций в основной капитал в ВРП, %	32,7	32,4	33,3

Источник: составлено авторами по¹.

¹ Управление федеральной службы государственной статистики по Республике Крым и г. Севастополю. Промышленное производство. [online] Available at: <https://82.rosstat.gov.ru/folder/27565> [Accessed 3.01.2025]. (in Russian); Управление федеральной службы государственной статистики по Республике Крым и г. Севастополю. Рынок труда и занятость населения. [online] Available at: <https://82.rosstat.gov.ru/folder/27542> [Accessed 14.01.2025]. (in Russian)



Рис. 1. Сравнение показателей функционирования промышленной отрасли России и Крыма за 2023 г.

Fig. 1. Comparison of indicators of the functioning of the industrial sector of Russia and Crimea in 2023

Источник: разработано авторами по².

На основе данных табл. 1 можно выделить следующие тенденции:

1. Положительные изменения заключаются в следующем. В 2024 г. отмечается увеличение индекса промышленного производства по сравнению с 2022 г. Индекс физического объема промышленного ВРП демонстрирует рост, хотя и с колебаниями. Также наблюдается значительный прирост количества высокопроизводительных рабочих мест в промышленности и увеличение доли высокотехнологичных и наукоемких отраслей в структуре ВРП. Другие положительные показатели включают динамику индекса реальной заработной платы работников промышленных предприятий, динамику индекса производительности труда и удельный вес инвестиций в основной капитал в ВРП.

2. Отрицательные тренды также представлены в реальной экономике. Существуют такие негативные тенденции, как общая динамика индекса промышленного производства за рассматриваемый период, снижение средней численности работников на предприятиях в промышленном секторе и уменьшение удельного веса промышленных предприятий, получивших прибыль. Ожидалось, что в 2024 г. индекс реальной заработной платы превысит на 2,2% индекс производительности труда в промышленности, хотя оба показателя имеют в периоде позитивную динамику.

Величина динамики указанных показателей для крымского региона значительно ниже, чем средние показатели по России. Для сравнения представим данные за 2023 г. в виде рис. 1.

Приведенные данные указывают на то, что в Республике Крым уровень оснащенности промышленного производства высокотехнологичными средствами остается низким. Это, в свою очередь, приводит к снижению производительности оборудования и труда, а также к недостаточному уровню квалификации рабочих кадров и специалистов для цифровой экономики [16].

Для повышения эффективности функционирования промышленности и улучшения экономики труда в регионе в контексте Индустрии 4.0 и Индустрии 5.0 на рис. 2 представлено сравнение развития цифровых технологий в промышленности Республики Крым за 2022 и 2023 гг., а также прогнозы по 2024 г.

Приведенная на рис. 2 информация подчеркивает, что потенциал для цифровых инноваций в сочетании применяемых в регионе технологий, таких как геоинформационные системы,

² Управление федеральной службы государственной статистики по Республике Крым и г. Севастополю. Промышленное производство. [online] Available at: <https://82.rosstat.gov.ru/folder/27565> [Accessed 3.01.2025]. (in Russian); Управление федеральной службы государственной статистики по Республике Крым и г. Севастополю. Рынок труда и занятость населения. [online] Available at: <https://82.rosstat.gov.ru/folder/27542> [Accessed 14.01.2025]. (in Russian); Федеральная служба государственной статистики. Официальная статистика. [online] Available at: <https://rosstat.gov.ru/folder/10705> [Accessed 15.01.2025]. (in Russian); Информационные и коммуникационные технологии (2024) Управление федеральной службы государственной статистики по Республике Крым и г. Севастополю [online] Available at: https://82.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/ИАМ%20-%203-информ_2023.pdf [Accessed 14.01.2025]. (in Russian)

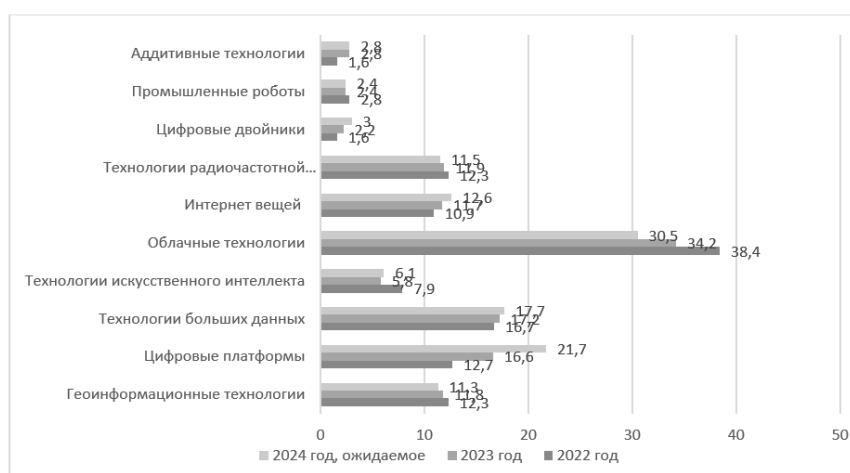


Рис. 2. Сравнение распространения инновационных цифровых технологий промышленной отрасли Крыма за 2022, 2023, 2024 г. (прогноз)

Fig. 2. Comparison of the spread of innovative digital technologies in the industrial sector of Crimea in 2022, 2023, 2024 (expected)

Источник: разработано авторами по³.

облачные технологии и технологии радиочастотной идентификации объектов, все еще недостаточно освоены. Тем не менее в 2023 г. количество предприятий, использующих передовые информационно-коммуникационные технологии, увеличилось почти в три раза – с 2283 до 6121 единиц. Также наблюдается развитие и расширение применения таких цифровых систем, как цифровые платформы, технологии больших данных, искусственный интеллект, интернет вещей и цифровые двойники в промышленности.

Характеристика динамичных изменений в экономике труда Республики Крым в контексте Индустрии 5.0

В контексте Индустрии 5.0 вышеперечисленные цифровые технологии являются драйверами повышения производительности труда на промышленных предприятиях Крыма, одновременно способствуя оптимизации ресурсов, сокращению издержек и повышению конкурентоспособности предприятий, и, соответственно, характеризуют позитивные изменения в экономике труда региона [17, 18].

Но необходимо сосредоточить внимание на еще одной важной проблеме экономики труда региона, учитывая выявленные негативные тенденции снижения производительности труда в исследуемом периоде [19, 20].

Рассмотрим соотношение между динамикой темпов роста производительности труда и реальной заработной платы по каждой отрасли промышленности Крыма.

Согласно данным, представленным в рис. 3, можно сделать вывод, что в большинстве отраслей промышленности наблюдается тенденция, при которой рост производительности труда опережает увеличение реальной заработной платы. В целом по промышленному сектору также выявляется аналогичная прогнозная динамика, о чем свидетельствует линия тренда. Тем не менее если рассмотреть конкретные цифры, то темпы роста производительности труда в промышленности составили 4,03%, в то время как темпы роста заработной платы достигли 4,90%.

³ Информационные и коммуникационные технологии (2024) Управление федеральной службы государственной статистики по Республике Крым и г. Севастополю [online] Available at: https://82.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/ИАМ%20-%203-информ_2023.pdf [Accessed 14.01.2025]. (in Russian); Статистический ежегодник Республики Крым. 2022. (2023) *Крымстат*. Симферополь. [online] Available at: <https://82.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Статистический%20ежегодник%20Республики%20Крым.%202022.pdf> [Accessed 14.01.2025]. (in Russian); Республика Крым в цифрах за 2023 год (2024) *Крымстат*. Симферополь. [online] Available at: <https://82.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Республика%20Крым%20в%20цифрах%20за%202023%20год.pdf> [Accessed 14.01.2025]. (in Russian)

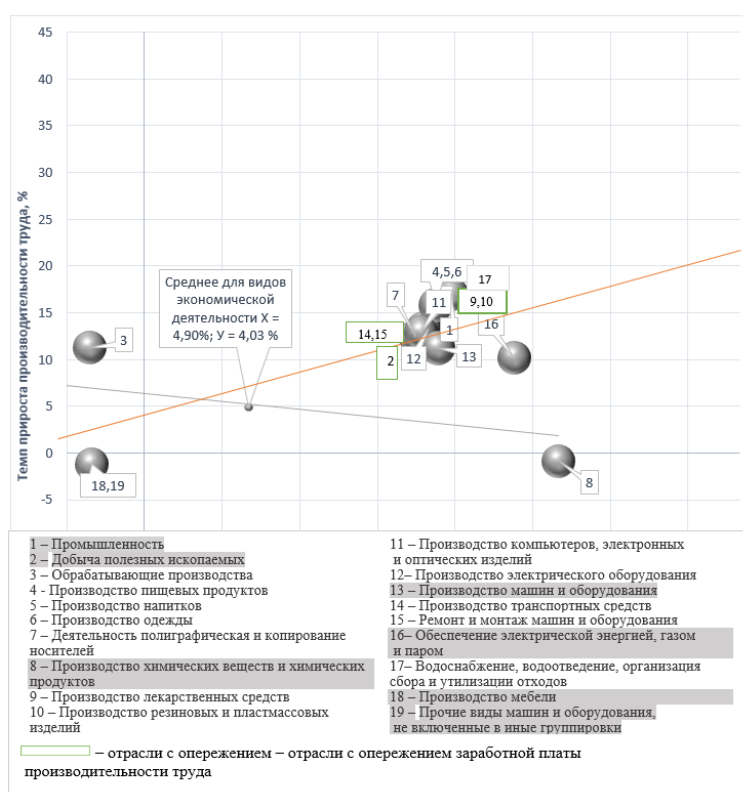


Рис. 3. Соотношение между динамикой темпов производительности труда и реальной заработной платы в разрезе отраслей промышленности Крыма

Fig. 3. Relationship between the dynamics of labor productivity and real wages in the context of Crimean industries

Источник: авторская разработка по⁴.

Данная ситуация не создает стимулов для работников, стремящихся повысить свою продуктивность, что негативно отражается на инновационном развитии отрасли промышленности, учитывая «особенности стратегического планирования в условиях нестабильной среды и учета инфляции как важнейшего внешнего воздействующего фактора, проблемы формирования стратегий инновационного развития, планирования вывода новых продуктов на потребительские рынки» [21].

Кроме того, в отдельных секторах промышленности наблюдаются явные диспропорции. Например, в добыче полезных ископаемых рост заработной платы превышает рост производительности труда в 1,4 раза, что соответствует коэффициенту опережения 0,71. В производстве химических веществ и химических продуктов ситуация еще более критическая: здесь заработная плата увеличилась на 10,99%, в то время как производительность труда, наоборот, упала на 11,79%.

В производстве машин и оборудования также наблюдается тревожная динамика: уровень заработной платы увеличился на 11,09%, а производительность труда сократилась на 19,35%. В сфере обеспечения электрической энергией, газом и паром также зафиксированы значительные

⁴ Управление федеральной службы государственной статистики по Республике Крым и г. Севастополю. Промышленное производство. [online] Available at: <https://82.rosstat.gov.ru/folder/27565> [Accessed 3.01.2025]. (in Russian); Управление федеральной службы государственной статистики по Республике Крым и г. Севастополю. Рынок труда и занятость населения. [online] Available at: <https://82.rosstat.gov.ru/folder/27542> [Accessed 14.01.2025]. (in Russian); Статистический ежегодник Республики Крым. 2022. (2023) *Крымстат*. Симферополь. [online] Available at: <https://82.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Статистический%20ежегодник%20Республики%20Крым.%202022.pdf> [Accessed 14.01.2025]. (in Russian); Республика Крым в цифрах за 2023 год (2024) *Крымстат*. Симферополь. [online] Available at: <https://82.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Республика%20Крым%20в%20цифрах%20за%202023%20год.pdf> [Accessed 14.01.2025]. (in Russian)



отрицательные отклонения: заработная плата возросла на 10,05%, в то время как производительность труда снизилась на 19,08%. В производстве мебели рост заработной платы превышает рост производительности труда всего на 1,2%, что соответствует коэффициенту опережения 0,99. В категориях машин и оборудования, которые не были включены в другие группировки, темпы роста заработной платы составили 10,68%, что значительно превышает производительность труда, которая демонстрирует отрицательное значение –19,35%.

Важно отметить, что средний коэффициент отставания в целом по промышленному сектору Республики Крым составляет незначительную величину 0,87. Эта ситуация может быть изменена благодаря динамике промышленной цифровизации, которая нацелена на улучшение показателей [22–25]. «Организационные основы промышленности, ее финансово-инвестиционное и информационное обеспечение приобретают принципиально новые смыслы и формы, аналогов которых в истории не было» [5]. Возможные пути повышения производительности труда в промышленности могут включать в себя расширение использования творческого потенциала работников, ускорение внедрения достижений научно-технического прогресса, а также качественный рост стратегически важных для Республики Крым отраслей [26–29]. Важным аспектом является становление «новой» экономики региона, основанной на современных технологиях и 6-м и 7-м технологических укладах. Эти меры могут существенно повлиять на баланс между ростом заработной платы и производительности труда, что, в свою очередь, создаст условия для устойчивого развития промышленности в регионе [30–33].

Заключение

Можно подвести следующие итоги:

1. Тенденции цифровизации Индустрии 4.0 в Крыму показывают, что она является фундаментальным элементом устойчивого экономического роста региона. В ходе перехода к Индустрии 5.0 и новым 6-му и 7-му технологическим укладам увеличивается роль прогрессивных отраслей в экономике региона, базирующаяся на увеличении значимости вклада человеческого капитала в экономической рост.

Вместе с тем имеются вызовы, с которыми сталкивается промышленная отрасль крымского региона в контексте Индустрии 4.0:

- общая тенденция индекса промышленного производства за исследуемый период снижается;
- динамика показателей среднесписочной численности работников в промышленности показывает отрицательные тенденции;
- доля промышленных предприятий, получивших прибыль, снижается;
- превышение индекса производительности труда над индексом реальной заработной платы в промышленности в 2024 г. также имеет отрицательное значение;
- динамика показателей эффективности развития промышленности крымского региона является более низкой, чем среднероссийских.

2. Анализ динамики изменений в экономике труда региона в контексте Индустрии 5.0 показал, что в последние годы получили развитие и расширение использования в промышленности такие цифровые решения, как цифровые платформы, технологии больших данных, технологии искусственного интеллекта, интернет вещей, цифровые двойники.

Однако ситуация с повышенными темпами роста номинальной заработной платы, превышающими темпы роста производительности труда в промышленности в целом, не мотивирует работников к более продуктивному труду. Хотя в отдельных промышленных отраслях ситуация в данном аспекте является позитивной, и средний коэффициент отставания по отрасли незначительно мал и может быть преодолен динамикой промышленной цифровизации.

3. Выводы и рекомендации процессов трансформации в крымском регионе к Индустрии 5.0 и 6-му и 7-му технологическим укладам.

Для повышения эффективности работы отрасли промышленности важно активно инвестировать в основные фонды. Это включает в себя создание необходимой инфраструктуры для цифровой трансформации, развитие ключевых технологий и совершенствование региональной промышленной политики. Полное использование возможностей цифровизации существенно улучшит функционирование промышленных предприятий, позволяя им достигать уровня эффективности, соответствующего средним показателям по стране.

Для повышения производительности труда в отрасли необходимо решить несколько ключевых задач: через созданную инновационную инфраструктуру обеспечить доступ к современным технологиям и производственным инструментам, а также эффективное использование цифровых ресурсов. Важными шагами в этом направлении являются развитие высокоскоростного интернета, создание специализированных цифровых парков и доступ к облачным сервисам и системам хранения данных. Необходимо также активно распространять ключевые цифровые технологии промышленной революции, такие как автоматизация, искусственный интеллект, интернет вещей и большие данные. Это позволит промышленным предприятиям повысить эффективность производственных процессов, сократить затраты и улучшить качество продукции, что, в свою очередь, повысит их конкурентоспособность на рынке.

Важным элементом является развитие цифровой культуры среди работников. Это включает в себя обучение и переподготовку кадров, повышение осведомленности о цифровых технологиях и их применении в производственной сфере, поддержку инновационных исследований и разработок. Эти меры помогут создать условия для формирования региональной промышленной специализации в цифровой области и откроют возможности для производства высокотехнологичной и инновационной продукции.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Akundi A., Euresti D., Luna S., Ankobia U., Lopez A., Edinbarou I. (2022) The state of the industry 5.0 – analysis and determination of current research trends. *Applied System Innovation*, 5 (1), art. no. 27. DOI: <https://doi.org/10.3390/ASI5010027>
2. Андреева Ж.В., Асалиев А.М. (2023) Исследование динамики показателей эффективности труда под влиянием фактора цифровой трансформации. *Лидерство и менеджмент*, 10 (1), 343–356. DOI: <https://doi.org/10.18334/lim.10.1.117380>
3. Зинич А.В., Максимова С.Г., Ревякина Ю.Н. (2023) Молодежь на рынке труда: влияние цифровизации и неопределенности мира профессий. *Экономика труда*, 10 (9), 1353–1366. DOI: <https://doi.org/10.18334/et.10.9.119190>
4. Кирильчук С.П., Наливайченко Е.В. (2024) Зависимость динамики промышленной модернизации от прогрессивных тенденций экономики труда. *Друкеровский вестник*, 1 (57), 71–80. DOI: <https://doi.org/10.17213/2312-6469-2024-1-71-80>
5. Глухов В.В., Бабкин А.В., Батукова Л.Р., Шкарупета Е.В., Махмудова Г.Н. (2024) Теоретические положения программирования стратегического развития промышленности в условиях формирования Индустрии 5.0. *π-Economy*, 17 (5), 61–87. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.17504>
6. Wang J., Bai J. (2022) Cloud Adoption and Firm Performance: Evidence from Labor Demand. *SSRN*, 1–64. DOI: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4082436>
7. Jovevski D., Drakulevski L., Firfov O. (2023) Digital Transformation and Productivity. *KNOWLEDGE – International Journal*, 59 (1), 15–21.
8. Романюк Е.В., Волошин А.И., Лисулин О.А., Трусевич Е.В. (2025) Влияние процессов цифровизации экономики на российский рынок труда. *Экономика труда*, 12 (1), 11–24. DOI: <https://doi.org/10.18334/et.12.1.122273>
9. Ghosh S., Hughes M., Hughes P., Hodgkinson I. (2021) Digital transformation of industrial businesses: A dynamic capability approach. *Technovation*, 113 (2), art. no. 102414. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2021.102414>

10. Бувевич А.П. (2024) Социально-экономические последствия цифровой трансформации российских предприятий. *Экономика, предпринимательство и право*, 14 (6), 2773–2784. DOI: <https://doi.org/10.18334/epp.14.6.121250>
11. Соколова Л.Г., Савченко Е.Е., Яркова С.А. (2023) Динамика показателей трудового фактора для оценки возможностей стратегического развития экономики регионов России. *Экономика труда*, 10 (10), 1503–1516. DOI: <https://doi.org/10.18334/et.10.10.119524>
12. Хабарова О.В., Яковлева Е.В. (2024). Организационно-управленческий механизм развития регионального рынка труда специалистов в условиях цифровизации экономики. *Экономика труда*, 11 (11), 1735–1746. DOI: <https://doi.org/10.18334/et.11.11.122089>
13. Borowiecki M., Pareliussen J., Glocker D., Kim E.J., Polder M., Rud I. (2021) The impact of digitalisation on productivity: Firm-level evidence from the Netherlands. *OECD Economics Department Working Papers*, art. no. 1680. DOI: <https://doi.org/10.1787/e800ee1d-en>
14. Babkin A., Glukhov V., Shkarupeta E., Kharitonova N., Barabaner H. (2021) Methodology for Assessing Industrial Ecosystem Maturity in the Framework of Digital Technology Implementation. *International Journal of Technology*, 12 (7), 1397–1406. DOI: <https://doi.org/10.14716/IJTECH.V12I7.5390>
15. Alka T.A., Sreenivasan A., Suresh M. (2025) Entrepreneurial strategies for sustainable growth: a deep dive into cloud-native technology and its applications. *Future Business Journal*, 11, art. no. 14. DOI: <https://doi.org/10.1186/s43093-025-00436-7>
16. Наливайченко Е.В., Кирильчук С.П. (2024) Рост производительности труда с переходом к технологиям «умного производства» в промышленности. *Экономика и управление: теория и практика*, 10 (1), 82–88.
17. Полищук Е.А., Павленко И.Г., Остовская А.А., Трилицкая О.Ю. (2022) Индикаторная оценка уровня развития информационной сферы Республики Крым. *Региональная экономика, Юг России*, 10 (1), 181–191. DOI: <https://doi.org/10.15688/re.volsu.2022.1.17>
18. Карлик А.Е., Кравченко К.Н. (2022) Промышленная политика Республики Крым в контексте развития высокотехнологичных производств. *Экономические науки*, 5 (210), 124–127. DOI: <https://doi.org/10.14451/1.210.124>
19. Melnikova E.V., Bezrukikh Y.A., Yarkova S.A., Yakimova L.D., Melnikova A.A. (2021) Forming the human resources potential for innovative and technological development of the region within the framework of the “triple helix” model. *Current Problems and Ways of Industry Development: Equipment and Technologies*, 200, 373–380. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-69421-0_40
20. Omelchenko I., Antonova G., Danilina M., Popkov S., Botasheva L. (2021) Digitalization in the Labor Market in Russia. *SHS Web of Conferences*, 93, art. no. 01021. DOI: <https://doi.org/10.1051/shsconf/20219301021>
21. Бабкин А.В., Денисова Т.П., Ильинская Е.М. [и др.]. (2013) *Стратегическое планирование развития промышленности: теория и инструментарий*, монография, СПб.: ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого».
22. Trstenjak M., Hegedić M., Tošanović N., Opetuk T., Đukić G., Cajner H. (2023) Key Enablers of Industry 5.0 – Transition from 4.0 to the New Digital and Sustainable System. *Manufacturing Driving Circular Economy (GCSM 2022)*, 614–621. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-28839-5_69
23. Xu H., Lu Yu., Vogel-Heuser B., Wang L. (2021) Industry 4.0 and Industry 5.0 – Inception, conception and perception. *Journal of Manufacturing Systems*, 61, 530–535. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.JMSY.2021.10.006>
24. Подвербных О.Е., Самохвалова С.М., Донова Н.А., Мокин Ю.И. (2023) Формирование и реализация модели цифровой организации труда на промышленном предприятии. *Креативная экономика*, 17 (12), 4945–4964. DOI: <https://doi.org/10.18334/ce.17.12.120027>
25. Устинова О.Е. (2022) Формирование стратегии цифровой трансформации промышленных предприятий. *Вопросы инновационной экономики*, 12 (3), 1427–1442. DOI: <https://doi.org/10.18334/vines.12.3.115129>
26. He M., Chand Bun. (2024) Industry 5.0, future of workforce beyond efficiency and productivity. *Innovation, Sustainability, and Technological Megatrends in the Face of Uncertainties*, 23–40. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-46189-7_2
27. Morandini S., Fraboni F., De Angeles M., Puzzo G., Giustino D., Pietrantoni L. (2023) The impact of artificial intelligence on workers’ skills: Upskilling and Reskilling in Organisations. *Informing Science: The International Journal of an Emerging Transdiscipline*, 26, 39–68. DOI: <https://doi.org/10.28945/5078>

28. Sahlab N., Kamm S., Müller T., Jazdi N., Weyrich M. (2021) Knowledge Graphs as Enhancers of Intelligent Digital Twins. *2021 4th IEEE International Conference on Industrial Cyber-Physical Systems (ICPS)*, 19–24. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICPS49255.2021.9468219>
29. Breque M., De Nul L., Petridis A. (2021) *Industry 5.0: towards a sustainable, human-centric and resilient European industry*, Luxembourg: Publications Office of the European Union. DOI: <https://doi.org/10.2777/308407>
30. Szabó-Szentgróti G., Végvári B., Varga J. (2021) Impact of Industry 4.0 and Digitization on Labor Market for 2030 – Verification of Keynes' Prediction. *Sustainability*, 13 (14), art. no. 7703. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13147703>
31. Wang J., Tian Z., Sun Y. (2024) Digital Economy, Employment Structure and Labor Share. *Sustainability*, 16 (21), art. no. 9584. DOI: <https://doi.org/10.3390/su16219584>
32. Zhang C., Chen Y. (2020) A Review of Research Relevant to the Emerging Industry Trends: Industry 4.0, IoT, Blockchain, and Business Analytics. *Journal of Industrial Integration and Management*, 5 (1), 165–180. DOI: <https://doi.org/10.1142/S2424862219500192>
33. 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>

REFERENCES

1. Akundi A., Euresti D., Luna S., Ankobia U., Lopez A., Edinbarou I. (2022) The state of the industry 5.0 – analysis and determination of current research trends. *Applied System Innovation*, 5 (1), art. no. 27. DOI: <https://doi.org/10.3390/ASI5010027>
2. Andreeva Z.V., Asaliev A.M. (2023) Exploring the dynamics of labor performance indicators amidst digital transformation. *Leadership and Management*, 10 (1), 343–356. DOI: <https://doi.org/10.18334/lim.10.1.117380>
3. Zinich A.V., Maksimova S.G., Revyakina Y.N. (2023) Youth in the labor market: the impact of digitalization and the uncertainty of the professional world. *Russian Journal of Labour Economics*, 10 (9), 1353–1366. DOI: <https://doi.org/10.18334/et.10.9.119190>
4. Kirilchuk S.P., Nalivaychenko E.V. (2024) Dependence of the dynamics of industrial modernization on progressive trends in the labor economy. *Drukerovskij vestnik*, 1 (57), 71–80. DOI: <https://doi.org/10.17213/2312-6469-2024-1-71-80>
5. Glukhov V.V., Babkin A.V., Batukova L.R., Shkarupeta E.V., Makhmudova G.N. (2024) Theoretical provisions of programming of strategic development of industry in the conditions of the formation of Industry 5.0. *π-Economy*, 17 (5), 61–87. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.17504>
6. Wang J., Bai J. (2022) Cloud Adoption and Firm Performance: Evidence from Labor Demand. *SSRN*, 1–64. DOI: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4082436>
7. Jovevski D., Drakulevski L., Firfov O. (2023) Digital Transformation and Productivity. *KNOWLEDGE – International Journal*, 59 (1), 15–21.
8. Romanyuk E.V., Voloshin A.I., Lisutin O.A., Trusevich E.V. (2025) How digitization affects the Russian labor market. *Russian Journal of Labour Economics*, 12 (1), 11–24. DOI: <https://doi.org/10.18334/et.12.1.122273>
9. Ghosh S., Hughes M., Hughes P., Hodgkinson I. (2021) Digital transformation of industrial businesses: A dynamic capability approach. *Technovation*, 113 (2), art. no. 102414. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2021.102414>
10. Buevich A.P. (2024) Socio-economic consequences of Russian companies' digital transformation. *Journal of Economics, Entrepreneurship and Law*, 14 (6), 2773–2784. DOI: <https://doi.org/10.18334/epp.14.6.121250>
11. Sokolova L.G., Savchenko E.E., Yarkova S.A. (2023) Dynamics of the labor factor indicators for assessing the possibilities of strategic economic development of the Russian regions. *Russian Journal of Labour Economics*, 10 (10), 1503–1516. DOI: <https://doi.org/10.18334/et.10.10.119524>
12. Khabarova O.V., Yakovleva E.V. (2024) Organizational and managerial mechanism for the development of the regional labor market for specialists amidst digitalization. *Russian Journal of Labour Economics*, 11 (11), 1735–1746. DOI: <https://doi.org/10.18334/et.11.11.122089>

13. Borowiecki M., Pareliussen J., Glocker D., Kim E.J., Polder M., Rud I. (2021) The impact of digitalisation on productivity: Firm-level evidence from the Netherlands. *OECD Economics Department Working Papers*, art. no. 1680. DOI: <https://doi.org/10.1787/e800ee1d-en>
14. Babkin A., Glukhov V., Shkarupeta E., Kharitonova N., Barabaner H. (2021) Methodology for Assessing Industrial Ecosystem Maturity in the Framework of Digital Technology Implementation. *International Journal of Technology*, 12 (7), 1397–1406. DOI: <https://doi.org/10.14716/IJTECH.V12I7.5390>
15. Alka T.A., Sreenivasan A., Suresh M. (2025) Entrepreneurial strategies for sustainable growth: a deep dive into cloud-native technology and its applications. *Future Business Journal*, 11, art. no. 14. DOI: <https://doi.org/10.1186/s43093-025-00436-7>
16. Nalivaychenko E.V., Kirilchuk S.P. (2024) Labor productivity growth with the transition to smart manufacturing technologies in industry. *Economy and management: theory and practice*, 10 (1), 82–88.
17. Polishchuk E.A., Pavlenko I.G., Ostovskaya A.A., Trilitskaya O.Yu. (2022) Index Evaluation of Informational Sphere Development in the Republic of Crimea. *Regionalnaya ekonomika. Yug Rossii [Regional Economy. South of Russia]*, 10 (1), 181–191. DOI: <https://doi.org/10.15688/re.volsu.2022.1.17>
18. Karlik A.E., Kravchenko K.N. (2022) Promyshlennaia politika Respubliki Krym v kontekste razvitiia vysokotekhnologichnykh proizvodstv [Industrial policy of the Republic of Crimea in the context of development of high-tech production]. *Economic Sciences*, 5 (210), 124–127. DOI: <https://doi.org/10.14451/1.210.124>
19. Melnikova E.V., Bezrukikh Y.A., Yarkova S.A., Yakimova L.D., Melnikova A.A. (2021) Forming the human resources potential for innovative and technological development of the region within the framework of the “triple helix” model. *Current Problems and Ways of Industry Development: Equipment and Technologies*, 200, 373–380. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-69421-0_40
20. Omelchenko I., Antonova G., Danilina M., Popkov S., Botasheva L. (2021) Digitalization in the Labor Market in Russia. *SHS Web of Conferences*, 93, art. no. 01021. DOI: <https://doi.org/10.1051/shsconf/20219301021>
21. Babkin A.V., Denisova T.P., Il'inskaia E.M. et al. (2013) *Strategicheskoe planirovanie razvitiia promyshlennosti: teoriia i instrumentarii [Strategic planning of industrial development: theory and tools]*, monograph, St. Petersburg: FGAOU VO «Sankt-Peterburgskii politekhnicheskii universitet Petra Velikogo».
22. Trstenjak M., Hegedić M., Tošanović N., Opetuk T., Đukić G., Cajner H. (2023) Key Enablers of Industry 5.0 – Transition from 4.0 to the New Digital and Sustainable System. *Manufacturing Driving Circular Economy (GCSM 2022)*, 614–621. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-28839-5_69
23. Xu H., Lu Yu., Vogel-Heuser B., Wang L. (2021) Industry 4.0 and Industry 5.0 – Inception, conception and perception. *Journal of Manufacturing Systems*, 61, 530–535. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.JMSY.2021.10.006>
24. Podverbnyh O.E., Samokhvalova S.M., Donova N.A., Mokin Y.I. (2023) Formation and implementation of a digital labor organization model in an industrial company. *Creative Economy*, 17 (12), 4945–4964. DOI: <https://doi.org/10.18334/ce.17.12.120027>
25. Ustinova O.E. (2022) Digital transformation strategy for industrial enterprises. *Russian Journal of Innovation Economics*, 12 (3), 1427–1442. DOI: <https://doi.org/10.18334/vinec.12.3.115129>
26. He M., Chand Bun. (2024) Industry 5.0, future of workforce beyond efficiency and productivity. *Innovation, Sustainability, and Technological Megatrends in the Face of Uncertainties*, 23–40. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-46189-7_2
27. Morandini S., Fraboni F., De Angeles M., Puzzo G., Giustino D., Pietrantoni L. (2023) The impact of artificial intelligence on workers' skills: Upskilling and Reskilling in Organisations. *Informing Science: The International Journal of an Emerging Transdiscipline*, 26, 39–68. DOI: <https://doi.org/10.28945/5078>
28. Sahlab N., Kamm S., Müller T., Jazdi N., Weyrich M. (2021) Knowledge Graphs as Enhancers of Intelligent Digital Twins. *2021 4th IEEE International Conference on Industrial Cyber-Physical Systems (ICPS)*, 19–24. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICPS49255.2021.9468219>
29. Breque M., De Nul L., Petridis A. (2021) *Industry 5.0: towards a sustainable, human-centric and resilient European industry*, Luxembourg: Publications Office of the European Union. DOI: <https://doi.org/10.2777/308407>
30. Szabó-Szentgróti G., Végvári B., Varga J. (2021) Impact of Industry 4.0 and Digitization on Labor Market for 2030 – Verification of Keynes' Prediction. *Sustainability*, 13 (14), art. no. 7703. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13147703>

31. Wang J., Tian Z., Sun Y. (2024) Digital Economy, Employment Structure and Labor Share. *Sustainability*, 16 (21), art. no. 9584. DOI: <https://doi.org/10.3390/su16219584>

32. Zhang C., Chen Y. (2020) A Review of Research Relevant to the Emerging Industry Trends: Industry 4.0, IoT, Blockchain, and Business Analytics. *Journal of Industrial Integration and Management*, 5 (1), 165–180. DOI: <https://doi.org/10.1142/S2424862219500192>

33. 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>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT AUTHORS

КИРИЛЬЧУК Светлана Петровна

E-mail: skir12@yandex

Svetlana P. KIRILCHUK

E-mail: skir12@yandex

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6888-1981>

НАЛИВАЙЧЕНКО Екатерина Владимировна

E-mail: katnaliv@yandex.ru

Ekaterina V. NALIVAYCHENKO

E-mail: katnaliv@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0578-5997>

Поступила: 20.01.2025; Одобрена: 17.02.2025; Принята: 17.02.2025.

Submitted: 20.01.2025; Approved: 17.02.2025; Accepted: 17.02.2025.

Научная статья

УДК 330.322.012

DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18102>

EDN: <https://elibrary/DIIDPP>



ИНДУСТРИЯ 6.0: МЕТОДОЛОГИЯ, ИНСТРУМЕНТАРИЙ, ПРАКТИКА

А.В. Бабкин¹ ✉, И.В. Либерман²,
П.М. Клачек², Е.В. Шкарупета^{1,3} 

¹ Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Российская Федерация;

² Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта,
Калининград, Российская Федерация;

³ Воронежский государственный технический университет,
Воронеж, Российская Федерация

✉ al-vas@mail.ru

Аннотация. Рассмотрено понятие Индустрии 6.0 как качественно новой фазы промышленно-го и социально-экономического развития, характеризующейся всеобъемлющей интеллектуально-технологической иммерсивной гиперсвязанностью и физико-когнитивно-эмоциональным слиянием виртуальных двойников человека и машины в рамках симбиотического взаимодействия. Методология Индустрии 6.0 раскрыта через комплексную систему взглядов о сущности, содержании, ядре, объекте, целях, отличительных технологиях Индустрии 6.0, охватывающих весь спектр процессов создания, реализации и развития эмоционально-интеллектуальных киберсоциальных метаэкосистем, полученных на основе ЧИМЭ-конвергенции (ЧИМЭ: «человек» – «искусственный сверхинтеллект» – «метаэкосистема»). По аналогии с генетическими алгоритмами (где используются наследование, мутации, отбор, кроссинговер и т.д.), методология и технология ДНК-инженерии киберсоциальных метаэкосистем включает подходы генетической инженерии в расширенном синергетическом, междисциплинарном формате, что позволяет использовать принципы конвергентной эволюции и НБИК-конвергенции. Инструментарий реализации Индустрии 6.0 включает разработку периодической таблицы системно-целевых элементов полисистемной тетрады киберсоциальных метаэкосистем (ПТСЦЭ-ПТКМ) (по аналогии с периодической таблицей химических элементов), обобщенные варианты полисистемных белков, аминокислот и кодонов, а также когнитивную генетическую модель полисистемного генома в виде гетерогенной генно-нейронной сети. Практика развертывания Индустрии 6.0 продемонстрирована на примере создания тестового варианта «Полисистемной тетрады киберсоциальной метаэкосистемы Индустрии 5.0/6.0» в компании ООО «ТЕХНО ТЮБ» и при разработке структуры GNIG – полисистемного белка, обеспечивающего научно-исследовательское и технологическое развитие метаэкосистемы Starbase в рамках проекта Starship HLS. Для доказательства эффективности полисистемного белка GNIG была создана модель экономической коэволюции метаэкосистемы Starbase, показавшая высокую результативность и значительный научно-технологический потенциал представленных инструментов. Одним из направлений дальнейших исследований концепции Индустрия 6.0, которые хотели бы отметить авторы, является разработка таблицы аналогий между электронными конфигурациями атомов химических элементов и комплексов отношений фундаментальных категориальных ядер системно-целевых элементов ПТСЦЭ-ПТКМ, особенно конфигураций бр, 1d и выше. Разработка элементов данных конфигураций позволит перейти к созданию антропогенных систем.

Ключевые слова: Индустрия 6.0, искусственный интеллект, управление инновациями, технологические уклады, киберсоциальные метаэкосистемы, технологии, синергетические технологии, генетическая инженерия

Благодарности: Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания «Разработка методологии формирования инструментальной базы анализа и моделирования пространственного социально-экономического развития систем в условиях цифровизации с опорой на внутренние резервы» (FSEG-2023-0008).

Для цитирования: Бабкин А.В., Либерман И.В., Клачек П.М., Шкарупета Е.В. (2025) Индустрия 6.0: методология, инструментарий, практика. *IT-Economy*, 18 (1), 21–56. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18102>

Research article

DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18102>



INDUSTRY 6.0: METHODOLOGY, TOOLS, PRACTICE

A.V. Babkin¹ ✉, **I.V. Liberman²,**
P.M. Klachek², E.V. Shkarupeta³ 

¹ Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, Russian Federation;

² Baltic Federal University of Immanuel Kant,
Kaliningrad, Russian Federation;

³ Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation

✉ al-vas@mail.ru

Abstract. The concept of Industry 6.0 is considered as a qualitatively new phase of industrial and socio-economic development, characterized by comprehensive intellectual and technological immersive hyperconnectivity and physical-cognitive-emotional fusion of virtual twins of man and machine within the framework of symbiotic interaction. The methodology of Industry 6.0 is disclosed through a comprehensive system of views on the essence, content, core, object, goals, distinctive technologies of Industry 6.0, covering the entire spectrum of processes of creation, implementation and development of emotional-intellectual cybersocial meta-ecosystems obtained on the basis of ChIME convergence (ChIME means “Chelovek” (“man”) – “Iskusstvennyi sverkhintellekt” (“artificial superintelligence”) – “metaekosistema” (“meta-ecosystem”)). By analogy with genetic algorithms (where inheritance, mutation, selection, crossing over, etc. are used), the methodology and technology of DNA engineering of cybersocial metaecosystems include approaches of genetic engineering in an expanded synergetic, interdisciplinary format, which allows using the principles of convergent evolution and NBIC convergence. The toolkit for implementing Industry 6.0 includes the development of a periodic table of system-target elements of the polysystem tetrad of cybersocial metaecosystems (PTSTE-PTCM) (by analogy with the periodic table of chemical elements), generalized versions of polysystem proteins, amino acids and codons, as well as a cognitive genetic model of the polysystem genome in the form of a heterogeneous gene-neural network. The practice of deploying Industry 6.0 is demonstrated using the example of creating a test version of the “Polysystem Tetrad of the Cybersocial Metaecosystem of Industry 5.0/6.0” at “Techno Tube” LLC and during the development of the GH1G structure – a polysystem protein that ensures the research and technological development of the Starbase metaecosystem within the Starship HLS project. To prove the effectiveness of the polysystem protein GH1G, a model of economic coevolution of the Starbase metaecosystem was created, which showed high efficiency and significant scientific and technological potential of the presented tools. One of the directions of further research of the Industry 6.0 concept, which the authors would like to note, is the development of a table of analogies between the electron configurations of atoms of chemical elements and complexes of relations of the fundamental categorical cores of the system-target elements of the PTSTE-PTCM, especially configurations 6p, 1d and higher. The development of elements of these configurations will allow us to move on to the creation of anthropogenic systems.

Keywords: Industry 6.0, artificial intelligence, innovation management, technological paradigms, cybersocial metaecosystems, technologies, synergetic technologies, genetic engineering

Acknowledgements: The research was financially supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the framework of the state assignment “Development of a methodology for instrumental base formation for analysis and modeling of the spatial socio-economic development of systems based on internal reserves in the context of digitalization” (FSEG-2023-0008).

Citation: Babkin A.V., Liberman I.V., Klachek P.M., Shkarupeta E.V. (2025) Industry 6.0: methodology, tools, practice. *П-Economy*, 18 (1), 21–56. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18102>

Введение

В работе [1] отмечено: «Шестой технологический уклад – формирующийся в настоящее время комплекс технологий, включающий нано-, био-, информационные и когнитивные технологии, отличительной чертой которого является конвергенция технологий и формирование гибридных технологий при интегрирующей роли информационных технологий (цифровизация, искусственный интеллект, обработка больших массивов информации)». В работах [2–4] представлены методологические и технологические основы создания киберсоциальных экосистем Индустрии 5.0 как эффективного инструмента при переходе к шестому технологическому укладу. Исследования авторов [4] показали, что когнитивная эволюция знаниеинтенсивных технологий [5] и искусственного интеллекта (ИИ) в рамках концепции Индустрии 5.0 [6] приведет к «интеллектуальному взрыву» посредством создания и неконтролируемого развития нового суперинтеллекта¹, что неизбежно вызовет технологическую сингулярность [7] и ее негативные последствия для человечества [8]. На основании представленных в работе [9] исследований авторы считают, что переход от концепции Индустрии 5.0 к Индустрии 6.0 позволит преодолеть в рамках теории метасистемных переходов [10] и последующего создания будущего «глобального мозга» [11] негативные для человечества последствия технологической сингулярности и обеспечить формирование целевых ориентиров метасистемного развития экономики и общества [12].

В предыдущем своем исследовании [2] авторы проанализировали 52 существующих определения Индустрии 6.0 и систематизировали их по шести исследовательским проекциям:

- 1) интеллектуальная автоматизация и производственные системы [38–49];
- 2) устойчивое развитие и зеленые технологии [34, 50–58];
- 3) человеко-машинное взаимодействие, этика и эмоциональный интеллект [59–64];
- 4) информационные технологии и кибербезопасность [65–69];
- 5) машинное обучение и ИИ в различных секторах Индустрии 6.0 [70–83];
- 6) управление человеческими ресурсами и организационные изменения в Индустрии 6.0 [84–88].

Проведенный анализ публикаций показал, что в настоящее время в научной области исследований представлены понятие, особенности и тенденции перехода к Индустрии 6.0, однако цельного представления методологии, инструментария и практической реализации авторами не обнаружено. Наличие нерешенной научной проблемы позволило сформулировать цель и задачи исследования.

Цель и задачи исследования

Целью исследования является комплексное представление концепции Индустрии 6.0 посредством разработки методологии, инструментария и практической реализации как качественно новой фазы развития, в которой интеллектуально-технологическая иммерсивная гиперсвязанность и физико-когнитивно-эмоциональное слияние человека и машины реализуются на основе ЧИМЭ-конвергенции (ЧИМЭ: «человек» – «искусственный сверхинтеллект» – «метаэкосистема»).

Задачи исследования включают:

– формирование комплексной методологии как системы взглядов на Индустрию 6.0, охватывающей весь спектр процессов создания, реализации и развития эмоционально-интеллектуальных киберсоциальных метаэкосистем;

¹ Legg Sh. (2008) *Machine Super Intelligence*, Doctoral Dissertation. [online] Available at: http://www.vetta.org/documents/Machine_Super_Intelligence.pdf [Accessed 28.02.2025].

– разработка инструментария применения и реализации Индустрии 6.0, включающего периодическую таблицу системно-целевых элементов полисистемной тетрады киберсоциальных метаэкосистем, обобщенные варианты полисистемных белков, аминокислот и кодонов, а также когнитивную генетическую модель полисистемного генома в форме гетерогенной генно-нейронной сети;

– провести анализ практического применения предложенных технологий и инструментов на примере тестового варианта «Полисистемной тетрады киберсоциальной метаэкосистемы Индустрии 5.0/6.0» в компании ООО «ТЕХНО ТЮБ» и разработки структуры GNIG – полисистемного белка, обеспечивающего научно-исследовательское и технологическое развитие метаэкосистемы Starbase в рамках проекта Starship HLS.

Следует отметить, что прикладное применение ДНК-инженерии киберсоциальных метаэкосистем предполагает возникновение сложных междисциплинарных процессов: симбиоза, конвергенции, диффузии и т.д. [5] – большого количества разноплановых технологий, что, в свою очередь, приводит к созданию сложных, в том числе прикладных, методов, моделей, инструментов, детально представить которые в рамках одной научной статьи не представляется возможным. Поэтому в рамках данной научной статьи авторами, ввиду ограничений на объем статьи и желания не обременять работу сложными элементами, будут представлены только методологические и технологические основы (центральные элементы), а также отдельное внимание будет уделено апробации и проверке эффективности ДНК-инженерии киберсоциальных метаэкосистем. Последующие более детальные исследования авторов в этой области подробно будут рассмотрены в последующих научных работах.

Результаты исследования

Методология Индустрии 6.0

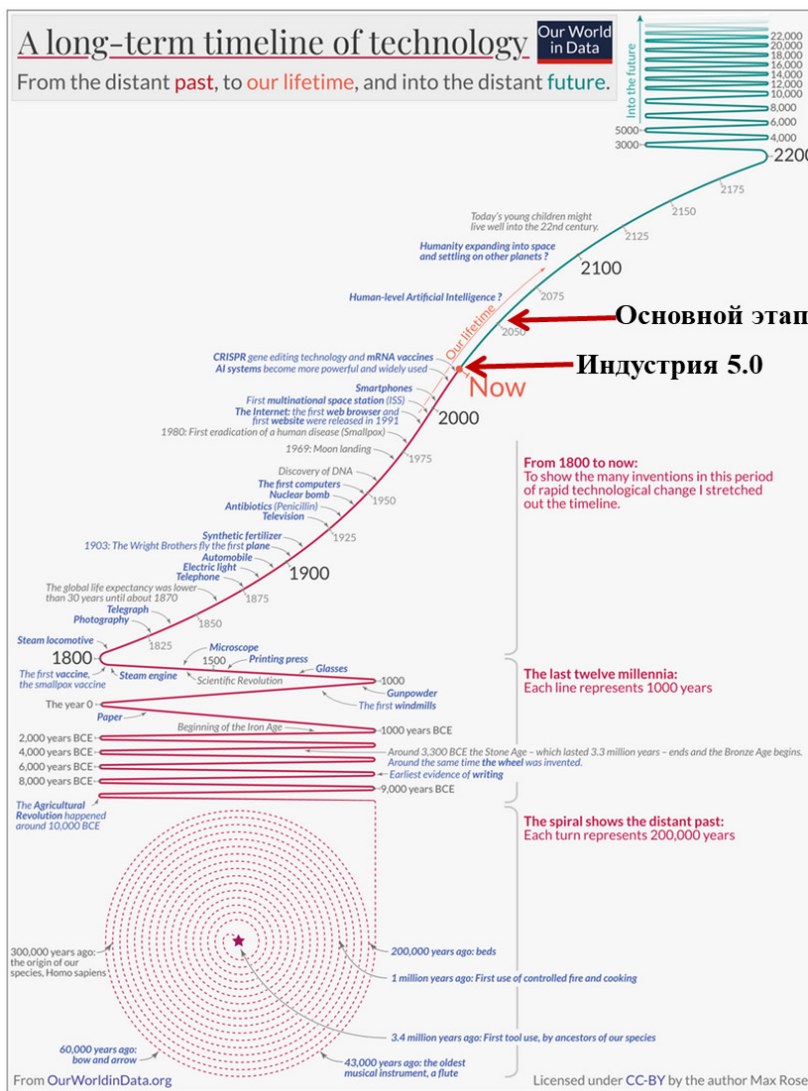
Индустрия 6.0 представляет собой качественно новую фазу промышленного и социально-экономического развития, характеризующуюся *всеобъемлющей интеллектуально-технологической иммерсивной гиперсвязанностью и физико-когнитивно-эмоциональным слиянием виртуальных двойников человека и машины* в рамках симбиотического взаимодействия [2].

Под *виртуальными двойниками* авторы подразумевают копии, выходящие за рамки технологии цифровых двойников, отражающие новый уровень конвергенции и применения технологий. Виртуальный двойник, по определению Dassault Systèmes, – это «цифровая копия как самого продукта, так и его истории и эволюции»². *Эмоциональный интеллект машин (эмоциональный искусственный интеллект)* – это способность интеллектуальных систем автоматически воспринимать, распознавать, интерпретировать и даже порождать эмоциональные сигналы (например, мимику, интонации, поведенческие маркеры), а также адаптировать свое взаимодействие с человеком и окружающей средой на основе этих эмоциональных данных. Такой подход предполагает интеграцию методов психологии, компьютерного зрения, анализа речи, нейробиологии и когнитивных наук, позволяя машинам не только более точно реагировать на человеческие чувства и намерения, но и формировать качественно новые сценарии коммуникации и принятия решений.

На рис. 1 представлена широко известная концепция долгосрочной перспективы технологических изменений в истории человечества [13], а также указано место в ней Индустрии 5.0 и Индустрии 6.0.

Как видно из рис. 1, Индустрия 6.0 выходит за пределы традиционных технологических революций, представляя собой «новое поколение промышленности, управляемое генеративным ИИ и роем гетерогенных роботов» [39], и объединяет широкий спектр передовых технологий и инновационных подходов. В отличие от Индустрии 4.0, ориентированной на технологическую революцию и автоматизацию, и Индустрии 5.0, фокусирующейся на человекоцентричности и

² Virtual Twin Experiences. Dassault Systèmes. [online] Available at: <https://www.3ds.com/virtual-twin> [Accessed 18.10.2024].



Основной этап развития Индустрии 6.0
Индустрия 5.0
Now

Рис. 1. Концепция долгосрочной перспективы технологических изменений в истории человечества [13]

Fig. 1. Concept of a long-term timeline of technological changes in human history [13]

устойчивом развитии, Индустрия 6.0 направлена на глобальную экологическую устойчивость и интеллектуальную трансформацию. Ее ключевыми характеристиками являются ультраперсонализированное производство, массовое создание ценностей и дизайн квантово-интеллектуальных экосистем с многоуровневой симметрией, обеспечивающей самонастройку и предсказательное управление (рис. 2) [2].

Объектом Индустрии 6.0 выступает эмоционально-интеллектуальная киберсоциальная мета-экосистема [14], полученная на основе ЧИМЭ-конвергенции, функционирующая и самоорганизующаяся в особой среде, *нейросфере*. ЧИМЭ-конвергенция – это системное ядро концепции Индустрии 6.0 в виде полисистемной тетрады нейросферы (фундаментальные основы данного понятия заложены Г.Б. Клейнером, а также С.В. Прокопчиной в работе [15]), основанная на применении ДНК-инженерии киберсоциальных метаэкосистем, а также комплекса когнитивных и синергетических технологий [16].

Целью Индустрии 6.0 является создание на микроуровне ультраумной Фабрики 6.0, а на макроуровне – новой формы симбиотической интеллектуальной экономики, где биосфера и техносфера сосуществуют в гармоничной коэволюции (рис. 3) [2].

Индустрия 4.0	Индустрия 5.0	Индустрия 6.0
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Технологическая революция <input type="checkbox"/> Отношения между человеком и машиной как конкуренция <input type="checkbox"/> Должна повысить производительности и конкурентоспособность промышленности <input type="checkbox"/> Массовое производство <input type="checkbox"/> Киберфизические системы с переходом в киберфизические производственные экосистемы <input type="checkbox"/> Дизайн киберпромышленной производственной экосистемы имеет двумерную (2D) симметрию <input type="checkbox"/> Высокотехнологичная стратегия автоматизации производства для создания умных фабрик <input type="checkbox"/> Фабрики будущего (цифровые, умные, виртуальные) <input type="checkbox"/> Основные цели – экономический рост и научно-технологическое развитие, повышение конкурентоспособности, рост производительности труда 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Ценностная инициатива <input type="checkbox"/> Отношения между человеком и машиной как сотрудничество <input type="checkbox"/> Должна улучшить удобство и качество жизни <input type="checkbox"/> Массовая кастомизация <input type="checkbox"/> Интеллектуальные киберсоциальные экосистемы <input type="checkbox"/> Дизайн интеллектуальной киберсоциальной экосистемы имеет трехмерную (3D) симметрию <input type="checkbox"/> Демократичное совместное производство знаний из больших данных на основе новых концепций симметричных инноваций <input type="checkbox"/> Синергетические социальные фабрики <input type="checkbox"/> Ключевые ценности – человекоцентричность, устойчивость, резильентность 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Интеллектуально-технологически иммерсивная гиперсвязанная вездесущность <input type="checkbox"/> Физико-когнитивно-эмоциональное слияние виртуальных двойников человека и машин <input type="checkbox"/> Должна достичь глобальной экологической устойчивости и интеллектуальной трансформации <input type="checkbox"/> Ультраперсонализированное производство <input type="checkbox"/> Массовое создание ценностей <input type="checkbox"/> Эмоционально-интеллектуальные квантовые экосистемы <input type="checkbox"/> Дизайн квантово-интеллектуальных экосистем с XD симметрией <input type="checkbox"/> Практически полностью автономные системы, основанные на ИИ <input type="checkbox"/> Интеллектуальная (ультраумная) Фабрика 6.0 <input type="checkbox"/> Основная цель – создание новой формы симбиотической intelligence экономики

Рис. 2. Отличительные особенности Индустрии 6.0 в сравнении с Индустриями 4.0 и 5.0 [2]

Fig. 2. Distinctive features of Industry 6.0 in comparison with Industries 4.0 and 5.0 [2]



Рис. 3. Концептуальный абрис Индустрии 6.0 [2]

Fig. 3. Conceptual outline of Industry 6.0 [2]

По аналогии с геной инженерией [17] ДНК-инженерия киберсоциальных метаэкосистем – это раздел научно-прикладного направления «Интеллектуальная инженерная экономика и Индустрия 5.0/6.0 (IEEI_5.0/6.0)»³, посвященный созданию киберсоциальных метаэкосистем Индустрии 5.0/6.0 с нужными свойствами. Она представлена совокупностью методов, приемов и технологий, позволяющих улучшать существующие наборы полисистемных генов – геномов (полисистемных тетрад киберсоциальных метаэкосистем (ПТКМ)) – и создавать новые. По аналогии с генетическими алгоритмами, в основе которых лежат методы моделирования эволюции [18] (в том числе методы естественной эволюции, такие как наследование, мутации, отбор и кроссинговер и т.д.), методология и технология ДНК-инженерии киберсоциальных метаэкосистем

³ Интеллектуальная инженерная экономика и Индустрия 5.0/6.0 (IEEI_5.0/6.0). [online] Available at: <https://labec.spbstu.ru/> [Accessed 10.10.2024]. (in Russian).

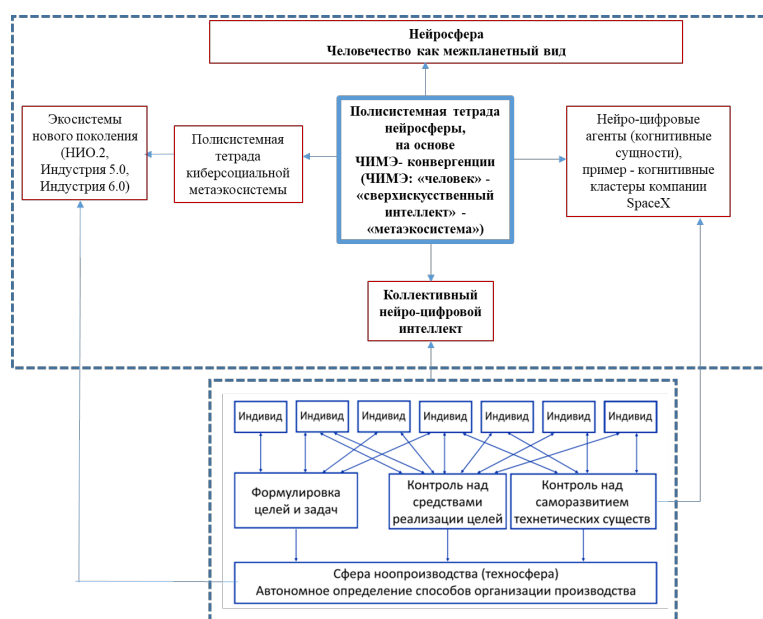


Рис. 4. Развитие интегрированной модели глобальной трансформации общества на основе движения к нообществу и нейросфере в рамках концепции Индустрии 6.0 [3]

Fig. 4. Development of an integrated model of global transformation of society based on the movement towards nosociety and neurosphere within the framework of the concept of Industry 6.0 [3]

опирается на подходы и методы генетической инженерии [19], правда, в более сложной синергетической, междисциплинарной форме, которая включает, в том числе, применение принципов конвергентной эволюции⁴, а также синергетических и когнитивных технологий, характерных для НБИК-конвергенции [20].

Киберсоциальная метаэкосистема Индустрии 6.0 по аналогии с биологическими экосистемами – полисистемное ядро нейросферы (рис. 4), состоящее из сообщества различных типов (социально-экономических, промышленных и т.д.) экосистем НИО.2, Индустрии 5.0/6.0, среды их взаимодействия (нейросферы), системы связей, осуществляющей взаимодействие (обмен нейро-цифровой энергией [4]) между ними.

На рис. 4 представлено развитие предложенной в работе [3] интегрированной модели глобальной трансформации общества на основе движения к нообществу и нейросфере в рамках концепции Индустрии 6.0.

Ключевые технологии Индустрии 6.0 представлены на рис. 5.

На основе представленного сравнения технологий Индустрий 4.0, 5.0 и 6.0 можно сделать вывод, что эволюция промышленных технологий идет в направлении все большей интеграции (иммерсивной конвергенции) человека и машины [35], увеличения интеллектуальной и когнитивной составляющей [36], а также усиления экологической и социальной ответственности. В Индустрии 6.0 наблюдается переход от «умных» фабрик и продуктов к созданию симбиотических систем, где взаимодействие с человеком и окружающей средой выходит на новый уровень благодаря квантовым, когнитивным и мультиагентным технологиям [2].

Методология Индустрии 6.0 представляет собой комплексную систему взглядов, которые охватывают весь спектр процессов создания, реализации и развития киберсоциальной метаэкосистемы:

– сущность Индустрии 6.0 – интеллектуально-технологически иммерсивный гиперсвязанный юбиквитус (от *lat. ubi* – вездесущность);

⁴ Primrose A. (2013) *At Home with Verbal Reasoning* (7–9), Oxford Academ.

Технологии Индустрии 4.0	Технологии Индустрии 5.0	Технологии Индустрии 6.0
<ul style="list-style-type: none"> • Умная цепь поставок • Аддитивное производство • Большие данные • 4G • Облачные вычисления • Добыча данных • Киберфизическая система • Возобновляемая энергия • Автономное принятие решений • Массовая кастомизация • Возможность подключения оборудования • Модульность • Удаленная рабочая сила • Умные продукты • ИИ 	<ul style="list-style-type: none"> • Цифровые двойники • Адаптивная умная фабрика • Коботы • Умные продукты • Виртуализация • Массовая персонализация • 5G • Биэкономика • Футуристическое умное общество • Предотвращение образования отходов • Рабочая сила на месте • Интерактивные продукты • Отзывчивая и распределенная цепочка поставок • Совместный интеллект 	<ul style="list-style-type: none"> • Виртуальные двойники (в том числе виртуальный двойник человека) • Эмоциональный интеллект машин • Генеративный интеллект • Параллельный интеллект • Гетерогенные роботы (в том числе человекоподобные) • Иммерсивность • Пространственные вычисления • Мультиагентные системы • 6G • Облачная возобновляемая энергия • Квантовые технологии • Когнитивные технологии • Антихрупкость • Зеленая устойчивость

Рис. 5. Технологии Индустрии 6.0 в сравнении с Индустрией 4.0/5.0 [2, 37]

Fig. 5. Industry 6.0 technologies compared to Industry 4.0/5.0 [2, 37]

– содержание Индустрии 6.0 – физико-когнитивно-эмоциональное слияние виртуальных двойников человека и машин;

– ядро Индустрии 6.0 – ЧИМЭ-конвергенция в виде полисистемной тетрады нейросферы, основанная на применении ДНК-инженерии киберсоциальных метаэкосистем, а также комплекса когнитивных и синергетических технологий [16];

– объект Индустрии 6.0 – эмоционально-интеллектуальная киберсоциальная метаэкосистема [14], полученная на основе ЧИМЭ-конвергенции, функционирующая и самоорганизующаяся в особой среде, нейросфере;

– цель Индустрии 6.0 на макроуровне – создание симбиотической интеллектуальной эквилибриум-экономики (от *лат.* *aequus* – равный и *libra* – весы; равновесная экономика);

– цель Индустрии 6.0 на микроуровне – формирование ультраумных Фабрик 6.0;

– отличительные технологии Индустрии 6.0 – искусственный интеллект во всех его проявлениях, 6G, расширенная реальность (Extended Reality, XR), виртуальные двойники (в том числе человека), эмоциональный интеллект машин, пространственные вычисления (Spatial Computing), нейроморфные вычисления, квантовые вычисления, постквантовая криптография, гетерогенные роботы, мультиагентные системы, гибридные компьютерные системы, атомная энергетика для ИИ-инфраструктуры, синтетические медиа, микро-LLM, технологии невидимого интеллекта окружающей среды (Ambient Invisible Intelligence) и др.

Инструментарий применения и реализации Индустрии 6.0

На рис. 6 представлен прикладной пример применения концепции Индустрии 6.0, в рамках которого были проведены исследования множества вариантов эволюционных процессов развития киберсоциальной метаэкосистемы Starbase SpaceX за период с 2024 по 2200 год.

В качестве методов и технологий геной инженерии были применена продвинутая версия ABE7.10 редактора ферментов, разработанная специалистами по «редактированию оснований» из Гарвардского университета (США), а также технология редактирования генома Crispr [22, 23]. На основе данных технологий проводились лишь гипотетические исследования совершенствования когнитивных способностей человеческого мышления в рамках создаваемых когнитивных кластеров ПТКМ Starbase [3].

В качестве методов и технологий нейроинженерии в рамках создаваемых когнитивных кластеров ПТКМ Starbase [3] применялись технологии имплантируемых нейрокомпьютерных интерфейсов, разрабатываемые компанией Neuralink [89]. Выбор был обусловлен возможностью

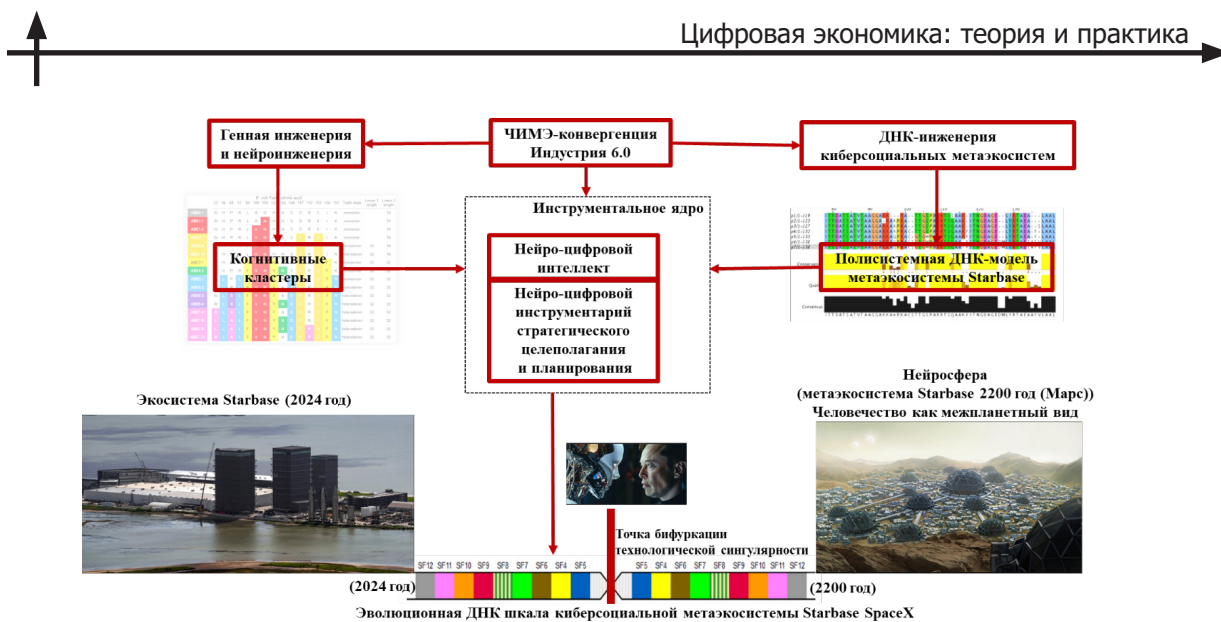


Рис. 6. Прикладной пример применения концепции Индустрии 6.0
 Fig. 6. Practical example of application of the Industry 6.0 concept

быстрой интеграции нейрокомпьютерных интерфейсов с нейро-цифровым инструментарием стратегического целеполагания и планирования Индустрии 5.0/6.0 на основе коллективного интеллекта [3].

В качестве базовой основы операционного ядра ЧИМЭ была применена хорошо известная модель, разработанная «на основе биокрибернетической системы нейрофизиологического мышления, в том числе на основе 5D виртуального погружения, посредством различных видов стимуляции мышления и нервной системы человека» [3], нейро-цифрового интеллекта инструментария стратегического целеполагания и планирования Индустрии 5.0/6.0 (подробно представленная в работах [3, 9]).

Технологические элементы полисистемной ДНК-инженерии киберсоциальных метаэкосистем, а также прикладной пример полисистемной ДНК-модели метаэкосистемы Starbase подробно рассмотрены в разделе «Практика развертывания Индустрии 6.0».

Ввиду ограничений на объем научной статьи подробные результаты полученных исследований в рамках данного прикладного примера применения концепции Индустрии 6.0 (рис. 6) будут представлены в следующих научных работах.

В рамках данного примера (рис. 6) авторы хотели показать, с одной стороны, в самом простом варианте возможности и пути применения технологий и прикладных инструментариев концепции Индустрии 6.0 для решения реальных задач в области промышленных и индустриальных метаэкосистем, представлявших системный базис шестого технологического уклада [1]. С другой стороны, проведенный комплекс исследований и экспериментов позволяет авторам обоснованно заявить о большой потенциальной возможности в решении вопроса преодоления негативных для человечества последствий технологической сингулярности. Исследование множества вариантов эволюционных процессов развития киберсоциальной метаэкосистемы Starbase SpaceX на горизонте с 2024 по 2200 год показало, что применение концепции Индустрии 6.0 и прикладных инструментариев позволяет избежать технологической сингулярности при любых вариантах развития метаэкосистемы Starbase (было исследовано 140 эволюционных вариантов) за счет возникновения метасистемных, эволюционных эффектов [10] и создания гармонизированного коллективного интеллекта (глобального мозга) [11]. Таким образом, взаимодействие человеческого и искусственного интеллекта на основе применения ЧИМЭ-конвергенции позволяет избежать негативных последствий технологической сингулярности, обеспечив гармоничное развитие

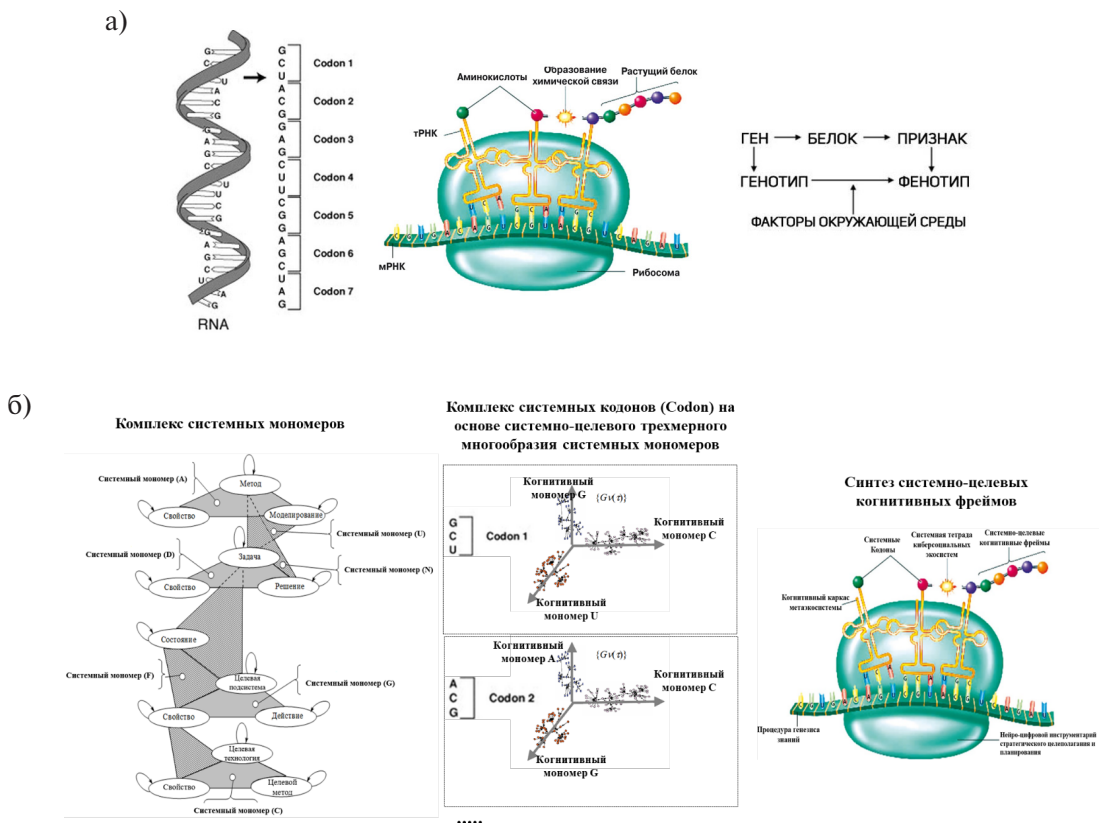


Рис. 7. Системные элементы и процессы генома живого организма (а) и системного генома киберсоциальных метаэкосистем (б) [90]

Fig. 7. Systemic elements and processes of the genome of a living organism (a) and the systemic genome of cybersocial metaecosystems (b) [90]

человечества [8]. Более подробно методологические и инструментальные основы ЧИМЭ-конвергенции разрабатываются авторами под общим названием «Индустрия 6.0: углубленное исследование полисистемной тетрады киберсоциальных метаэкосистем».

В работе [90] (рис. 7а) представлены хорошо известные системные элементы и процессы генома живого организма, которые для неспециалистов в этой области в наиболее простом, по мнению авторов, виде представлены в работах [19, 25]. В этой же работе (рис. 7б) представлен их аналог в виде системного генома киберсоциальных метаэкосистем различных типов, в том числе киберсоциальных метаэкосистем промышленности.

Как отмечено в [25], «в нуклеотидах, входящих в состав ДНК, встречаются четыре азотистых основания (рис. 8): аденин (А), гуанин (G), тимин (Т) и цитозин (С)», — которые, в свою очередь, состоят из основных биогенных элементов периодической таблицы Менделеева, таких как: азот, кислород, углевод, водород.

На рис. 9 представлен вариант периодической таблицы химических элементов на основе электронных конфигураций атома.

В статье [91] утверждается следующее: «Один из результатов в теории систем и системном анализе получен А.И. Уемовым, предложившим в качестве базиса системного подхода и языка анализа и синтеза сложных объектов триаду категорий „вещь — свойство — отношение“». В автореферате А.В. Колесникова [93] были исследованы концептуальные модели, в том числе „Мир ресурсов, свойств, процессов“, „Мир состояний и поведения“, „Мир задач“ и „Мир решения задач“. На их основе авторами разработана обобщенная, базовая модель системного анализа и

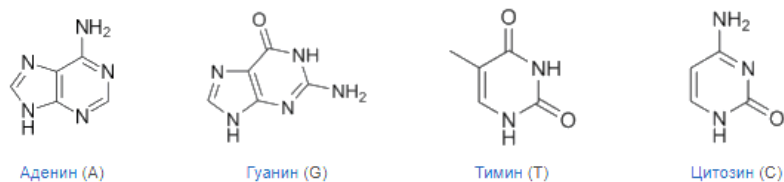


Рис. 8. Структуры оснований в составе ДНК

Fig. 8. Structures of bases in DNA

14f				Lu		Lr			
13f				Yb		No			
12f				Tm		Md			
11f				Er		Fm			
10f				Ho		Es			
9f				Dy		Cf			
8f				Tb		Bk			
7f				Gd		Cm			
6f				Eu		Am			
5f				Sm		Pu			
4f				Pm		Np			
3f				Nd		U			
2f				Ce Pr		Th Po			
1f									
10d				Cu Zn	Ag Cd	Au Hg		111 112	
9d									
8d				Ni	Rd	Rt		110	
7d				Co	Rh	Ir		109	
6d				Fe	Ru	Os		108	
5d				Cr Mn	Mo Tc	W Re		106 107	
4d									
3d				V	Nb	Ta		Ns	
2d				Ti	Zr	Hf		Ku	
1d				Sc	Y	La		Ac	
6p		Ne	Ar	Kr	Xe	Rn		118	
5p		F	Cl	Br	I	At		117	
4p		O	S	Se	Te	Po		116	
3p		N	P	As	Sb	Bi		115	
2p		C	Si	Ge	Sn	Rb		114	
1p		B	Al	Ga	In	Tl		113	
2s	He	Be	Mg	Ca	Sr	Ba		Ra	120
1s	H	Li	Na	K	Rb	Cs		Fr	119
	1	2	3	4	5	6	7	8	

Рис. 9. Периодическая таблица химических элементов на основе электронных конфигураций атома⁵Fig. 9. Periodic table of chemical elements based on electronic configurations of the atom⁵

синтеза сложных объектов киберсоциальных метаэкосистем [14] (рис. 10), представляющая концептуальную основу системного генома киберсоциальных метаэкосистем (рис. 7).

Как отмечено в работе [9], представленная на рис. 10 обобщенная базисная модель системного анализа и синтеза сложных объектов киберсоциальных экосистем позволила разработать методологию создания схем ролевых концептуальных моделей для представления моделей действительности⁶ [10]. Развитие данной методологии в рамках создания концептуальной модели задачи-системы (рис. 4) привело к созданию модели когнитивного фрейма, подробно представленной в работах [3, 6]. На рис. 11 представлен пример обобщенной модели когнитивного фрейма, являющейся по сути фундаментальным развитием предложенной А.И. Уемовым триады категорий «вещь – свойство – отношение».

Здесь важно отметить, что, как показано в работе [92], «между категориями вещи, свойства и отношения существует зависимость», выраженная «треугольником» А.И. Уеова. В этой же работе доказано, что центральной категорией «фундаментальной триады А.И. Уеова», и, соответственно,

⁵ Южный Ю. (2023) Электронная структура атомов и химическая структура элементов построены одинаково. [online] Available at: <https://dzen.ru/a/ZCap-sWD9l4bDO5U> [Accessed 11.03.2025].

⁶ Jalview Home Page – Jalview. [online] Available at: <https://www.jalview.org> [Accessed 10.03.2024].

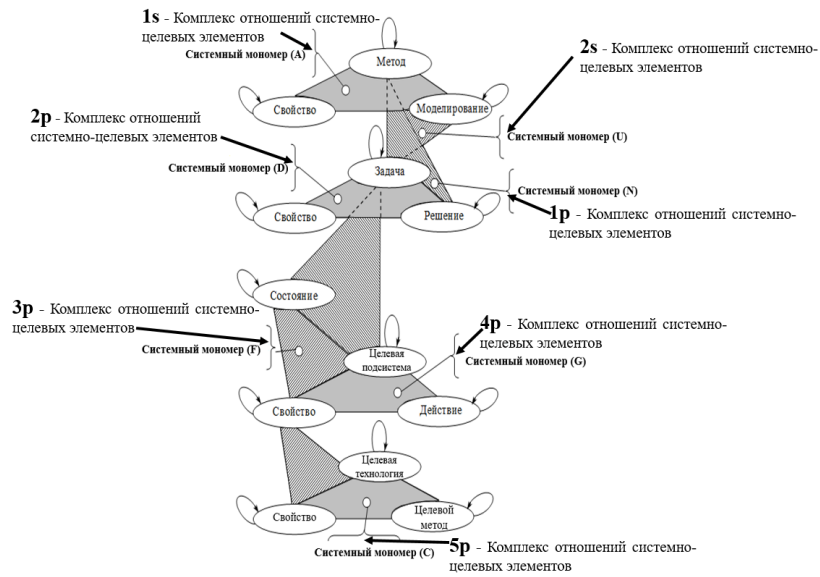


Рис. 10. Базовая модель системного анализа и синтеза сложных объектов киберсоциальных метаэкосистем [90]
 Fig. 10. Basic model of system analysis and synthesis of complex objects of cybersocial metaecosystems [90]

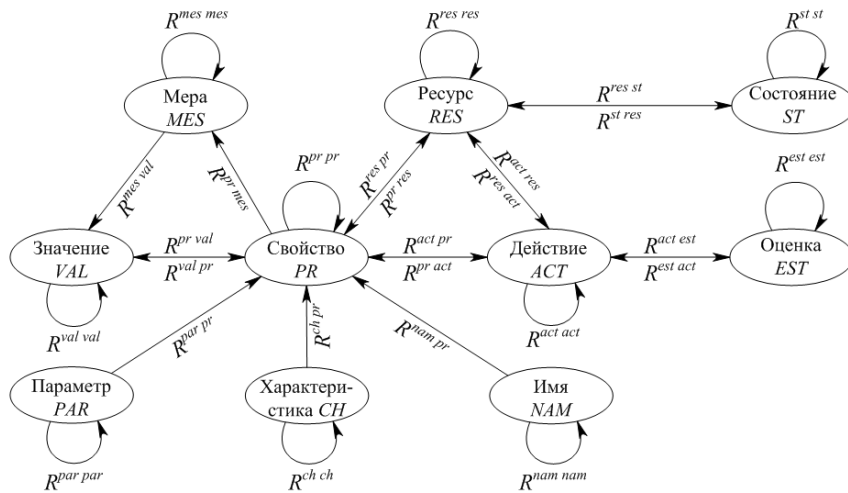


Рис. 11. Пример обобщенной модели когнитивного фрейма «метод – целевая подсистема» [9]
 Fig. 11. Example of a generalized model of the cognitive frame “method – target subsystem” [9]

как ее производных: обобщенной базисной модели системного анализа и синтеза сложных объектов киберсоциальных экосистем (рис. 10) и модели когнитивного фрейма (рис. 11) – является понятие отношения (системообразующая категория по А.И. Уемову) (рис. 12).

В работах [3, 4, 6, 9] рассмотрен комплекс успешных примеров применения различных типов моделей когнитивных фреймов. В настоящее время, как отмечено в работе [6], разработана база знаний, состоящая более чем из 100 когнитивных фреймов. В работе [28] рассмотрена классификация базовых отношений когнитивных фреймов $R = \{R^{res\ res}, R^{pr\ pr}, R^{act\ act}, R^{res\ pr}, R^{pr\ res}, R^{res\ act}, R^{act\ res}, R^{act\ pr}, R^{pr\ act}\}$, где $R^{res\ res}$, $R^{pr\ pr}$, $R^{act\ act}$, $R^{res\ pr}$, $R^{pr\ res}$, $R^{res\ act}$, $R^{act\ res}$, $R^{act\ pr}$, $R^{pr\ act}$ – множества отношений «ресурс–ресурс», «свойство–свойство», «действие–действие», «ресурс–свойство»,

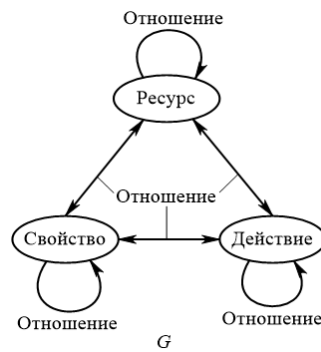


Рис. 12. Фундаментальное категориальное ядро «ресурс – свойство – действие – отношение» [93]

Fig. 12. Fundamental categorical core “resource – property – action – relationship” [93]

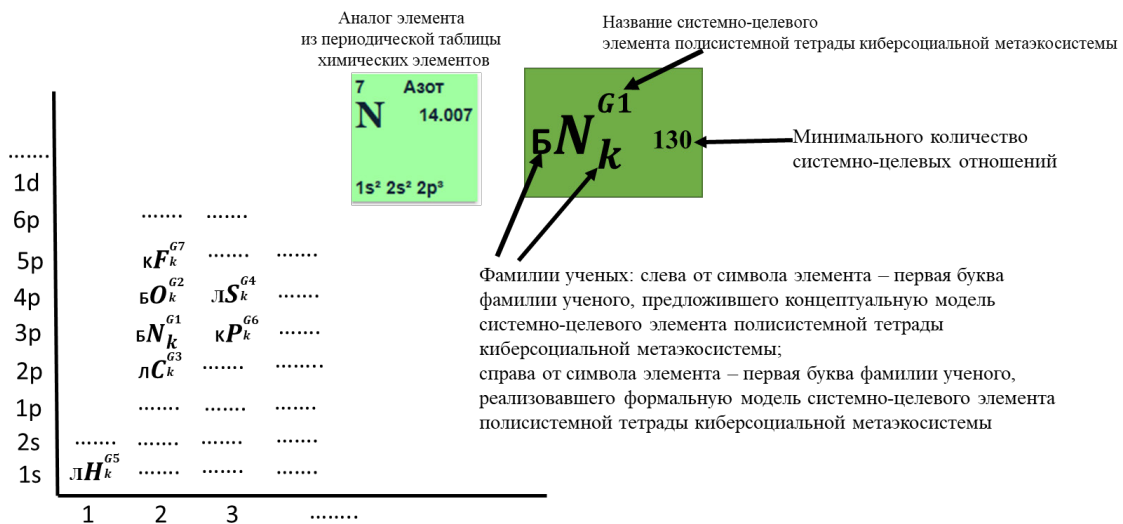


Рис. 13. Периодическая таблица системно-целевых элементов полисистемной тетрады киберсоциальных метаэкосистем

Fig. 13. Periodic table of system-target elements of the polysystem tetrad of cybersocial metaecosystems

«свойство–ресурс», «ресурс–действие», «действие–ресурс», «действие–свойство», «свойство–действие» соответственно. А в работе [9] представлена расширенная классификация отношений когнитивных фреймов на основе семантических отношений и методов их системно-синергетической гибридизации, а также предложена классификация отношений, разработанная в рамках обобщенной базисной модели системного анализа и синтеза сложных объектов киберсоциальных экосистем (рис. 13).

На следующем этапе исследований авторы поставили задачу разработать, по аналогии с представленной на рис. 9 периодической таблицей химических элементов на основе электронных конфигураций атома, периодическую таблицу системно-целевых элементов полисистемной тетрады киберсоциальных метаэкосистем (ПТСЦЭ-ПТКМ), представленную на рис. 13.

На рис. 13 представлено также обозначение (справа в верхнем углу) системно-целевых элементов полисистемной тетрады киберсоциальных метаэкосистем (СЦЭ-ПТКМ). На данном этапе исследований авторы оставили аналогию между символами СЦЭ-ПТКМ и символами химических элементов периодической таблицы на основе электронных конфигураций атома (рис. 9). К настоящему времени разработаны концептуальные и формальные модели для семи

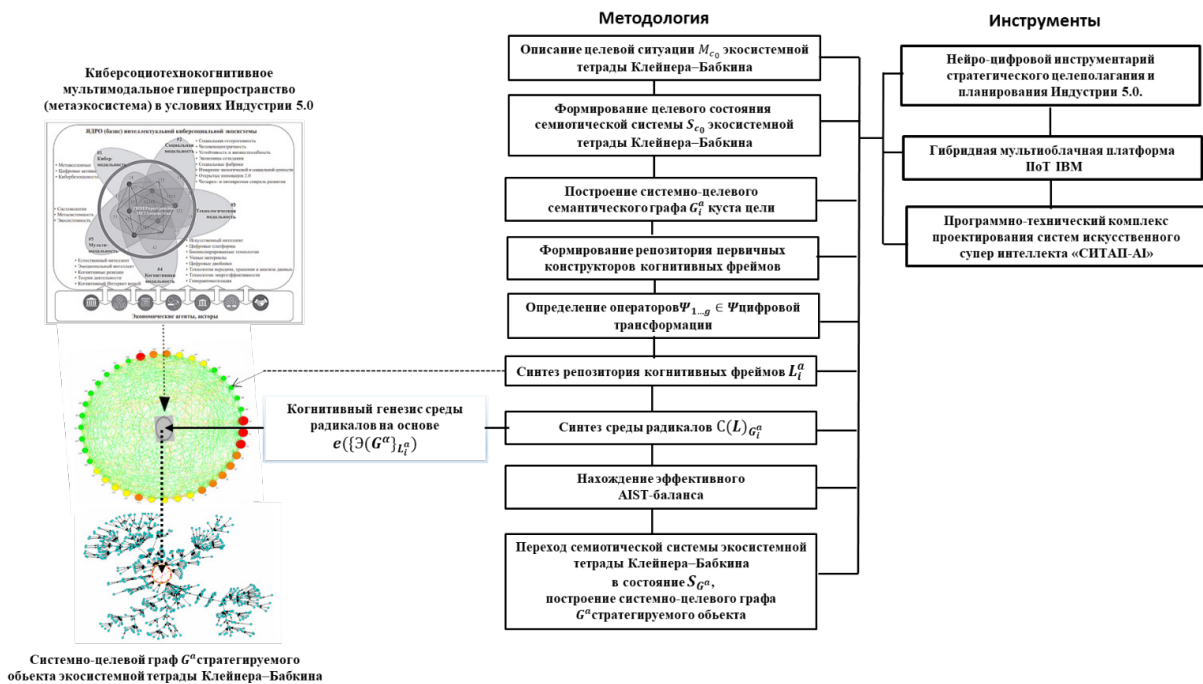


Рис. 14. Системно-целевая схема создания системной тетрады киберсоциальных экосистем [9]

Fig. 14. System-target scheme for creating a system tetrad of cybersocial ecosystems [9]

основных элементов ПТСЦЭ-ПТКМ (рис. 13). Разработка ПТСЦЭ-ПТКМ продолжается. По мере ее создания соответствующие исследования будут представлены в последующих научных работах авторов.

Для разработки ПТСЦЭ-ПТКМ авторы статьи применили инструментарий полисистемного анализа и синтеза системных тетрад киберсоциальных экосистем (рис. 14), подробно рассмотренный в [9].

Было исследовано 14 различных типов системных тетрад киберсоциальных экосистем, реализованных либо находящихся в стадии реализации крупнейших компаний мира (пример системной тетрады киберсоциальной метаэкосистемы SpaceX представлен на рис. 15), а также выполнен анализ более 1500 прикладных когнитивных фреймов, реализующих элементы (киберфизических систем, элементов когнитивного производства и т.д. [9]) прикладных системных тетрад киберсоциальных экосистем.

Основная задача проведенных исследований состояла в создании таблицы аналогий (табл. 1) между электронными конфигурациями атомов химических элементов периодической таблицы (1s, 2s, 1p, ... (рис. 9)) и комплексов отношений фундаментальных категориальных ядер СЦЭ-ПТКМ (рис. 13). Данная таблица была разработана на основе применения модели энтропийного коллапса [30] в рамках системно-целевой схемы создания системной тетрады киберсоциальных экосистем (рис. 14).

На данный момент авторы решили оставить соответствие обозначений комплекса отношений фундаментальных категориальных ядер СЦЭ-ПТКМ (табл. 1) обозначениям электронных конфигураций атомов химических элементов в периодической таблице химических элементов на основе электронных конфигураций атома. Таблица 1 в данный момент находится в стадии активной разработки. По мере ее создания соответствующие исследования будут представлены в последующих научных работах.

Таблица 1. Таблица аналогий между электронными конфигурациями атомов химических элементов и комплексом отношений фундаментальных категориальных ядер СЦЭ-ПТКМ
Table 1. Table of analogies between the electron configurations of atoms of chemical elements and the complex of relations of fundamental categorical cores of the STE-PTCM

Обозначение электронных конфигураций атомов химических элементов (рис. 9)	Комплекс отношений фундаментальных категориальных ядер СЦЭ-ПТКМ	
	Методологический базис	Обозначение
1s	Комплекс базовых отношений фундаментального категориального ядра модели «Мир методов моделирования», подробно представлен в работе [28]	1s
2s	Комплекс базовых отношений фундаментального категориального ядра модели «Мир моделирования», подробно представлен в работе [4], уровень крупнозернистой гибридизации знаний, подробно представлен в работе [28]	2s
1p	Комплекс базовых отношений фундаментального категориального ядра модели «Мир решения задач», подробно представлен в работе [4], уровень интеллектуальной системности знаний M_1 , подробно представлен в работе [4]	1p
2p	Комплекс базовых отношений фундаментального категориального ядра модели «Мир задач», подробно представлен в работе [28], уровень интеллектуальной системности знаний M_2 , подробно представлен в работе [4]	2p
3p	Комплекс отношений фундаментального категориального ядра модели «Мир ресурсов, свойств, процессов», подробно представлен в работе [28], уровень интеллектуальной системности знаний M_1 , подробно представлен в работе [4]	3p
4p	Комплекс отношений фундаментального категориального ядра модели «Мир состояний и поведения», подробно представлен в работе [28], уровень интеллектуальной системности знаний M_1 , подробно представлен в работе [4]	4p
5p	Комплекс базовых отношений фундаментального категориального ядра модели «Мир решения задач», подробно представлен в работе [28], уровень интеллектуальной системности знаний M_3 , подробно представлен в работе [4]	5p
6p	Комплекс отношений фундаментального категориального ядра, уровень «Технологическая модальность» концептуальной модели интеллектуальной («умной») экосистемы на основе киберсоциотехнокогнитивного мультимодального гиперпространства (метаэкосистемы) в условиях Индустрии 5.0 [2]	Находится в начальной стадии разработки. Обозначение отсутствует
1d	Комплекс отношений фундаментального категориального ядра, уровень «Мультимодальность» концептуальной модели интеллектуальной («умной») экосистемы на основе киберсоциотехнокогнитивного мультимодального гиперпространства (метаэкосистемы) в условиях Индустрии 5.0 [2]	Находится в начальной стадии разработки. Обозначение отсутствует

Разработка табл. 1 позволила провести функциональную аналогию между СЦЭ-ПТКМ (определяющих состав «жизни» киберсоциальных метаэкосистем, различных классов [9]) и основными биогенными элементами периодической таблицы химических элементов на основе электронных конфигураций атома (рис. 8), определяющих состав жизни на земле, таких как: азот, кислород, углевод, водород.

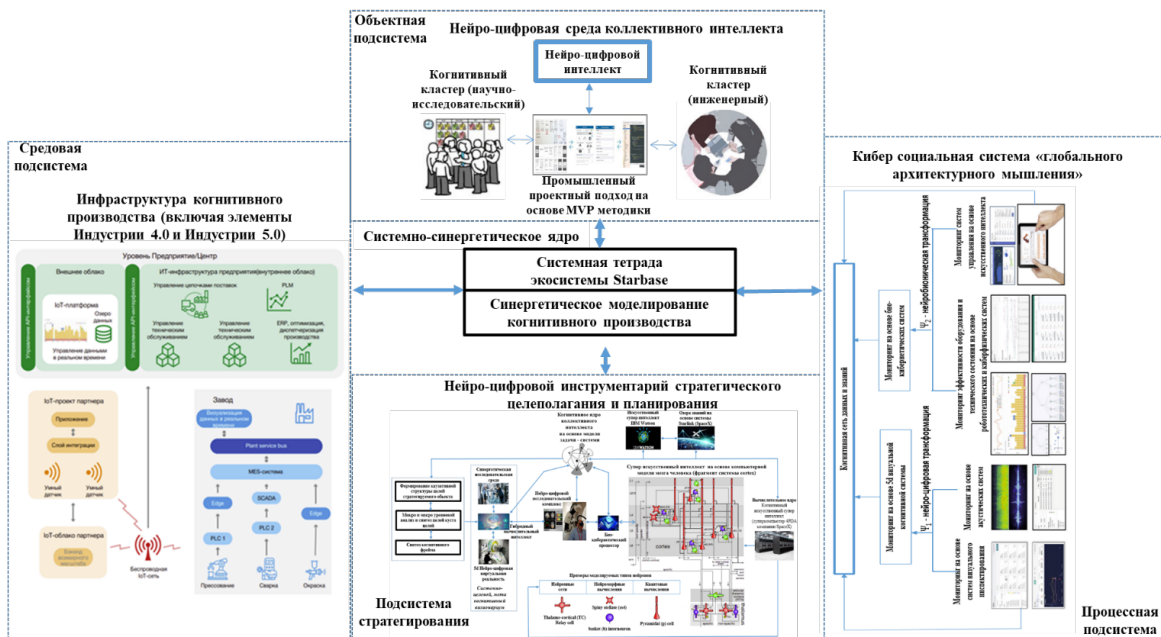


Рис. 15. Архитектура ПТКМ Starbase [9]
 Fig. 15. Architecture of the Starbase PTCM [9]

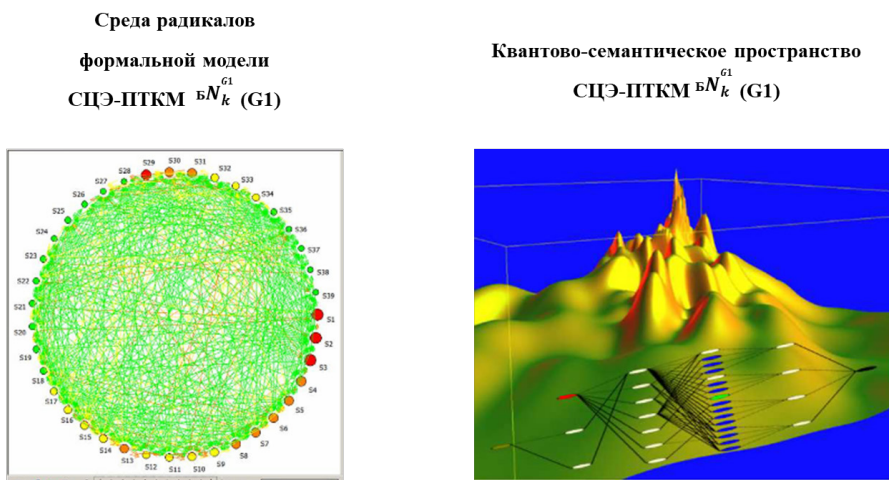


Рис. 16. Пример базовой структуры формальной модели СЦЭ-ПТКМ ${}^B N_k^{G1}$
 Fig. 16. Example of the basic structure of the formal model of the STE-PTCM ${}^B N_k^{G1}$

В настоящее время на основе применения системно-целевой схемы создания системной тетрады киберсоциальных экосистем (рис. 16) разработаны полнофункциональные формальные модели для семи СЦЭ-ПТКМ.

На рис. 16 показан пример среды радикалов формальной модели СЦЭ-ПТКМ ${}^B N_k^{G1}$ (включающая 39 радикалов-доменов [9]), представляющей базовую структуру формальной модели СЦЭ-ПТКМ ${}^B N_k^{G1}$, разработанную на основе применения системно-целевой схемы создания системной тетрады киберсоциальных метаэкосистем (рис. 14).

На рис. 17а представлен пример радикала-домена элемента ${}^L C_k^{G3}$, а на рис. 17б – пример радикала-домена ${}^L C_k^{G3} - {}^B N_k^{G1}$, представляющих динамические системопаттерны, построенные

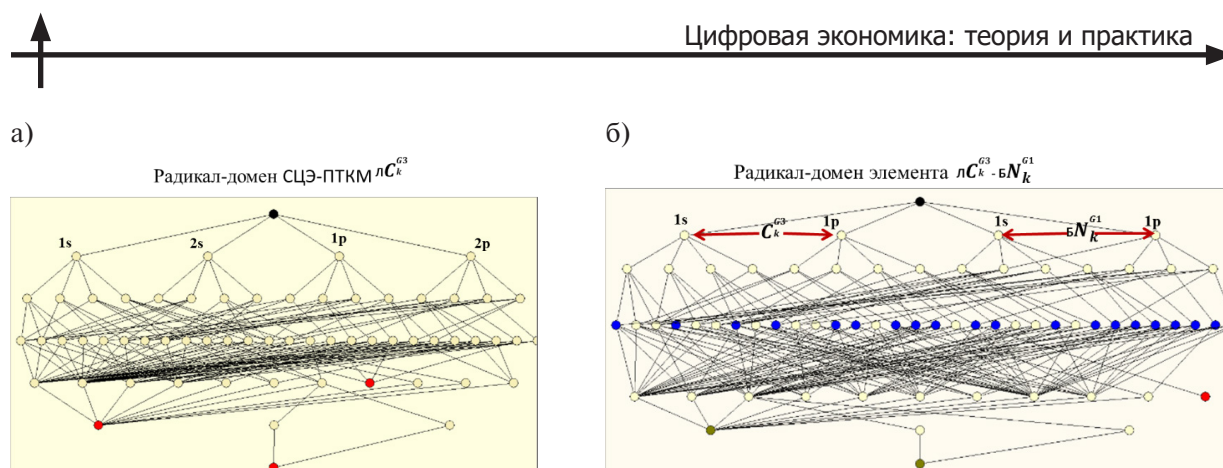


Рис. 17. Примеры радикалов-доменов, представляющих динамические системоаттерны, построенные на основании применения алгоритма ОПТИМА

Fig. 17. Examples of domain radicals representing dynamic system patterns constructed based on the application of the OPTIMA algorithm

на основании применения алгоритма ОПТИМА, который «обеспечивает построение структурно-завершенного орграфа доменов с минимальной структурной энтропией на множестве $\{(G\sim)^+\}$ » [30].

На рис. 17б представлен пример аналога пептидной (группы C–N) связи в аминокислотном остатке входящих в состав белков живых организмов [24]. Потенциальная возможность моделирования таких базовых структур нуклеотидов, входящих в состав ДНК живых организмов, позволила авторам статьи реализовать представленный в табл. 2 комплекс полисистемных аминокислот (аналог аминокислот, входящих в состав белков живых организмов [24]) ПТКМ.

Таблица 2. Комплекс полисистемных аминокислот ПТКМ
Table 2. Complex of polysystemic amino acids PTCM

Аминокислота	Аббревиатура	Аббревиатура полисистемных аминокислот ПТКМ
Лейцин	Leu, L	GL1
Серин	Ser, S	GS1
Глутамин	Gln, Q	GQ1
Аспарагиновая кислота	Asp, D	GD1
Аспарагин	Asn, N	GN1
Фенилаланин	Phe, F	GF1
Аланин	Ala, A	GA1
Лизин	Lys, K	GK1
Аргинин	Arg, R	GR1
Гистидин	His, H	GH1
Цистеин	Cys, C	GC1
Пролин	Pro, P	GP1
Метионин	Met, M	GM1
Треонин	Thr, T	GT1

На рис. 18 представлен пример радикала-домена полисистемной аминокислоты GM1 (аналог метионина) ПТКМ. Пример функциональных особенностей радикала-домена полисистемной аминокислоты GM1 представлен в следующем разделе.

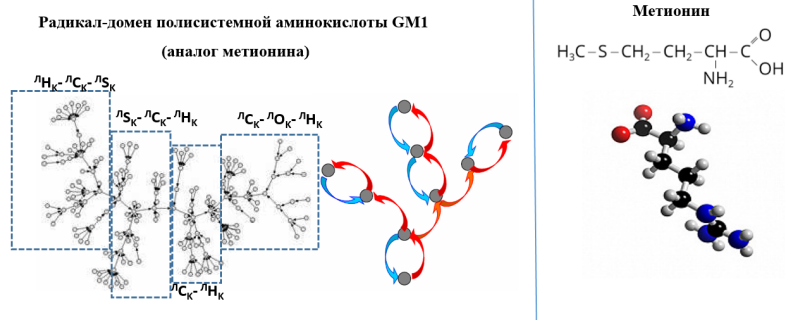


Рис. 18. Пример радикала-домена полисистемной аминокислоты GM1 (аналог метионина) ПТКМ
 Fig. 18. Example of domain radical of the polysystemic amino acid GM1 (analog of methionine) PTCM

К настоящему времени авторам удалось в различных стадиях завершения реализовать 14 (табл. 3) полисистемных аминокислот ПТКМ, позволивших провести комплекс интересных прикладных исследований, представленных в следующем разделе статьи.

В работе [90] представлены основы создания системных мономеров (аналог нуклеотидов в геноме живого организма) и системных кодонов (аналог кодона (кодирующего тринуклеотида) в геноме живого организма [17]). На основе данных положений авторами статьи были разработаны обобщенные варианты полисистемных кодонов ПТКМ (табл. 3), а также когнитивная генетическая модель ПТКМ (рис. 19), представляющая гетерогенную генно-нейронную сеть [30].

Таблица 3. Обобщенные варианты полисистемных кодонов ПТКМ
Table 3. Generalized variants of polysystemic codons of PTCM

Нуклеотид	Полисистемный кодон ПТКМ
Аденин (A)	AG1
Гуанин (G)	GG1
Тимин (T)	TG1
Цитозин (C)	CG1

Для реализации когнитивной генетической модели ПТКМ был разработан специальных нейро-цифровой метод метагеномного исследования ПТКМ, а также инструментальная программная система SITAP/Gen3 [90].

Практика развертывания Индустрии 6.0

В работе [9] отмечено, что параллельно с фундаментальными, теоретическими исследованиями, в рамках создания системного генома киберсоциальных метаэкосистем, важное значение имеет разработка методов и проведение комплекса прикладных (экспериментальных) исследований. В этой же работе представлен пример создания тестового варианта «Полисистемной тетрады киберсоциальной метаэкосистемы Индустрии 5.0» компании ООО «ТЕХНО ТЮБ», реализованного в рамках проекта ПНИЭР (№ 075-15-2019-1499) по теме «Организация в Калининградской области нового экологически сбалансированного наукоемкого инновационного промышленного производства сварных труб специального назначения из нержавеющей марок сталей, титана и жаропрочных сплавов с применением высокоскоростной лазерной сварки и последующей высокопроизводительной термической и химико-термической обработки». Проведенные исследования «показали, что разработанный тестовый вариант системной тетрады киберсоциальной

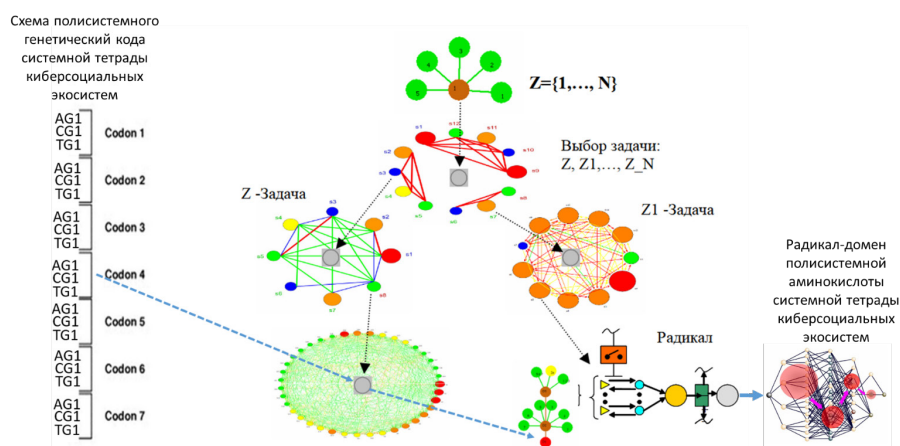


Рис. 19. Когнитивная генетическая модель полисистемного генома ПТКМ

Fig. 19. Cognitive genetic model of the polysystemic genome of PTSM

метаэкосистемы Индустрии 5.0 компании ООО «ТЕХНО ТЮБ», на основе системного генома киберсоциальных промышленных метаэкосистем, позволит создать принципиально новый тип технологии и организации высокотехнологичного производства лазерно-сварных труб в РФ» [90]. В рамках данного проекта «авторами была разработана специальная версия программного комплекса „СИТАП-АИ-Геном“» [90], а также нейро-цифровой метод метагеномного исследования SITAP/Gen3 [90], предназначенный для интегрированных исследований системного генома киберсоциальных метаэкосистем, расчета и оптимизации AIST-баланса [6], эволюционной энтропии и других характеристик киберсоциальных метаэкосистем. Работы в рамках данного проекта продолжаются.

Параллельно данному проекту авторами проводятся прикладные исследования, начатые еще в работах [3, 9, 14], в области создания полисистемной тетрады и полисистемного генома киберсоциальной метаэкосистемы Starbase компании SpaceX.

Метаэкосистема Starbase SpaceX⁷ – это промышленный и пусковой комплекс ракет, который служит основным местом испытаний и производства ракет-носителей Starship⁸, а также штаб-квартирой компании SpaceX. Метаэкосистема Starbase SpaceX находится в стадии почти непрерывного развития с конца 2010-х годов и включает в себя космодром, производственный комплекс и испытательный полигон.

В работе [9] рассмотрена архитектура ПТКМ Starbase, которая включает в себя комплекс элементов, подробно представленных в соответствующих научных работах:

- инфраструктура когнитивного производства (включая элементы Индустрии 4.0 и Индустрии 5.0) компании SpaceX представлена в работе [9];
- нейро-цифровая среда коллективного интеллекта представлена в работах [3, 9];
- киберсоциальная система «глобального архитектурного мышления» компании SpaceX представлена в работе [3];
- нейро-цифровой инструментарий стратегического целеполагания и планирования представлен в работе [3, 9].

В рамках проекта Starship HLS (Human Landing System)⁹ потребовалось решение комплекса сложных метатехнологических [1], инновационных, научно-технологических и т.д. задач [9] как в области создания принципиально новых видов ракетно-космической техники на основе космического корабля Starship, так и в области модернизации инфраструктуры и производственных

⁷ SpaceX Starbase. *Wikipedia*. [online] Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/SpaceX_Starbase [Accessed 3.10.2024].

⁸ SpaceX Starship. *Wikipedia*. [online] Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/SpaceX_Starship [Accessed 3.10.2024].

⁹ Starship HLS. *Wikipedia*. [online] Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Starship_HLS [Accessed 3.10.2024].

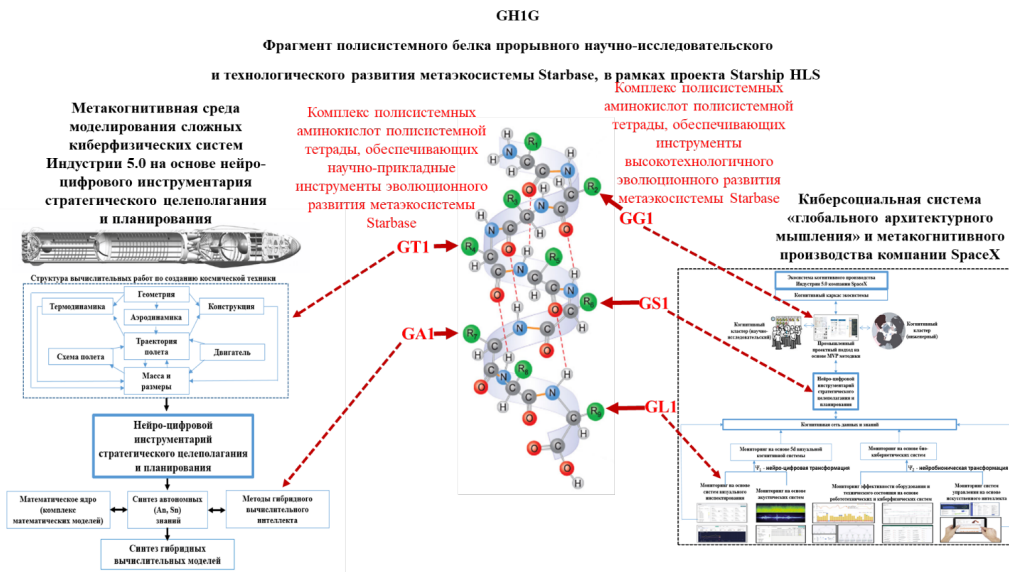


Рис. 20. Структура GH1G – полисистемного белка ПТКМ, прорывного научно-исследовательского и технологического развития метаэкосистемы Starbase в рамках проекта Starship HLS
 Fig. 20. Structure of GH1G – polysystemic protein of PTKM, breakthrough scientific research and technological development of the Starbase metacosystem within the framework of the Starship HLS project

процессов метаэкосистемы Starbase. Проект Starship HLS разрабатывается и строится компанией SpaceX в рамках контракта NASA по Human Landing System в качестве важнейшего элемента программы NASA Artemis по высадке на Луну¹⁰. Авторы статьи считают, что такой проект может стать прекрасной основой для будущих фундаментальных, теоретических и прикладных исследований в рамках разработки концепции Индустрии 6.0 и прикладных инструментов. Внимательно проанализировав все аспекты данного проекта, авторы на данном этапе исследований сделали акцент на создание специального инструментария, обеспечивающего особый вид системно-целевого взаимодействия [9] между представленной на рис. 20 метакогнитивной средой моделирования сложных киберфизических систем Индустрии 5.0 и центральными элементами архитектуры ПТКМ Starbase, рассмотренными в работах [3, 9]. На рис. 20 представлена соответственно структура GH1G – полисистемный белок ПТКМ, обеспечивающий прорывное научно-исследовательское и технологическое развитие метаэкосистемы Starbase в рамках проекта Starship HLS, и прикладная ДНК-модель метаэкосистемы Starbase (2019–2024 годы), полученная на основе применения GH1G (рис. 21).

Эволюционное моделирование развития метаэкосистемы Starbase (2019–2024 годы) на основе GH1G полисистемного белка ПТКМ выполнялось с использованием программы Jalview – бесплатной кроссплатформенной программы для редактирования, визуализации и анализа множественных выравниваний последовательностей¹¹. На рис. 22 представлена прикладная ДНК-модель полисистемного белка GH1G ПТКМ Starbase (2019–2024 годы).

В процессе эволюционного моделирования развития метаэкосистемы Starbase (2019–2024 годы) (рис. 22) была взята последовательность первых 14 полисистемных полиаминоксилот (табл. 2) GH1G (цепь А). Каждая аминокислота GH1G связана с определенным комплексом процессов модернизации центральных элементов ПТКМ Starbase (рис. 21). Например, в работе [94] подробно рассмотрены «проблемы производительности проекта Starship/Super Heavy, связанные в том числе с очень высокой частотой событий, исходящих на производственных ячейках, а также большим

¹⁰ Ibid.

¹¹ Jalview [online] Available at: <https://www.jalview.org/Jalview> [Accessed 3.10.2024].

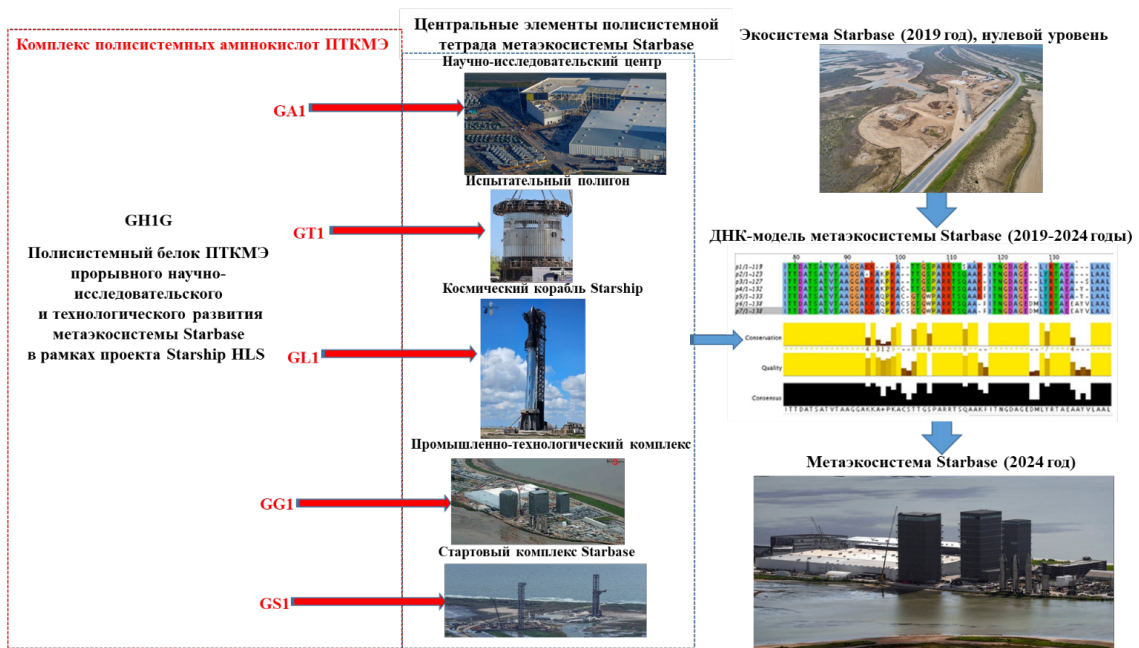


Рис. 21. Прикладная ДНК-модель ПТКМ Starbase (2019–2024 годы) на основе полисистемного белка GH1G
 Fig. 21. Applied DNA model of the Starbase PTCM (2019–2024) based on the polysystemic protein GH1G

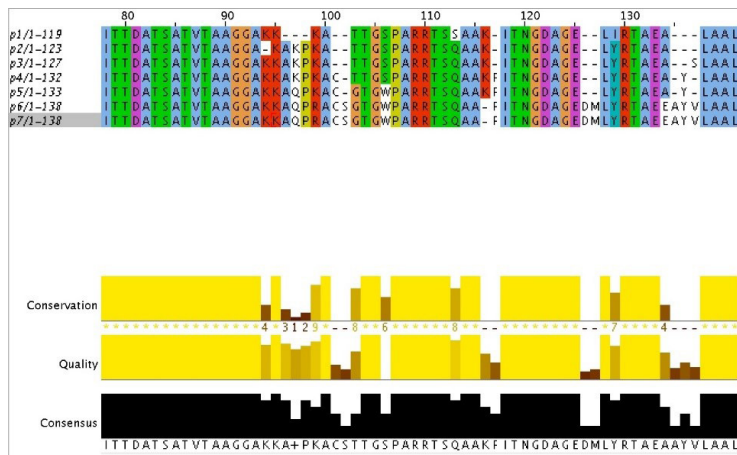


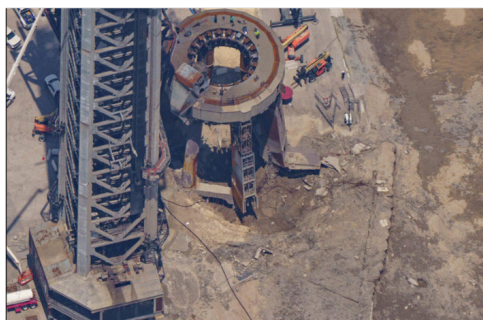
Рис. 22. Прикладная ДНК-модель полисистемного белка GH1G ПТКМ Starbase (2019–2024 годы)
 Fig. 22. Applied DNA model of the polysystemic protein GH1G PTCM Starbase (2019–2024)

количеством производственных аномалий, потенциальных дефектов и других проблем» (рис. 20). В 2023 году во время первого запуска системы Starship/Super Heavy возникли критические проблемы в рамках одной из центральных ячеек («стартового стола») промышленно-технологического комплекса метаэкосистемы Starbase (рис. 23). Применение полисистемной аминокислоты GL1 полисистемного белка GHG1 (табл. 2) в процессе эволюционного моделирования развития метаэкосистемы Starbase (2019–2024 годы) в качестве одного из сайтов мутаций (рис. 22) позволило решить данные проблемы за счет создания принципиально новой водяной системы (рис. 23).

Данный пример демонстрирует потенциальную возможность успешного применения методов эволюционного моделирования и биоинформатики¹² на основе прикладной ДНК-модели

¹² Ibid.

Критические проблемы стартового стола промышленно-технологического комплекса метаэкосистемы Starbase, проявившиеся во время первого запуска системы Starship/Super Heavy



Прорывная водяная система стартового стола промышленно-технологического комплекса метаэкосистемы Starbase



Рис. 23. Применение полисистемной аминокислоты GL1 при решении критических проблем стартового стола промышленно-технологического комплекса метаэкосистемы Starbase

Fig. 23. Application of the polysystemic amino acid GL1 in solving critical problems of the launch pad of the industrial-technological complex of the Starbase metaecosystem

полисистемного белка GH1G ПТКМ Starbase (2019–2024 годы) для решения задач прорывного научно-исследовательского и технологического развития метаэкосистемы Starbase.

В процессе эволюционного моделирования развития метаэкосистемы Starbase в программе Jalview с помощью команды msbar было создано семь поколений белков GH1G ПТКМ с семью сайтами мутаций на поколение (рис. 22). Каждое поколение полисистемного белка GH1G ПТКМ представляет системно-целевую стратегию эволюционного развития метаэкосистемы Starbase (2019–2024 годы), полученную на основе применения нейро-цифрового инструментария стратегического целеполагания и планирования Индустрии 5.0/6.0 на основе коллективного интеллекта [3, 9]. В табл. 4 представлены первые 10 мутаций с указанием поколения, в котором они случались.

Таблица 4. Мутации поколений полисистемного белка GH1G ПТКМ Starbase (2019–2024 годы)
Table 4. Mutations in generations of the polysystemic protein GH1G PTCM Starbase (2019–2024)

Номер позиции	Первоначальная полисистемная аминокислота ПТКМ	Замененная полисистемная аминокислота ПТКМ	На каком этапе эволюции
1	GM1	GS1	p3-p4
10	GH1	GN1	p2-p3
14	GL1	—	p5-p6
22	—	GL1	p5-p6
27	—	GR1	p5-p6
28	GC1	GQ1	p4-p5
30	—	GT1	p4-p5
35	GD1	GF1	p2-p3
40	—	GS1	p5-p6
43	—	GW1	p2-p3

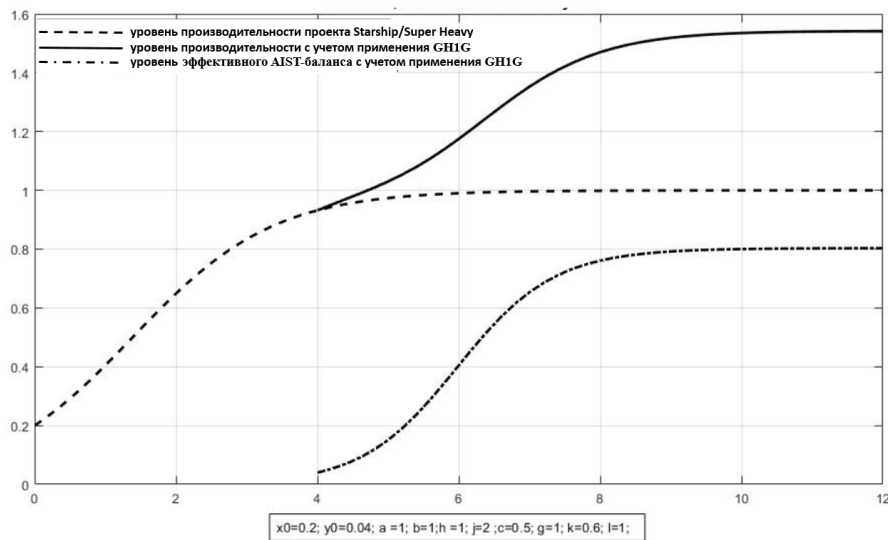


Рис. 24. Модель экономической коэволюции ПТКМ Starbase
 Fig. 24. Starbase PTCM economic co-evolution model

Таким образом, была получена консенсусная последовательность¹³ (рис. 22, Consensus) полисистемного GH1G белка ПТКМ Starbase, применение которой позволило создать оптимальную, существующую в данный момент (ноябрь 2024 года) инфраструктуру метаэкосистемы Starbase.

Для доказательства эффективности применения полисистемного GH1G белка ПТКМ была разработана модель экономической коэволюции ПТКМ Starbase. В основу данной модели был положен подход, предложенный в работе, в рамках которого предложена разноуровневая характеристика коэволюционных процессов – «диффузная коэволюция», основанная на генезисе знаний [4] между взаимодействующими популяциями и «коэволюциями экономических агентов», позволяющая выявить особенности взаимосвязи между инновациями и взаимодействием отдельных экономических агентов, а не их популяций. Математическая модель экономической коэволюции ПТКМ Starbase имеет следующий вид:

$$\frac{dx}{dt} = ax - bx^2 + \frac{cxy}{1 + ky}; \tag{1}$$

$$\frac{dy}{dt} = ey - fy^2 + \frac{gxy}{1 + ly}; \tag{2}$$

$$x(0) = x_0, \quad y(0) = y_0. \tag{3}$$

Все коэффициенты, обозначенные латинскими буквами, неотрицательны. В рамках данной модели $x(t)$ – числовая характеристика, определяющая уровень производительности проекта Starship/Super Heavy (подробно представленная в работе [3]), соответственно, $y(t)$ – уровень развития проекта Starship/Super Heavy в результате применения полисистемного GH1G белка ПТКМ Starbase (рис. 24), рассчитываемый на основе модели нахождения эффективного AIST-баланса ПТКМ Starbase [9].

Коэффициенты a, e отражают внутреннюю скорость роста уровней производительности проекта Starship/Super Heavy и эффективного AIST-баланса ПТКМ метаэкосистемы Starbase без

¹³ Консенсусная последовательность Википедия. [online] Available at: [https:// ru.wikipedia.org/wiki/Консенсусная_последовательность](https://ru.wikipedia.org/wiki/Консенсусная_последовательность) [Accessed 3.10.2024]. (in Russian).

учета влияния друг на друга. Коэффициенты b, f регулируют замедление неограниченного роста уровней в силу проблем «дредноута проекта Starship/Super Heavy». Величина a/b определяет максимальный уровень (емкость) развития производительности проекта Starship/Super Heavy. Аналогично для второго уравнения величина e/f определяет максимальный уровень эффективного AIST-баланса ПТКМ Starbase. Третье слагаемое описывает рост уровней в результате взаимодействия, причем учтен эффект насыщения уровней. Коэффициенты c, k, g в третьем слагаемом отражают взаимное влияние сущностей на динамику друг друга, т. е. их коэволюцию.

Эксперимент, выполненный в вычислительной среде MatLab, показал следующие результаты (рис. 24).

На рис. 24 видно, что первоначально уровень производительности проекта Starship/Super Heavy растет до уровня, ограниченного ресурсной обеспеченностью (пунктирная линия). Затем за счет применения полисистемного GHIГ белка ПТКМ Starbase уровень производительности проекта Starship/Super Heavy получает новый стимул для дальнейшего развития (сплошная линия) на основе гиперповышения уровня эффективного AIST-баланса ПТКМ Starbase.

В следующей работе авторы рассмотрят развитие данной модели коэволюции, позволяющей выявить особенности влияния когнитивных кластеров киберсоциальной системы «глобального архитектурного мышления» и метакогнитивного производства компании SpaceX [3].

Заключение

С учетом изложенного в статье представлены следующие основные результаты:

1. Методология Индустрии 6.0 раскрыта как система взглядов, охватывающая сущность, содержание, ядро, объект, цели и отличительные технологии данной концепции. Основное внимание уделено ЧИМЭ-конвергенции, которая объединяет человека, искусственный сверхинтеллект и метаэкосистему. Методология включает использование принципов ДНК-инженерии в контексте киберсоциальных метаэкосистем, что позволяет задействовать подходы генетической инженерии, синергетические и когнитивные технологии в расширенном междисциплинарном формате. Эта система взглядов служит фундаментом для дальнейшего научного и практического изучения Индустрии 6.0.

2. Разработан комплекс прикладных инструментов, включая:

- периодическую таблицу системно-целевых элементов полисистемной тетрады киберсоциальных метаэкосистем (ПТСЦЭ-ПТКМ), которая обеспечивает структуризацию и унификацию ключевых элементов;

- модели полисистемных белков, аминокислот и кодонов, создающих когнитивный геном в форме гетерогенной генно-нейронной сети;

- экспериментальные модели, адаптированные для анализа и прогнозирования коэволюционных процессов в нейросфере, что открывает новые возможности для управления экономическими и социальными системами.

3. Предложенные технологии и инструменты апробированы на примерах:

- тестового варианта «Полисистемной тетрады киберсоциальной метаэкосистемы Индустрии 5.0/6.0» в компании ООО «ТЕХНО ТЮБ»;

- разработки структуры GHIГ – полисистемного белка, который используется для научно-технологического развития метаэкосистемы Starbase в рамках проекта Starship HLS.

Практические результаты подтвердили эффективность применения предложенных инструментов, продемонстрировали их значительный научный и технологический потенциал, а также возможность формирования устойчивых моделей экономической коэволюции.

Генетика биологического объекта как основа жизни во Вселенной представляет собой всеобщий язык системно-целевой структуризации и представления информации (например, на уровне атомных структур химических элементов это взаимосвязанный комплекс волновых функций).



По мнению авторов, было бы упущением не попытаться использовать этот «язык Бога» при моделировании киберсоциальных метаэкосистем и нейросферы. Конечно, применение такого подхода к принципиально отличному от живых объектов типу неживой материи связано с рядом серьезных трудностей. Однако, как показывают исследования, данные трудности преодолимы. К тому же опыт использования генетических алгоритмов демонстрирует принципиальную возможность успешного применения генетических подходов в областях, отличных от биологической материи.

Направления дальнейших исследований

Авторы хотели бы отметить, что предстоят серьезные исследования, прежде чем предложенные в данной научной работе основы концепции Индустрии 6.0 на основе ДНК-инженерии киберсоциальных метаэкосистем превратятся в научную теорию. Авторы понимают, для получения такой теории важно правильно выстроить схему исследований и публикации результатов. В рамках такой сложной схемы авторы в данный момент проводят исследования центральных (системный базис) методологических и технологических элементов концепции Индустрии 6.0. В работе [3] подробно представлена модель нейросферы, состоящая из комплекса взаимодействующих между собой экосистем. Следующая работа авторов под названием «Индустрия 6.0: углубленное исследование полисистемной тетрады киберсоциальных метаэкосистем» будет посвящена, наряду с исследованиями ЧИМЭ-конвергенции, трансформации системной тетрады Индустрии 5.0 в ПТКМ. Результат данной трансформации предполагает формирование особого типа отношений взаимодействия экосистем нейросферы, предполагающего коэволюционную и симбиогенетическую основу с помощью обмена нейро-цифровой энергией между ними. Методологические и инструментальные базисы таких отношений авторы также рассчитывают представить для обсуждения на одной из международных конференций.

Важным этапом в исследованиях концепции Индустрия 6.0, который хотели отметить авторы, является разработка таблицы аналогий между электронными конфигурациями атомов химических элементов и комплексов отношений фундаментальных категориальных ядер системно-целевых элементов ПТСЦЭ-ПТКМ, особенно конфигураций бр, 1d и выше. Разработка элементов данных конфигураций позволит перейти к созданию антропогенных систем.

Авторы также проводят комплекс исследований в области создания прикладных моделей и инструментария экономической коэволюции ПТКМ Starbase. Авторы надеются, что подобные исследования позволят сформулировать новую парадигму коэволюции человека и общества, создав на ее основе качественно новые модели развития экономики, которые бы обеспечивали устойчивое развитие глобальных социально-экономических систем [33].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Квинт В.Л., Бодрунов С.Д. (2021) *Стратегирование трансформации общества: знание, технологии, ноономика*, монография. СПб.: ИНИР им. С.Ю. Витте.
2. 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>
3. Корягин С.И., Ким О.М., Либерман И.В. и др. (2024) Индустрия 5.0: концепция развития инженерного образования на основе применения нейро-цифровых, образовательных экосистем. *Технико-технологические проблемы сервиса*, 2 (68), 85–92.
4. Федоров А.А. и др. (2021) *Основы создания нейро-цифровых экосистем. Гибридный вычислительный интеллект*, Калининград: БФУ им. И. Канта.
5. Турчин В.Ф. (2000) *Феномен науки: кибернетический подход к эволюции*, М.: ЭТС.
6. Бабкин А.В., Федоров А.А., Либерман И.В., Клячек П.М. (2021) Индустрия 5.0: понятие, формирование и развитие. *Экономика промышленности*, 4, 375–395. DOI: <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2021-4-375-395>

7. Kurzweil R. (2024) *The Singularity is Near: When Humans Transcend Biology*, New York: Viking.
8. Соколов Ю.И. (2019) Экзистенциальный риск технологической сингулярности. *Проблемы анализа риска*, 16 (3), 62–77. DOI: <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2019-16-3-62-77>
9. Бабкин А.В., Либерман И.В., Клачек П.М., Шкарупета Е.В. (2023) Индустрия 5.0: Основы создания системной тетрады киберсоциальных экосистем. *Вестник астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика*, 1, 103–120. DOI: <https://doi.org/10.24143/2073-5537-2023-1-103-120>
10. Heylighen F. (1995) (Meta)systems as Constraints on Variation: a classification and natural history of metasytem transitions. *World Futures: the Journal of General Evolution*, 45 (1–4), 59–85. DOI: <https://doi.org/10.1080/02604027.1995.9972554>
11. Schwartz J.M., Begley Sh. (2002) *The Mind and the Brain: Neuroplasticity and the Power of Mental Force*, New York: Harper Collins.
12. Потапов А.С. (2017) Технологическая сингулярность в контексте теории метасистемных переходов. *Компьютерные инструменты в образовании*, 6, 12–24.
13. Roser M. (2023) *Technology over the long run: zoom out to see how dramatically the world can change within a lifetime*. [online] Available at: <https://ourworldindata.org/technology-long-run> [Accessed 06.01.2025]
14. Клачек П.М., Либерман И.В., Корягин С.И. и др. (2024) Индустрия 5.0: развитие сложных киберфизических систем на основе методов гибридного вычислительного интеллекта. *Гибридные и синергетические интеллектуальные системы*, 211–219.
15. Прокопчина С.В. (2016) Принципы и технологии мягкого управления полисистемными средами в условиях ограничения неопределенности. *Управленческие науки*, 6 (1), 17–25.
16. Roco M.C., Bainbridge W.S. (eds.) (2006) *Managing Nano-Bio-Info-Cogno Innovations: Converging Technologies in Society*, Berlin: Springer. DOI: <https://doi.org/10.1007/1-4020-4107-1>
17. Голубовский М.Д. (2000) *Век генетики: эволюция идей и понятий*, СПб.: Борей Арт.
18. Гладков Л.А., Курейчик В.В., Курейчик В.М. (2006) *Генетические алгоритмы*, М.: Физматлит.
19. Primrose B.S., Herod A., Twyman R. (2013) *Gene and Genome Technology*, Oxford: OUP.
20. Rocco M.C., Bainbridge W.S., Tonn B., Whitesides G. (eds.) (2013) *Convergence of Knowledge, Technology and Society: Beyond Convergence of Nano-Bio-Info-Cognitive*, Dordrecht, Heidelberg, New York, London: Springer.
21. Matyushenko I., Khanova O. (2014) Convergence of NBIC-Technologies as a Key Factor in the Sixth Technological Order' Development of the World Economy. *Journal L'Association 1901 «SEPIKE»: Social Educational Project of Improving Knowledge in Economics*, 6, 118–123.
22. Gaudelli N., Komor A., Rees H. et al. (2017) Programmable base editing of A•T to G•C in genomic DNA without DNA cleavage. *Nature*, 551, 464–471 DOI: <https://doi.org/10.1038/nature24644>
23. Doudna J.A., Charpentier E. (2014) The new frontier of genome engineering with CRISPR-Cas9. *Science*, 346 (6213), art. no. 1258096. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1258096>
24. Казначеев В.П., Спиринов Е.А. (1991) *Космопланетарный феномен человечества. Проблемы комплексного изучения*, Новосибирск: Наука.
25. Craig N.L. et al. (2010) *Molecular Biology: Principles of Genome Function*, Oxford Academ / Oxford university press.
26. Scerri E.R. (2007) *The Periodic Table: Its Story and Its Significance*, New York: Oxford University Press.
27. Уемов А.И. (1963) *Вещи, свойства, отношения*, М.: Институт философии АН СССР.
28. Колесников А.В., Кириков И.А., Листопад С.В., Румовская С.Б., Доманицкий А.А. (2011) *Решение сложных задач коммивояжера методами функциональных гибридных интеллектуальных систем*, М.: Изд-во ИПИ РАН.
29. Колесников А.В., Кириков И.А. (2007) *Методология и технология решения сложных задач методами функциональных гибридных интеллектуальных систем*, М.: Изд-во ИПИ РАН.
30. Прокопчук Ю.А. (2012) *Принцип предельных обобщений: методология, задачи, приложения*, монография, Днепрпетровск: Ин-т технической механики НАНУ и НККАУ.
31. Редько В.Г. (2005) *Эволюция, нейронные сети, интеллект: модели и концепции эволюционной кибернетики*, М.: Комкнига.
32. Van den Bergh J., Stagl S. (2003) Coevolution of economic behaviour and institutions: towards a theory of institutional change. *Journal of Evolutionary Economics*, 13, 289–317. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00191-003-0158-8>



33. Lange G.-M., Wodon Q., Carey K. (eds.) (2018) *The Changing Wealth of Nations: Building a Sustainable Future*, Washington, DC: World Bank Group.
34. Singh R., Tyagi A.K., Arumugam S.K. (2024) Imagining the Sustainable Future with Industry 6.0: A Smarter Pathway for Modern Society and Manufacturing Industries. In: *Machine Learning Algorithms Using Scikit and TensorFlow Environments* (eds. P. Baby Maruthi, S. Prasad, A. Tyagi), IGI Global, 318–331. DOI: <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-8531-6.ch016>
35. Акаев А.А., Садовничий В.А. (2021) Человеческий фактор как определяющий производительность труда в эпоху цифровой экономики. *Проблемы прогнозирования*. 1 (184), 45–58. DOI: <https://doi.org/10.47711/0868-6351-184-45-58>
36. Казьмина И.В., Белгородский А.В., Бокорев Ю.Ю. (2023) Предвидение как основа повышения устойчивости функционирования высокотехнологических предприятий. *Организатор производства*, 31 (2), 66–75. DOI: <https://doi.org/10.36622/VSTU.2023.32.59.006>
37. Babica V., Sceulovs D. (2024) Business Processes in the Artificial Transformation of Industry 5.0. *Proceedings of the 15th International Multi-Conference on Complexity, Informatics and Cybernetics: IMCIC 2024*, 170–176. DOI: <https://doi.org/10.54808/IMCIC2024.01.170>
38. Carayannis E.G., Posselt T., Preissler S. (2024) Toward Industry 6.0 and Society 6.0: The Quintuple Innovation Helix with Embedded AI Modalities as Enabler of Public Interest Technologies Strategic Technology Management and Road-Mapping. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 71, 11238–11252. DOI: <http://doi.org/10.1109/TEM.2024.3406427>
39. Lykov A., Cabrera M.A., Konenkov M., Serpiva V. et al. (2024) Industry 6.0: New Generation of Industry driven by Generative AI and Swarm of Heterogeneous Robots. *arXiv:2409.10106*. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2409.10106>
40. Tavakkoli-Moghaddam R., Nozari H., Bakhshi-Movahed A., Bakhshi-Movahed A. (2024) A Conceptual Framework for the Smart Factory 6.0. In: *Advanced Businesses in Industry 6.0* (eds. M. Oskounejad, H. Nozari), Hershey, PA: IGI Global, 1–14. DOI: <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3108-8.ch001>
41. Duggal A.S., Malik P.K., Gehlot A., Singh R. et al. (2022) A sequential roadmap to industry 6.0: Exploring future manufacturing trends. *IET Communications*, 16 (6), 521–531. DOI: <https://doi.org/10.1049/cmu2.12284>
42. Oskounejad M., Nozari H. (eds.) (2024) *Advanced Businesses in Industry 6.0*, Hershey, PA: IGI Global. DOI: <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3108-8>
43. Deshpande S., Jogdand R. (2023) Development of IoT Middleware Broker Communication Architecture for Industrial Automation with Focus on Future Pandemic Possibilities: Industry 5.0. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 1348, 47–58. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-19-4676-9_4
44. Shafik W. (2024) Artificial Intelligence and Internet of Things Roles in Sustainable Next-Generation Manufacturing: An Overview of Emerging Trends in Industry 6.0. In: *Sustainable Innovation for Industry 6.0* (eds. A. Sharma, O. Moses, R. Sharma, S. Gupta), Hershey, PA: IGI Global, 213–246. DOI: <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3140-8.ch012>
45. Pattanaik S., Mohammed M., Sood V. (2024) Artificial intelligence and machine learning in Industry 6.0. In: *Industry 6.0: Technology, Practices, Challenges, and Applications* (eds. C.K.K. Reddy, S. Doss, L. Pamulaparty, K. Lippert, R. Doshi), Boca Raton: CRC Press. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781003517993-2>
46. Arputharaj J.V., John William B.N., Haruna A.A., Prasad D.D. (2024) Exploring the synergy of IoT, AI, and data analytics in Industry 6.0. In: *Industry 6.0: Technology, Practices, Challenges, and Applications* (eds. C.K.K. Reddy, S. Doss, L. Pamulaparty, K. Lippert, R. Doshi), Boca Raton: CRC Press. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781003517993-1>
47. Zahariev P. et al. (2024) Industry 4.0 and Beyond – Present Trends, Emerging Solutions and Future Technologies in the Area of the Industrial Automation. *2024 Joint International Conference on Digital Arts, Media and Technology with ECTI Northern Section Conference on Electrical, Electronics, Computer and Telecommunications Engineering (ECTI DAMT & NCON)*, 525–528. DOI: <https://doi.org/10.1109/ectidamtcon60518.2024.10479988>
48. Reddy C.K.K., Doss S., Pamulaparty L., Lippert K., Doshi R. (eds.) (2024) *Industry 6.0: Technology, Practices, Challenges, and Applications* (eds. C.K.K. Reddy, S. Doss, L. Pamulaparty, K. Lippert, R. Doshi), Boca Raton: CRC Press. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781003517993>
49. Subbiah P., Tyagi A.K., Mazumdar B.D. (2024) The Future of Manufacturing and Artificial Intelligence Industry 6.0 and Beyond. In: *Industry 4.0, Smart Manufacturing, and Industrial Engineering: Challenges and Opportunities* (eds. A. Kumar Tyagi, S. Tiwari, S.S. Ahmad), Boca Raton: CRC Press. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781003473886-18>

50. Reddy M.S., Reddy C.K., Hanafiah M.M. (2024) Climate Change Mitigation and Adaptation Strategies Enhanced by Intelligent Systems in Industry 6.0. In: *Maintaining a Sustainable World in the Nexus of Environmental Science and AI* (eds. B. Singh, C. Kaunert, K. Vig, S. Dutta), Hershey, PA: IGI Global, 201–228. DOI: <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-6336-2.ch008>
51. Fernández-Miguel A., García-Muiña F.E., Settembre-Blundo D. et al. (2024) Exploring Systemic Sustainability in Manufacturing: Geoanthropology’s Strategic Lens Shaping Industry 6.0. *Global Journal of Flexible Systems Management*, 25, 579–600. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40171-024-00404-0>
52. Almusaed A., Yitmen I., Almssad A. (2023) Reviewing and Integrating AEC Practices into Industry 6.0: Strategies for Smart and Sustainable Future-Built Environments. *Sustainability*, 15, art. no. 13464. DOI: <https://doi.org/10.3390/su151813464>
53. Dass A., Mishra A.K., Ranjan R.K. (2024) Small States, Big Impact: A Review of Rising Greenhouse Gases Emission from the Energy Sector in India. *Journal of Clean Energy Technologies*, 1 (1), 43–52. DOI: <https://doi.org/10.3233/jcc240022>
54. Chourasia S., Tyagi A., Pandey S.M. et al. (2022) Sustainability of Industry 6.0 in Global Perspective: Benefits and Challenges. *MAPAN*, 37 (2), 443–452. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12647-022-00541-w>
55. Sharma A., Moses O., Sharma R., Gupta S. (eds.) (2024) *Sustainable Innovation for Industry 6.0*, Hershey, PA: IGI Global. DOI: <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3140-8>
56. Heilala J., Kantola J. (2024) Sustainable Manufacturer Engineering for Industry 6.0. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 849, 75–87. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-49920-3_5
57. Damaševičius R., Misra S. (2024) The Rise of Industry 6.0: Seizing the Opportunities of the Post-COVID-19 Era for Sustainable Manufacturing. In: *Emerging Technologies and Security in Cloud Computing* (eds. D. Lakshmi, A. Tyagi), Hershey, PA: IGI Global, 478–494. DOI: <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-2081-5.ch020>
58. Jain R. (2024) Towards a Green Revolution: Sustainable Integration of Industry 6.0 Technologies and Smart Banking Services in the UAE. In: *Sustainable Innovation for Industry 6.0* (eds. A. Sharma, O. Moses, R. Sharma, S. Gupta), Hershey, PA: IGI Global, 31–44. DOI: <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3140-8.ch002>
59. Groumpos P.P. (2021) A Critical Historical and Scientific Overview of All Industrial Revolutions. *IFAC-PapersOnLine*, 54 (13), 464–471. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2021.10.492>
60. Groumpos P.P. (2022) Ethical AI and Global Cultural Coherence: Issues and Challenges. *IFAC-PapersOnLine*, 55 (39), 358–363. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.12.052>
61. Heilala J., Singh K. (2023) Evaluation Planning for Artificial Intelligence-based Industry 6.0 Metaverse Integration. In: *Intelligent Human Systems Integration (IHSI 2023)*, 69, 692–703. DOI: <https://doi.org/10.54941/ahfe1002892>
62. Reddy C.K.K., Reddy A.V., Doss S., Priyanka K. (2024) Human-Machine Collaboration and Emotional Intelligence in Industry 6.0: Concepts, Challenges, and Future Directions. In: *Examining the Metaverse in Healthcare: Opportunities, Challenges, and Future Directions* (eds. P. Nijalingappa, T. Gururaj, S. Goyal, V. Shukla, A Bruno.), Hershey, PA: IGI Global, 221–246. DOI: <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-1515-6.ch009>
63. Murugan M., Prabadevi M.N. (2023) Impact of Industry 6.0 on MSME Entrepreneur’s Performance and Entrepreneur’s Emotional Intelligence in the Service Industry in India. *Revista De Gestão Social E Ambiental*, 17 (4), art. no. e03340. DOI: <https://doi.org/10.24857/rgsa.v17n4-007>
64. Chourasia S., Pandey S.M., Keshri A.K. (2023) Prospects and Challenges with Legal Informatics and Legal Metrology Framework in the Context of Industry 6.0. *MAPAN*, 38, 1027–1052. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12647-023-00664-8>
65. Das S., Pan T. (2022) A Strategic Outline of Industry 6.0: Exploring the Future. *SSRN*. DOI: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4104696>
66. Peng M., Garg S., Wang X., Bradai A., Lin H., Hossain M.S. (2020) Learning-Based IoT Data Aggregation for Disaster Scenarios. *IEEE Access*. 2020, 8, 128490–128497. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3008289>
67. Mutiarachim A., Tyoso J.S.P. (2024) Pelatihan Pembuatan Media Promosi Mudah dan Menarik dengan Aplikasi Canva untuk UMKM di Desa Blerong Kabupaten Demak. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Nusantara (JPMN)*, 4 (1), 1–9. DOI: <https://doi.org/10.35870/jpmn.v4i1.2654>
68. Jamil S., Rahman M., Abbas M.S., Fawad (2022) Resource Allocation Using Reconfigurable Intelligent Surface (RIS)-Assisted Wireless Networks in Industry 5.0 Scenario. *Telecom*, 3 (1), 163–173. DOI: <https://doi.org/10.3390/telecom3010011>



69. Obiako I., Walker S., Lippert K., Cloutier R. (2024) Using the fuzzy analytic hierarchy process for selecting a closed sociotechnical environment for autonomous vehicle testing in the world of Industry 6.0. In: *Industry 6.0: Technology, Practices, Challenges, and Applications* (eds. C.K.K. Reddy, S. Doss, L. Pamulaparty, K. Lippert, R. Doshi), Boca Raton: CRC Press. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781003517993-7>
70. Ganga P.R., Reddy C.K.K., Lippert K., Ranjan A. (2024) Aero metamorphosis in Industry 6.0. In: *Industry 6.0: Technology, Practices, Challenges, and Applications* (eds. C.K.K. Reddy, S. Doss, L. Pamulaparty, K. Lippert, R. Doshi), Boca Raton: CRC Press. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781003517993-4>
71. Jain P.K., Bhagat P.H. (2024) Community Engagement and Stakeholder Collaboration for Inclusive E-Banking: A Sustainable Innovation Approach in Industry 6.0. In: *Sustainable Innovation for Industry 6.0* (eds. A. Sharma, O. Moses, R. Sharma, S. Gupta), Hershey, PA: IGI Global, 45–58. DOI: <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3140-8.ch003>
72. Vetrivel S.C., Gomathi T., Sowmiya K.C., Sabareeshwari V. (2024) Customer-Centric Excellence in the Marketing 6.0 Era: Industry 6.0. In: *Advanced Businesses in Industry 6.0* (eds. M. Oskounejad, H. Nozari), Hershey, PA: IGI Global, 192–219. DOI: <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3108-8.ch013>
73. Kour M., Kour R. (2024) AI and Influencer Marketing: Redefining the Future of Social Media Marketing in Industry 6.0. *Advanced Businesses in Industry 6.0* (eds. M. Oskounejad, H. Nozari), Hershey, PA: IGI Global, 87–103. DOI: <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3108-8.ch007>
74. Salepcioglu M.A. (2021) Artificial and Remote Management Model: Industry 6.0 Increased Virtual and Artificial Audit. *PressAcademia Procedia (PAP)*, 13, 114–115. DOI: <http://doi.org/10.17261/Pressacademia.2021.1441>
75. Movahed A.B., Movahed A.B., Aliahmadi B., Nozari H. (2024) Green and Sustainable Supply Chain in Agriculture 6.0. In: *Advanced Businesses in Industry 6.0* (eds. M. Oskounejad, H. Nozari), Hershey, PA: IGI Global, 32–45. DOI: <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3108-8.ch003>
76. Aliahmadi M.H., Movahed A.B., Movahed A.B., Nozari H., Bayanati M. (2024) Hospital 6.0 Components and Dimensions. In: *Advanced Businesses in Industry 6.0* (eds. M. Oskounejad, H. Nozari), Hershey, PA: IGI Global, 46–61. DOI: <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3108-8.ch004>
77. Jeyaraman M., Nallakumarasamy A., Jeyaraman N. (2022) Industry 5.0 in Orthopaedics. *JOIO*, 56, 1694–1702. DOI: <https://doi.org/10.1007/s43465-022-00712-6>
78. Ifezue O., Lippert K., Walker S., Cloutier R. (2024) Industry 6.0 in transportation systems. In: *Industry 6.0: Technology, Practices, Challenges, and Applications* (eds. C.K.K. Reddy, S. Doss, L. Pamulaparty, K. Lippert, R. Doshi), Boca Raton: CRC Press. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781003517993-5>
79. Movahed A.B., Movahed A.B., Nozari H. (2024) Marketing 6.0 Conceptualization. In: *Advanced Businesses in Industry 6.0* (eds. M. Oskounejad, H. Nozari), Hershey, PA: IGI Global, 15–31. DOI: <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3108-8.ch002>
80. Yadav S., Rab S., Wan M. (2024) Metrology and Sustainability in Industry 6.0: Navigating a New Paradigm. In: *Handbook of Quality System, Accreditation and Conformity Assessment* (eds. A. Bhatnagar, S. Yadav, V. Achanta, U. Harmes-Liedtke, S. Rab), Singapore: Springer, 1–31. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-99-4637-2_64-1
81. Singh R.K., Tiwari S.K., Kumar K. (2024) Optimizing Ordering Policies for Bullwhip Effect Mitigation in a Simple Supply Chain Within the Framework of Industry 6.0. In: *Sustainable Innovation for Industry 6.0* (eds. A. Sharma, O. Moses, R. Sharma, S. Gupta), Hershey, PA: IGI Global, 139–161. DOI: <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3140-8.ch009>
82. Movahed A.B., Movahed A.B., Nozari H., Rahmaty M. (2024) Security Criteria in Financial Systems in Industry 6.0. In: *Advanced Businesses in Industry 6.0* (eds. M. Oskounejad, H. Nozari), Hershey, PA: IGI Global, 62–74. DOI: <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3108-8.ch005>
83. Srivastava A., Kumari G., Pathania A. (2024) Technological Innovation and Accounting in Industry 6.0: Application, Implication, and Future. In: *Sustainable Innovation for Industry 6.0* (eds. A. Sharma, O. Moses, R. Sharma, S. Gupta), Hershey, PA: IGI Global, 286–309. DOI: <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3140-8.ch015>
84. Carayannis E.G., Kostis P.C., Kafka K.I., Valvi T. (2024) Toward Industry 6.0 and Techno-Centric vs Human-Centric Smart Balancing. In: *Sustainable Economic Development: Perspectives from Political Economy and Economics Pluralism* (eds. G. Meramveliotakis, M. Manioudis), London: Routledge. DOI: <https://doi.org/10.4324/9781003349402-16>
85. Goel P.K. (2024) Education Research and Industry 6.0. In: *Sustainable Innovation for Industry 6.0* (eds. A. Sharma, O. Moses, R. Sharma, S. Gupta), Hershey, PA: IGI Global, 92–108. DOI: <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3140-8.ch006>

86. Doyle-Kent M., Kopacek P. (2022) Optimising Human Potential through Diversity and Inclusion for Industry/Production 4.0, 5.0 and 6.0. In: *Towards Industry 5.0 (ISPR 2022)* (eds. N.M. Durakbasa, M.G. Gençyılmaz), Cham: Springer, 267–276. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-24457-5_22
87. Pathak S., Arora K., Quraishi S.J. (2024) Strategic Challenges of Human Resources Management in the Industry 6.0. In: *Futuristic e-Governance Security With Deep Learning Applications* (eds. R. Kumar, A. Abdul Hamid, N. Inayah Binti Ya'akub, M. Sharma Gaur, S. Kumar), Hershey, PA: IGI Global, 169–190. DOI: <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-9596-4.ch009>
88. Minz N.K. (2024) Strategic HRM Techniques and Sustainable Innovation for Industry 6.0. In: *Sustainable Innovation for Industry 6.0* (eds. A. Sharma, O. Moses, R. Sharma, S. Gupta), Hershey, PA: IGI Global, 2024. DOI: <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3140-8.ch004>
89. Fiani B., Reardon T., Ayres B., Cline D., Sitto S.R. (2021) An Examination of Prospective Uses and Future Directions of Neuralink: The Brain-Machine Interface. *Cureus*, 13 (3), art. no. e14192. DOI: [10.7759/cureus.14192](https://doi.org/10.7759/cureus.14192)
90. Бабкин А.В., Либерман И.В., Клачек П.М., Корягин С.И. (2024) Индустрия 5.0 и интеллектуальная экономика: основы системного генома киберсоциальных метаэкосистем промышленности. *Интеллектуальная инженерная экономика и Индустрия 5.0 (Инпром-2024)*, 28–31. DOI: [10.18720/IEP/2024.1/4](https://doi.org/10.18720/IEP/2024.1/4)
91. Кириков И.А., Колесников А.В., Листопад С.В., Румовская С.Б. (2015) Мелкозернистые гибридные интеллектуальные системы. Часть 1: лингвистический подход. *Информатика и ее приложения*, 9 (4), 98–105. DOI: [10.14357/1992264150411](https://doi.org/10.14357/1992264150411)
92. Колесников А.В., Румовская С.Б., Ясинский Э.В., Барзенков А.В. (2021) Интеллектуализация оперативно-технологического управления региональной электроэнергетикой методами когнитивных гибридных интеллектуальных систем. Часть 3. *Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Физико-математические и технические науки*, 3, 43–65.
93. Колесников А.В. (2002) *Технология разработки гибридных интеллектуальных систем*. Автореф. дисс. докт. техн. наук. СПб: Санкт-Петербургский государственный технический университет.
94. Бабкин А.В., Корягин С.И., Либерман И.В., Клачек П.М., Богданова А.А., Сагателян Н.Х. (2022) Индустрия 5.0: нейро-цифровой инструментарий стратегического целеполагания и планирования. *Технико-технологические проблемы сервиса*, 3 (61), 64–85.

REFERENCES

1. Kvint V.L., Bodrunov S.D. (2021) *Strategirovanie transformatsii obshchestva: znanie, tekhnologii, noonomika* [Strategizing the transformation of society: knowledge, technology, noonomics], monograph. St. Petersburg: INIR im. S.IU. Vitte.
2. Babkin A.V., Shkarupeta E.V. (2024) Industry 6.0: the essence, trends and strategic opportunities for Russia. *Russian Journal of Industrial Economics*, 17 (4), 353–377. DOI: <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2024-4-1369>
3. Koryagin S.I., Kim O.M., Lieberman I.V., Klochok P.M., Sagatelyan N.H., Bogdanova A.A. (2024) Industry 5.0: The concept of engineering education development based on the application of neuro-digital, educational ecosystems. *Technical and technological problems of the service*, 2 (68), 85–92.
4. Fedorov A.A. et al. (2021) *Osnovy sozdaniia neuro-tsifrovyykh ekosistem. Gibriny vychislitel'nyi intellekt* [Fundamentals of creating neuro-digital ecosystems. Hybrid computational intelligence], Kaliningrad: BFU im. I. Kanta.
5. Turchin V.F. (2000) *Fenomen nauki: kiberneticheskii podkhod k evoliutsii* [Phenomenon of Science: Cybernetic Approach to Evolution], M.: ETS.
6. Babkin A.V., Fedorov A.A., Liberman I.V., Klachek P.M. (2021) Industry 5.0: concept, formation and development. *Russian Journal of Industrial Economics*, 4, 375–395. DOI: <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2021-4-375-395>
7. Kurzweil R. (2024) *The Singularity is Near: When Humans Transcend Biology*, New York: Viking.
8. Sokolov Yu.I. (2019) Existential risk of technological singularity. *Issues of Risk Analysis*, 16 (3), 62–77. DOI: <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2019-16-3-62-77>
9. Babkin A.V., Liberman I.V., Klachek P.M., Shkarupeta E.V. (2023) Industry 5.0: Principles of creating system tetrad of cybersocial ecosystems. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Economics*, 1, 103–120. DOI: <https://doi.org/10.24143/2073-5537-2023-1-103-120>

10. Heylighen F. (1995) (Meta)systems as Constraints on Variation: a classification and natural history of metasytem transitions. *World Futures: the Journal of General Evolution*, 45 (1–4), 59–85. DOI: <https://doi.org/10.1080/02604027.1995.9972554>
11. Schwartz J.M., Begley Sh. (2002) *The Mind and the Brain: Neuroplasticity and the Power of Mental Force*, New York: Harper Collins.
12. Potapov A.S. (2017) Technological Singularity in the Context of the Theory of Metasytem Transitions, *Computer tools in education*, 6, 12–24.
13. Roser M. (2023) *Technology over the long run: zoom out to see how dramatically the world can change within a lifetime*. [online] Available at: <https://ourworldindata.org/technology-long-run> [Accessed 06.01.2025]
14. Klachek P.M., Liberman I.V., Koriagin S.I. et al. (2024) Industriia 5.0: razvitie slozhnykh kiberfizicheskikh sistem na osnove metodov gibridnogo vychislitel'nogo intellekta [Industry 5.0: Development of Complex Cyber-Physical Systems Based on Hybrid Computational Intelligence Methods]. *Gibridnye i sinergeticheskie intellektual'nye sistemy [Hybrid and synergetic intelligent systems]*, 211–219.
15. Prokopchina S.V. (2016) Soft Management Principles and Technologies of Polysystem Environments under Considerable Uncertainty Conditions. *Management Sciences*, 6 (1), 17–25.
16. Roco M.C., Bainbridge W.S. (eds.) (2006) *Managing Nano-Bio-Info-Cogno Innovations: Converging Technologies in Society*, Berlin: Springer. DOI: <https://doi.org/10.1007/1-4020-4107-1>
17. Golubovskii M.D. (2000) *Vek genetiki: evoliutsiia idei i poniatii [The Age of Genetics: Evolution of Ideas and Concepts]*, St. Petersburg: Borei Art.
18. Gladkov L.A., Kureichik V.V., Kureichik V.M. (2006) *Geneticheskie algoritmy [Genetic algorithms]*, Moscow: Fizmatlit.
19. Primrose B.S., Herod A., Twyman R. (2013) *Gene and Genome Technology*, Oxford: OUP.
20. Rocco M.C., Bainbridge W.S., Tonn B., Whitesides G. (eds.) (2013) *Convergence of Knowledge, Technology and Society: Beyond Convergence of Nano-Bio-Info-Cognitive*, Dordrecht, Heidelberg, New York, London: Springer.
21. Matyushenko I., Khanova O. (2014) Convergence of NBIC-Technologies as a Key Factor in the Sixth Technological Order' Development of the World Economy. *Journal L'Association 1901 «SEPIKE»: Social Educational Project of Improving Knowledge in Economics*, 6, 118–123.
22. Gaudelli N., Komor A., Rees H. et al. (2017) Programmable base editing of A•T to G•C in genomic DNA without DNA cleavage. *Nature*, 551, 464–471 DOI: <https://doi.org/10.1038/nature24644>
23. Doudna J.A., Charpentier E. (2014) The new frontier of genome engineering with CRISPR-Cas9. *Science*, 346 (6213), art. no. 1258096. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1258096>
24. Kaznacheev V.P., Spirin E.A. (1991) *Kosmoplanetarnyi fenomen chelovechestva. Problemy kompleksnogo izucheniiia [Cosmoplanetary phenomenon of humanity. Problems of complex study]*, Novosibirsk: Nauka.
25. Craig N.L. et al. (2010) *Molecular Biology: Principles of Genome Function*, Oxford: OUP.
26. Scerri E.R. (2007) *The Periodic Table: Its Story and Its Significance*, Oxford: OUP.
27. Uemov A.I. (1963) *Veshchi, svoistva, otnosheniia [Things, properties, relationships]*, Moscow: Institut filosofii AN SSSR.
28. Kolesnikov A.V., Kirikov I.A., Listopad S.V., Rumovskaia S.B., Domanitskii A.A. (2011) *Reshenie slozhnykh zadach kommivoiazhera metodami funktsional'nykh gibridnykh intellektual'nykh sistem [Solving Complex Traveling Salesman Problems Using Functional Hybrid Intelligent Systems]*, Moscow: Izd-vo IPI RAN.
29. Kolesnikov A.V., Kirikov I.A. (2007) *Metodologiya i tekhnologiya resheniia slozhnykh zadach metodami funktsional'nykh gibridnykh intellektual'nykh sistem [Methodology and technology for solving complex problems using functional hybrid intelligent systems]*, Moscow: Izd-vo IPI RAN.
30. Prokopchuk I.U.A. (2012) *Printsip predel'nykh obobshchenii: metodologiya, zadachi, prilozheniia [The principle of extreme generalizations: methodology, tasks, applications]*, monograph, Dnepropetrovsk: In-t tekhnicheskoi mekhaniki NANU i NKAU.
31. Red'ko V.G. (2005) *Evoliutsiia, neironnye seti, intellekt: modeli i kontseptsii evoliutsionnoi kibernetiki [Evolution, neural networks, intelligence: models and concepts of evolutionary cybernetics]*, Moscow: Komkniga.
32. Van den Bergh J., Stagl S. (2003) Coevolution of economic behaviour and institutions: towards a theory of institutional change. *Journal of Evolutionary Economics*, 13, 289–317. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00191-003-0158-8>

33. Lange G.-M., Wodon Q., Carey K. (eds.) (2018) *The Changing Wealth of Nations: Building a Sustainable Future*, Washington, DC: World Bank Group.
34. Singh R., Tyagi A.K., Arumugam S.K. (2024) Imagining the Sustainable Future with Industry 6.0: A Smarter Pathway for Modern Society and Manufacturing Industries. In: *Machine Learning Algorithms Using Scikit and TensorFlow Environments* (eds. P. Baby Maruthi, S. Prasad, A. Tyagi), IGI Global, 318–331. DOI: <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-8531-6.ch016>
35. Akaev A.A., Sadovnichii V.A. (2021) The Human Component as a Determining Factor of Labor Productivity in the Digital Economy. *Studies on Russian Economic Development*, 1 (184), 45–58. DOI: <https://doi.org/10.47711/0868-6351-184-45-58>
36. Kazmina I.V., Belgorodsky A.V., Bokorev Y.Y. (2023) Foresight as a basis for increasing the stability of the functioning of high-tech enterprises. *Organizer of Production*, 31 (2), 66–75. DOI: <https://doi.org/10.36622/VSTU.2023.32.59.006>
37. Babica V., Sceulovs D. (2024) Business Processes in the Artificial Transformation of Industry 5.0. *Proceedings of the 15th International Multi-Conference on Complexity, Informatics and Cybernetics: IMCIC 2024*, 170–176. DOI: <https://doi.org/10.54808/IMCIC2024.01.170>
38. Carayannis E.G., Posselt T., Preissler S. (2024) Toward Industry 6.0 and Society 6.0: The Quintuple Innovation Helix with Embedded AI Modalities as Enabler of Public Interest Technologies Strategic Technology Management and Road-Mapping. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 71, 11238–11252. DOI: <http://doi.org/10.1109/TEM.2024.3406427>
39. Lykov A., Cabrera M.A., Konenkov M., Serpiva V. et al. (2024) Industry 6.0: New Generation of Industry driven by Generative AI and Swarm of Heterogeneous Robots. *arXiv:2409.10106*. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2409.10106>
40. Tavakkoli-Moghaddam R., Nozari H., Bakhshi-Movahed A., Bakhshi-Movahed A. (2024) A Conceptual Framework for the Smart Factory 6.0. In: *Advanced Businesses in Industry 6.0* (eds. M. Oskounejad, H. Nozari), Hershey, PA: IGI Global, 1–14. DOI: <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3108-8.ch001>
41. Duggal A.S., Malik P.K., Gehlot A., Singh R. et al. (2022) A sequential roadmap to industry 6.0: Exploring future manufacturing trends. *IET Communications*, 16 (6), 521–531. DOI: <https://doi.org/10.1049/cmu2.12284>
42. Oskounejad M., Nozari H. (eds.) (2024) *Advanced Businesses in Industry 6.0*, Hershey, PA: IGI Global. DOI: <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3108-8>
43. Deshpande S., Jogdand R. (2023) Development of IoT Middleware Broker Communication Architecture for Industrial Automation with Focus on Future Pandemic Possibilities: Industry 5.0. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 1348, 47–58. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-19-4676-9_4
44. Shafik W. (2024) Artificial Intelligence and Internet of Things Roles in Sustainable Next-Generation Manufacturing: An Overview of Emerging Trends in Industry 6.0. In: *Sustainable Innovation for Industry 6.0* (eds. A. Sharma, O. Moses, R. Sharma, S. Gupta). Hershey, PA: IGI Global, 213–246. DOI: <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3140-8.ch012>
45. Pattanaik S., Mohammed M., Sood V. (2024) Artificial intelligence and machine learning in Industry 6.0. In: *Industry 6.0: Technology, Practices, Challenges, and Applications* (eds. C.K.K. Reddy, S. Doss, L. Pamulaparty, K. Lippert, R. Doshi), Boca Raton: CRC Press. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781003517993-2>
46. Arputharaj J.V., John William B.N., Haruna A.A., Prasad D.D. (2024) Exploring the synergy of IIoT, AI, and data analytics in Industry 6.0. In: *Industry 6.0: Technology, Practices, Challenges, and Applications* (eds. C.K.K. Reddy, S. Doss, L. Pamulaparty, K. Lippert, R. Doshi), Boca Raton: CRC Press. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781003517993-1>
47. Zahariev P. et al. (2024) Industry 4.0 and Beyond – Present Trends, Emerging Solutions and Future Technologies in the Area of the Industrial Automation. *2024 Joint International Conference on Digital Arts, Media and Technology with ECTI Northern Section Conference on Electrical, Electronics, Computer and Telecommunications Engineering (ECTI DAMT & NCON)*, 525–528. DOI: <https://doi.org/10.1109/ectidamtcon60518.2024.10479988>
48. Reddy C.K.K., Doss S., Pamulaparty L., Lippert K., Doshi R. (eds.) (2024) *Industry 6.0: Technology, Practices, Challenges, and Applications*, Boca Raton: CRC Press. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781003517993>
49. Subbiah P., Tyagi A.K., Mazumdar B.D. (2024) The Future of Manufacturing and Artificial Intelligence Industry 6.0 and Beyond. In: *Industry 4.0, Smart Manufacturing, and Industrial Engineering:*



Challenges and Opportunities (eds. A. Kumar Tyagi, S. Tiwari, S.S. Ahmad), Boca Raton: CRC Press. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781003473886-18>

50. Reddy M.S., Reddy C.K., Hanafiah M.M. (2024) Climate Change Mitigation and Adaptation Strategies Enhanced by Intelligent Systems in Industry 6.0. In: *Maintaining a Sustainable World in the Nexus of Environmental Science and AI* (eds. B. Singh, C. Kaunert, K. Vig, S. Dutta), Hershey, PA: IGI Global, 201–228. DOI: <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-6336-2.ch008>

51. Fernández-Miguel A., García-Muiña F.E., Settembre-Blundo D. et al. (2024) Exploring Systemic Sustainability in Manufacturing: Geoanthropology's Strategic Lens Shaping Industry 6.0. *Global Journal of Flexible Systems Management*, 25, 579–600. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40171-024-00404-0>

52. Almusaed A., Yitmen I., Almssad A. (2023) Reviewing and Integrating AEC Practices into Industry 6.0: Strategies for Smart and Sustainable Future-Built Environments. *Sustainability*, 15, art. no. 13464. DOI: <https://doi.org/10.3390/su151813464>

53. Dass A., Mishra A.K., Ranjan R.K. (2024) Small States, Big Impact: A Review of Rising Greenhouse Gases Emission from the Energy Sector in India. *Journal of Clean Energy Technologies*, 1 (1), 43–52. DOI: <https://doi.org/10.3233/jcc240022>

54. Chourasia S., Tyagi A., Pandey S.M. et al. (2022) Sustainability of Industry 6.0 in Global Perspective: Benefits and Challenges. *MAPAN*, 37 (2), 443–452. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12647-022-00541-w>

55. Sharma A., Moses O., Sharma R., Gupta S. (eds.) (2024) *Sustainable Innovation for Industry 6.0*, Hershey, PA: IGI Global. DOI: <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3140-8>

56. Heilala J., Kantola J. (2024) Sustainable Manufacturer Engineering for Industry 6.0. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 849, 75–87. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-49920-3_5

57. Damaševičius R., Misra S. (2024) The Rise of Industry 6.0: Seizing the Opportunities of the Post-COVID-19 Era for Sustainable Manufacturing. In: *Emerging Technologies and Security in Cloud Computing* (eds. D. Lakshmi, A. Tyagi), Hershey, PA: IGI Global, 478–494. DOI: <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-2081-5.ch020>

58. Jain R. (2024) Towards a Green Revolution: Sustainable Integration of Industry 6.0 Technologies and Smart Banking Services in the UAE. In: *Sustainable Innovation for Industry 6.0* (eds. A. Sharma, O. Moses, R. Sharma, S. Gupta), Hershey, PA: IGI Global, 31–44. DOI: <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3140-8.ch002>

59. Groumpos P.P. (2021) A Critical Historical and Scientific Overview of All Industrial Revolutions. *IFAC-PapersOnLine*, 54 (13), 464–471. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2021.10.492>

60. Groumpos P.P. (2022) Ethical AI and Global Cultural Coherence: Issues and Challenges. *IFAC-PapersOnLine*, 55 (39), 358–363. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.12.052>

61. Heilala J., Singh K. (2023) Evaluation Planning for Artificial Intelligence-based Industry 6.0 Metaverse Integration. In: *Intelligent Human Systems Integration (IHSI 2023)*, 69, 692–703. DOI: <https://doi.org/10.54941/ahfe1002892>

62. Reddy C.K.K., Reddy A.V., Doss S., Priyanka K. (2024) Human-Machine Collaboration and Emotional Intelligence in Industry 6.0: Concepts, Challenges, and Future Directions. In: *Examining the Metaverse in Healthcare: Opportunities, Challenges, and Future Directions* (eds. P. Nijalingappa, T. Gururaj, S. Goyal, V. Shukla, A. Bruno.), Hershey, PA: IGI Global, 221–246. DOI: <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-1515-6.ch009>

63. Murugan M., Prabadevi M.N. (2023) Impact of Industry 6.0 on MSME Entrepreneur's Performance and Entrepreneur's Emotional Intelligence in the Service Industry in India. *Revista De Gestão Social E Ambiental*, 17 (4), art. no. e03340. DOI: <https://doi.org/10.24857/rgsa.v17n4-007>

64. Chourasia S., Pandey S.M., Keshri A.K. (2023) Prospects and Challenges with Legal Informatics and Legal Metrology Framework in the Context of Industry 6.0. *MAPAN*, 38, 1027–1052. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12647-023-00664-8>

65. Das S., Pan T. (2022) A Strategic Outline of Industry 6.0: Exploring the Future. *SSRN*. DOI: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4104696>

66. Peng M., Garg S., Wang X., Bradai A., Lin H., Hossain M.S. (2020) Learning-Based IoT Data Aggregation for Disaster Scenarios. *IEEE Access*. 2020, 8, 128490–128497. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3008289>

67. Mutiarachim A., Tyoso J.S.P. (2024) Pelatihan Pembuatan Media Promosi Mudah dan Menarik dengan Aplikasi Canva untuk UMKM di Desa Blerong Kabupaten Demak. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Nusantara (JPMN)*, 4 (1), 1–9. DOI: <https://doi.org/10.35870/jpmn.v4i1.2654>

68. Jamil S., Rahman M., Abbas M.S., Fawad (2022) Resource Allocation Using Reconfigurable Intelligent Surface (RIS)-Assisted Wireless Networks in Industry 5.0 Scenario. *Telecom*, 3 (1), 163–173. DOI: <https://doi.org/10.3390/telecom3010011>
69. Obiako I., Walker S., Lippert K., Cloutier R. (2024) Using the fuzzy analytic hierarchy process for selecting a closed sociotechnical environment for autonomous vehicle testing in the world of Industry 6.0. In: *Industry 6.0: Technology, Practices, Challenges, and Applications* (eds. C.K.K. Reddy, S. Doss, L. Pamulaparty, K. Lippert, R. Doshi), Boca Raton: CRC Press. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781003517993-7>
70. Ganga P.R., Reddy C.K.K., Lippert K., Ranjan A. (2024) Aero metamorphosis in Industry 6.0. In: *Industry 6.0: Technology, Practices, Challenges, and Applications* (eds. C.K.K. Reddy, S. Doss, L. Pamulaparty, K. Lippert, R. Doshi), Boca Raton: CRC Press. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781003517993-4>
71. Jain P.K., Bhagat P.H. (2024) Community Engagement and Stakeholder Collaboration for Inclusive E-Banking: A Sustainable Innovation Approach in Industry 6.0. In: *Sustainable Innovation for Industry 6.0* (eds. A. Sharma, O. Moses, R. Sharma, S. Gupta), Hershey, PA: IGI Global, 45–58. DOI: <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3140-8.ch003>
72. Vetrivel S.C., Gomathi T., Sowmiya K.C., Sabareeshwari V. (2024) Customer-Centric Excellence in the Marketing 6.0 Era: Industry 6.0. In: *Advanced Businesses in Industry 6.0* (eds. M. Oskounejad, H. Nozari), Hershey, PA: IGI Global, 192–219. DOI: <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3108-8.ch013>
73. Kour M., Kour R. (2024) AI and Influencer Marketing: Redefining the Future of Social Media Marketing in Industry 6.0. *Advanced Businesses in Industry 6.0* (eds. M. Oskounejad, H. Nozari), Hershey, PA: IGI Global, 87–103. DOI: <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3108-8.ch007>
74. Salepcioglu M.A. (2021) Artificial and Remote Management Model: Industry 6.0 Increased Virtual and Artificial Audit. *PressAcademia Procedia (PAP)*, 13, 114–115. DOI: <http://doi.org/10.17261/Pressacademia.2021.1441>
75. Movahed A.B., Movahed A.B., Aliahmadi B., Nozari H. (2024) Green and Sustainable Supply Chain in Agriculture 6.0. In: *Advanced Businesses in Industry 6.0* (eds. M. Oskounejad, H. Nozari), Hershey, PA: IGI Global, 32–45. DOI: <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3108-8.ch003>
76. Aliahmadi M.H., Movahed A.B., Movahed A.B., Nozari H., Bayanati M. (2024) Hospital 6.0 Components and Dimensions. In: *Advanced Businesses in Industry 6.0* (eds. M. Oskounejad, H. Nozari), Hershey, PA: IGI Global, 46–61. DOI: <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3108-8.ch004>
77. Jeyaraman M., Nallakumarasamy A., Jeyaraman N. (2022) Industry 5.0 in Orthopaedics. *JOJO*, 56, 1694–1702. DOI: <https://doi.org/10.1007/s43465-022-00712-6>
78. Ifezue O., Lippert K., Walker S., Cloutier R. (2024) Industry 6.0 in transportation systems. In: *Industry 6.0: Technology, Practices, Challenges, and Applications* (eds. C.K.K. Reddy, S. Doss, L. Pamulaparty, K. Lippert, R. Doshi), Boca Raton: CRC Press. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781003517993-5>
79. Movahed A.B., Movahed A.B., Nozari H. (2024) Marketing 6.0 Conceptualization. In: *Advanced Businesses in Industry 6.0* (eds. M. Oskounejad, H. Nozari), Hershey, PA: IGI Global, 15–31. DOI: <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3108-8.ch002>
80. Yadav S., Rab S., Wan M. (2024) Metrology and Sustainability in Industry 6.0: Navigating a New Paradigm. In: *Handbook of Quality System, Accreditation and Conformity Assessment* (eds. A. Bhatnagar, S. Yadav, V. Achanta, U. Harmes-Liedtke, S. Rab), Singapore: Springer, 1–31. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-99-4637-2_64-1
81. Singh R.K., Tiwari S.K., Kumar K. (2024) Optimizing Ordering Policies for Bullwhip Effect Mitigation in a Simple Supply Chain Within the Framework of Industry 6.0. In: *Sustainable Innovation for Industry 6.0* (eds. A. Sharma, O. Moses, R. Sharma, S. Gupta), Hershey, PA: IGI Global, 139–161. DOI: <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3140-8.ch009>
82. Movahed A.B., Movahed A.B., Nozari H., Rahmaty M. (2024) Security Criteria in Financial Systems in Industry 6.0. In: *Advanced Businesses in Industry 6.0* (eds. M. Oskounejad, H. Nozari), Hershey, PA: IGI Global, 62–74. DOI: <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3108-8.ch005>
83. Srivastava A., Kumari G., Pathania A. (2024) Technological Innovation and Accounting in Industry 6.0: Application, Implication, and Future. In: *Sustainable Innovation for Industry 6.0* (eds. A. Sharma, O. Moses, R. Sharma, S. Gupta), Hershey, PA: IGI Global, 286–309. DOI: <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3140-8.ch015>
84. Carayannis E.G., Kostis P.C., Kafka K.I., Valvi T. (2024) Toward Industry 6.0 and Techno-Centric vs Human-Centric Smart Balancing. In: *Sustainable Economic Development: Perspectives from Political Economy and Economics Pluralism* (eds. G. Meramveliotakis, M. Manioudis), London: Routledge. DOI: <https://doi.org/10.4324/9781003349402-16>

85. Goel P.K. (2024) Education Research and Industry 6.0. In: *Sustainable Innovation for Industry 6.0* (eds. A. Sharma, O. Moses, R. Sharma, S. Gupta), Hershey, PA: IGI Global, 92–108. DOI: <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3140-8.ch006>
86. Doyle-Kent M., Kopacek P. (2022) Optimising Human Potential through Diversity and Inclusion for Industry/Production 4.0, 5.0 and 6.0. In: *Towards Industry 5.0 (ISPR 2022)* (eds. N.M. Durakbasa, M.G. Gençyılmaz), Cham: Springer, 267–276. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-24457-5_22
87. Pathak S., Arora K., Quraishi S.J. (2024) Strategic Challenges of Human Resources Management in the Industry 6.0. In: *Futuristic e-Governance Security With Deep Learning Applications* (eds. R. Kumar, A. Abdul Hamid, N. Inayah Binti Ya'akub, M. Sharma Gaur, S. Kumar), Hershey, PA: IGI Global, 169–190. DOI: <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-9596-4.ch009>
88. Minz N.K. (2024) Strategic HRM Techniques and Sustainable Innovation for Industry 6.0. In: *Sustainable Innovation for Industry 6.0* (eds. A. Sharma, O. Moses, R. Sharma, S. Gupta), Hershey, PA: IGI Global. DOI: <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3140-8.ch004>
89. Fiani B., Reardon T., Ayres B., Cline D., Sitto S.R. (2021) An Examination of Prospective Uses and Future Directions of Neuralink: The Brain-Machine Interface. *Cureus*, 13 (3), art. no. e14192. DOI: 10.7759/cureus.14192
90. Babkin A.V., Liberman I.V., Klachek P.M., Koryagin S.I. (2024) Industry 5.0 and intelligent economy: fundamentals of the system genome of cybersocial industry metaecosystems. *Intelligent Engineering Economics and Industry 5.0 (IEEI_5.0_INPROM)*, 28–31. DOI: 10.18720/IEP/2024.1/4
91. Kirikov I.A., Kolesnikov A.V., Listopad S.V., Rumovskaya S.B. Fine-grained hybrid intelligent systems. Part 1: Linguistic approach. *Informatics and Applications*, 9 (4), 98–105. DOI: 10.14357/1992264150411
92. Kolesnikov A.V., Rumovskaya S.B., Yasinsky E.V., Barzenkov A.V. (2021) Intellectualization of operational and technological control of regional electric power by cognitive hybrid intelligent systems. Part 3. *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Physical, Mathematical and Technical Sciences*, 3, 43–65.
93. Kolesnikov A.V. (2002) *Tekhnologiya razrabotki gibridnykh intellektual'nykh system [Hybrid Intelligent Systems Development Technology]*. PhD Thesis. St. Petersburg: Sankt-Peterburgskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet.
94. Babkin A.V., Koryagin S.I., Liberman I.V., Klachek P.M., Bogdanova A.A., Saghatelyan N.H. (2022) Industry 5.0: a neuro-digital tool for strategic goal-setting and planning. *Technical and Technological Problems of the Service*, 3 (61), 64–85.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT AUTHORS

БАБКИН Александр Васильевич

E-mail: al-vas@mail.ru

Aleksandr V. BAVKIN

E-mail: al-vas@mail.ru

ЛИБЕРМАН Ирина Владимировна

E-mail: ILiberman@kantiana.ru

Irina V. LIBERMAN

E-mail: ILiberman@kantiana.ru

КЛАЧЕК Павел Михайлович

E-mail: pklachek@mail.ru

Pavel M. KLACHEK

E-mail: pklachek@mail.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>

Поступила: 07.01.2025; Одобрена: 18.02.2025; Принята: 18.02.2025.

Submitted: 07.01.2025; Approved: 18.02.2025; Accepted: 18.02.2025.

Научная статья

УДК 332.14

DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18103>

EDN: <https://elibrary/FJYIAE>



ИНСТРУМЕНТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЦИФРОВОГО КАЧЕСТВА ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ В НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКЕ

А.В. Мухачёва  

Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова,
Москва, Российская Федерация

 oblakko@mail.ru

Аннотация. *Актуальность* исследования определяется необходимостью в условиях развития цифровой экономики и экономики данных удовлетворять жизнеобеспечивающие, социальные и духовные интересы населения за счет использования информационно-коммуникационных технологий – т.е. формирования цифрового качества жизни. Данный термин концептуально и дефиниционно остается неизученным, а основы его формирования исследователями до сих пор практически не рассматриваются. Цифровые технологии обуславливают развитие образования, здравоохранения, социальной защиты, охраны правопорядка, экологической безопасности, рынка труда, общественного потребления, реализации социальных и духовных потребностей. Катализатором территориального развития в цифровом мире в рамках экосистемного обеспечения качества жизни выступают цифровые двойники. Все больше примеров их эффективного применения можно встретить в российских регионах и городах. На текущий момент государством разработано множество информационно-аналитических систем, часть из которых может составлять элементы единого социально-экономического цифрового пространства, цифрового двойника территории. Цифровизация социальной экосистемы обеспечения качества жизни имеет также недостатки. Среди них следует отметить возрастающую скорость изменений современного VUCA-мира, неведомую ранее человеку и способную вызывать негативные психологические состояния (стресс, фрустрацию, психологические расстройства), а также киберриски, связанные с возможностью злоумышленного использования персональных данных, и стандартизацию общественной жизни. При этом цифровизация социальной сферы, экономики и общественной жизни – объективная и неотвратимая реальность, преимуществ которой для поддержания качества жизни населения существенно больше, а недостатки могут быть нивелированы все теми же цифровыми инструментами и должной степенью внимания государственных и муниципальных органов власти. *Цель* исследования – разработка теоретико-концептуальных основ категории «цифровое качество жизни», определение инструментов его формирования, развития и оценки. *Задачи* исследования: сформировать теоретико-концептуальные основы категории «цифровое качество жизни»; разработать рамочные группы показателей оценки цифрового качества жизни населения; провести анализ внедрения цифровых инструментов для реализации различных интересов граждан; рассмотреть существующие информационно-аналитические системы для управления цифровым качеством жизни населения. *Методы* исследования представлены стандартными приемами описания, сравнения, системного анализа, синтеза, экономико-статистической оценкой, изучением исследований по теме. *Практическая значимость* результатов исследования заключается в возможности использования рекомендаций по формированию цифрового качества жизни населения для повышения степени удовлетворения разнообразных интересов граждан на федеральном и региональном уровнях.

Ключевые слова: цифровые инструменты, цифровое качество жизни, цифровой регион, цифровизация, информационная система

Для цитирования: Мухачёва А.В. (2025) Инструменты обеспечения цифрового качества жизни населения в национальной экономике. П-Economy, 18 (1), 57–79. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18103>



TOOLS FOR ENSURING DIGITAL QUALITY OF LIFE OF THE POPULATION IN THE NATIONAL ECONOMY

A.V. Mukhacheva  

Plekhanov Russian University of Economics,
Moscow, Russian Federation

 oblakkko@mail.ru

Abstract. *The relevance* of the study is determined by the need to satisfy the vital, social and moral interests of the population through the use of information and communication technologies, i.e. the formation of a digital quality of life, in the context of the development of the digital economy and the data economy. The term “digital quality of life” remains conceptually and definitionally unexplored, and the foundations of its formation are still practically not considered by researchers. Digital technologies determine the development of education, healthcare, social protection, law enforcement, environmental safety, labor market, public consumption, and the implementation of social and spiritual needs. Digital twins act as a catalyst for territorial development in the digital world within the framework of ecosystem provision of quality of life. More and more examples of their effective application can be found in Russian regions and cities. At present, the state has developed many information and analytical systems, some of which can form elements of a single socio-economic digital space, a digital twin of the territory. Digitalization of the social ecosystem for ensuring quality of life also has disadvantages. Among them, it is worth noting the increasing speed of change in the modern VUCA world, previously unknown to man and capable of causing negative psychological states (stress, frustration, psychological disorders), as well as cyber risks associated with the possibility of malicious use of personal data, and the standardization of public life. At the same time, digitalization of the social sphere, economy and public life is an objective and inevitable reality, the advantages of which are significantly greater for maintaining the quality of life of the population, and the disadvantages can be leveled by the same digital tools and the proper degree of attention of state and municipal authorities. *The purpose* of the study is to develop the theoretical and conceptual foundations of the category “digital quality of life”, to determine the tools for its formation, development and assessment. Research objectives are as follows: to form the theoretical and conceptual foundations of the category “digital quality of life”; to develop framework groups of indicators for assessing the digital quality of life of the population; to analyze the implementation of digital tools for the implementation of various interests of citizens; to consider existing information and analytical systems for managing the digital quality of life of the population. The research *methods* are the standard methods of description, comparison, system analysis, synthesis, economic and statistical assessment, and study of research on the topic. *The practical significance* of the research results is the possibility of using recommendations for the formation of the digital quality of life of the population to increase the degree of satisfaction of various interests of citizens at the federal and regional levels.

Keywords: digital tools, digital quality of life, digital region, digitalization, information system

Citation: Mukhacheva A.V. (2025) Tools for ensuring digital quality of life of the population in the national economy. *П-Economy*, 18 (1), 57–79. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18103>

Введение

Актуальность

Развитие цифровых технологий в социальной сфере активизируется в рамках реализации целого ряда государственных комплексных программ и проектов – национального проекта «Цифровая экономика» (на период 2018–2024 гг.)¹, перетекающего в новый национальный проект «Экономика данных» (на период 2025–2030 гг.)², Стратегии развития информационного

¹ Паспорт национального проекта «Цифровая экономика Российской Федерации». [online] Available at: <http://static.government.ru/media/files/urKHm0gTPPnzJlaKw3M5cNLo6gczMkPF.pdf> [Accessed 15.12.2024]. (in Russian)

² Национальный проект «Экономика данных». *Правительство России*. [online] Available at: <http://government.ru/rugovclassifier/909/events/> [Accessed 15.12.2024]. (in Russian)



общества Российской Федерации (на период 2017–2030 гг.)³, Стратегического направления в области цифровой трансформации государственного управления⁴, развития искусственного интеллекта⁵, региональных стратегий цифровой трансформации⁶.

Цифровизация социальной сферы охватывает почти весь перечень утвержденных правительством национальных целей на период до 2030 г. и на перспективу до 2026 г. (экономические – цифровая трансформация государственного и муниципального управления, экономики и социальной сферы, формирование технологического суверенитета; социальные – сохранение населения, укрепление здоровья и повышение благополучия людей, поддержка семьи; реализация потенциала каждого человека, развитие его талантов, воспитание патриотичной и социально ответственной личности; комфортная и безопасная среда для жизни; экологическое благополучие)⁷.

Флагманом в использовании информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) традиционно является бизнес: согласно статистике, растет количество организаций, использующих облачные технологии, технологии сбора и обработки цифровых данных, искусственного интеллекта (ИИ). По данным Министерства цифрового развития, уже к концу 2023 г. половина отраслей национальной экономики начали использовать системы ИИ. На российском рынке ИИ работает порядка 800 отечественных компаний, из которых 90% являются перспективными стартапами. Фонд содействия инновациям с 2021 г. проводит конкурсы для стартапов в области ИИ («Старт-ИИ», «Развитие-ИИ», «Коммерциализация-ИИ», «Акселерации-ИИ» и «Код-ИИ»). Генеративный ИИ – тренд 2022–2025 гг. (нейросети, генерирующие изображения по текстовым описаниям, модель ChatGPT). Глобальные инвестиции в ИИ, по прогнозам IDC, будут увеличиваться на 27% ежегодно (и к 2026 г. превысят 300 млрд долларов). В России большие генеративные модели развивают «Яндекс» и «Сбер» («Яндекс» в 2023 г. представил две генеративные нейросети – «Шедеврум» для генерации изображений и YandexGPT для генерации текстов)⁸.

Среди цифровых решений государства в области использования ИИ и больших данных Министерство цифрового развития, связи и коммуникаций анонсировало: создание национальной системы управления данными (НСУД, запущена в 2021 г., представляет собой единый массив государственной информации с закрытым и публичным контуром); создание национального озера данных; проект «Госдата.хаб» (массив обезличенных данных госорганов, запущен в 2023 г., анонсирована рамочная функциональная архитектура решения); проект создания цифрового профиля гражданина (представляет собой интеграцию данных госсистем для повышения оперативности оказания социальных услуг)⁹; реализацию национальной стратегии развития ИИ на период до 2030 г. [1] с целью отбора наиболее эффективных решений для бизнеса, науки и государства.

³ Указ Президента Российской Федерации от 09.05.2017 г. № 203: О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 – 2030 годы. *Президент России*. [online] Available at: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41919> [Accessed 15.12.2024]. (in Russian)

⁴ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 16.03.2024 г. № 637-р. *Правительство России*. [online] Available at: <http://government.ru/docs/all/152609/> [Accessed 15.12.2024]. (in Russian)

⁵ Указ Президента Российской Федерации от 10.10.2019 г. № 490: О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации. *Президент России*. [online] Available at: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/44731> [Accessed 15.12.2024]. (in Russian)

⁶ Стратегии цифровой трансформации. *Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации*. [online] Available at: <https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/1064/> [Accessed 15.12.2024]. (in Russian)

⁷ Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2024 г. № 309: О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года. *Президент России*. [online] Available at: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/50542> [Accessed 15.12.2024]. (in Russian)

⁸ Давыдов С.Г., Казарян К.Р., Сайкина М.В. (2023) *Интернет в России 2022–2023 годах: состояние, тенденции и перспективы развития*: отраслевой доклад Минцифры (под ред. М.В. Сайкиной), М.: Дизайн-студия RE-FORM. [online] Available at: <https://digital.gov.ru/uploaded/files/internet-v-rossii-v-2022-2023-godah.pdf> [Accessed 15.12.2024]. (in Russian)

⁹ *Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации*. [online] Available at: <https://digital.gov.ru/ru/> [Accessed 15.12.2024]. (in Russian)

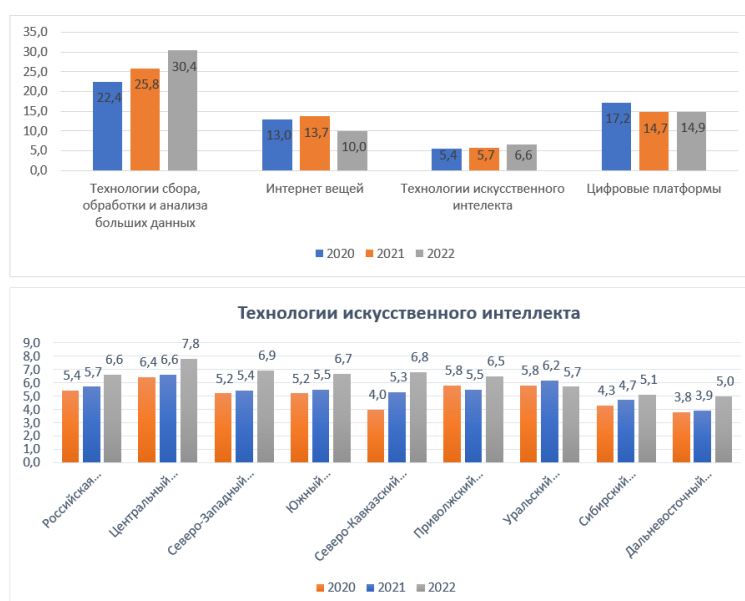


Рис. 1. Использование информационно-коммуникационных технологий организациями¹⁰

Fig. 1. Use of information and communication technologies by organizations¹⁰

Активно развивается использование гражданами России ИКТ, сдерживающими факторами развития которых являются только доступ к интернету и цифровая компетентность¹¹. Широкополосный доступ к интернету в большинстве регионов России достигает 85–90% и продолжает увеличиваться. То же можно констатировать относительно цифровых навыков граждан¹². Примечательно, что как обеспеченность интернетом¹³, так и цифровая компетентность населения несущественно различаются по федеральным округам. Это позволяет выдвинуть гипотезу о том, что цифровизация является фактором сглаживания диспропорций в социально-экономическом развитии регионов, а также создания равных условий для доступа к потребительским благам материального, социального и духовного характера. Согласно данным Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций, сегодня 81% населения России является пользователями интернета, при этом 78% используют его постоянно. В среднем гражданин России проводит в интернете 3 часа 46 минут, наибольшее время проводят в сети представители младших возрастных групп 13–17 лет, формирующие кадровый потенциал цифрового развития следующих периодов¹⁴.

Несмотря на государственный вектор последних лет, направленный на инновационно-технологическое развитие и формирование технологического суверенитета, в большинстве государственных программ в качестве ключевых показателей и целей фигурирует повышение качества жизни населения, включая цель национального проекта «Цифровая экономика»¹⁵.

Между тем у специалистов в сфере науки и практики государственного управления до сих пор наблюдаются разночтения относительно смысла понятия «качество жизни», содержательную

¹⁰ Регионы России. Социально-экономические показатели 2023. Федеральная служба государственной статистики. [online] Available at: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Reg_Rus_Pokaz_2023.htm [Accessed 15.12.2024]. (in Russian)

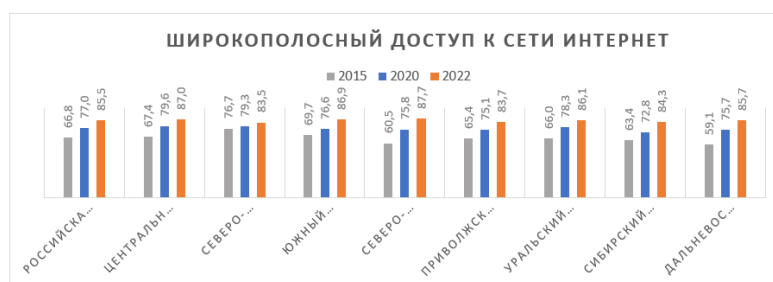
¹¹ Там же.

¹² Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации. [online] Available at: <https://digital.gov.ru/ru/> [Accessed 15.12.2024]. (in Russian)

¹³ Давыдов С.Г., Казарян К.Р., Сайкина М.В. (2023) *Интернет в России 2022–2023 годах: состояние, тенденции и перспективы развития*: отраслевой доклад Минцифры (под ред. М.В. Сайкиной), М.: Дизайн-студия RE-FORM. [online] Available at: <https://digital.gov.ru/uploaded/files/internet-v-rossii-v-2022-2023-godah.pdf> [Accessed 15.12.2024]. (in Russian)

¹⁴ Там же.

¹⁵ Паспорт национального проекта «Цифровая экономика Российской Федерации». [online] Available at: <http://static.government.ru/media/files/urKHm0gTPPnzJlaKw3M5cNLo6gczMkPF.pdf> [Accessed 15.12.2024]. (in Russian)

Рис. 2. Широкополосный доступ к сети интернет¹⁶Fig. 2. Broadband Internet access¹⁶

коннотацию которого развивали исследователи в рамках большинства не только социально-гуманитарных, но и естественно-научных направлений (философии, экономики, социологии, психологии, медицины и пр.) [2]. Комплексный и многоаспектный характер категории качества жизни, его рост как конечный результат и главный показатель эффективности управления в социальном государстве обуславливают столь частое его применение в программах органов власти, в повестке социально-экономического развития территорий [3] не только в России, но и в большинстве стран мира, даже если речь идет о технологическом развитии и суверенитете [4].

Еще более сложной задачей является определение концептуально-теоретических основ и методики оценки цифрового качества жизни, концепция которого настоятельно вырисовывается в настоящем и ближайшем будущем по мере того, как цифровые технологии все больше внедряются в жизнь граждан и позволяют им более эффективно удовлетворять свои потребности, реализовывать свои интересы в различных областях. Внедрение цифровых технологий, начиная от точечных решений и узких прикладных задач, приобретает все более комплексный характер, формирует единое цифровое пространство жизни — создаются интегральные платформы для комплексного управления социальной сферой, системами образования, здравоохранения, культуры, социальной защиты, градостроительства и благоустройства, осуществления потребностей населения в самореализации, саморазвитии, путешествиях и пр. [5].

Таким образом, можно определить цифровое качество жизни населения как объект исследования, а инструменты его формирования и развития — как предмет исследования.

Литературный обзор

Вопросами влияния цифровых технологий на качество жизни населения занимались Р.Л. Катц [6], М.А. Симакина [7], Н.А. Восколович [8], М.В. Фомин [9], Е.А. Горбашко [10], Е.В. Ширинкина [11], С.В. Шкиотов [12], Л.П. Федорова [13], А.А. Сергеев [14], Б.Х. Рахимова [15], Е.В. Шекотин, Г.Ю. Коварж, В.Л. Гойко, Е.Ю. Петров, В.В. Бакулин [16], И.А. Щеткина, Е.М. Лига, М.А. Захаров [17], О.В. Деркаченко [18], Е.Д. Соложенцев [19], Т.Б. Якимова [20], Е.А. Стукаленко [21], Р. Боарини, П. Глюкман, К. Аллен и др.

Большинство исследователей подтверждает связь цифрового развития и качества жизни населения, как объективно измеряемого, так и субъективно ощущаемого [22, 23]. Например, И.А. Щеткина, Е.М. Лига и Н.А. Вазыхова констатируют, что «качество цифровой среды... существенно коррелирует с воспринимаемым качеством жизни» [24], формируется человек цифрового общества (цифровой человек), но вместе с тем и цифровое неравенство (появляются новые социальные группы с различным уровнем цифровых компетенций). Среди методик оценки социальной сферы и ее цифровизации разработаны Международный индекс цифровой экономики и общества (International Digital Economy and Society Index, 2016–2018 гг., Европейская комиссия),

¹⁶ Регионы России. Социально-экономические показатели 2023. Федеральная служба государственной статистики. [online] Available at: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Reg_Rus_Pokaz_2023.htm [Accessed 15.12.2024]. (in Russian)



Рис. 3. Статистика пользователей и цифровых государственных услуг, доступных на портале «Госуслуги»¹⁷

Fig. 3. Statistics of users and digital government services available on the Gosuslugi portal

Индекс цифровой экономики и общества (Digital Economy and Society Index, с 2015 г. ежегодно, Европейская комиссия), Индекс лучшей жизни (Better Life Index, с 2011 г. ежегодно, ОЭСР), Индекс электронного участия (E-Participation Index, с 2003 г. ежегодно, Департамент по экономическим и социальным вопросам ООН), Индекс развития электронного правительства (E-Government Development Index, с 2003 г. ежегодно, Департамент по экономическим и социальным вопросам ООН), Индекс развития ИКТ (ICT Development Index, 2009–2017 гг., Международный союз электросвязи) [25, 26].

Проблема цифрового неравенства активно начала обсуждаться еще в отчете 1975 г. Департамента коммерции, национальных телекоммуникаций и информационной администрации США (NTIA) «Выпадение из сети: новые данные по цифровому разрыву». Как пишет Дж. Паркер, «глобальный тренд заключается в том, что информационная экономика подключает к своей сети тех, кто представляет для нее ценность (тем самым придавая им дополнительную ценность), но отключает тех, кто не имеет для нее ценности (тем самым еще более уменьшая их шансы обрести какую-то ценность)»¹⁸. С другой стороны, в гораздо большем масштабе формируется эффект цифрового равенства, за счет чего «...в трущобах Мумбаи в Индии, где обитает половина населения 20-миллионного города, нет доступа к чистой воде и канализации, зато есть доступ к мобильному Интернету» [27].

Понятие цифрового качества жизни практически не используется в научных исследованиях. Поиск по ключевому слову «цифровое качество жизни» в РИНЦ почти не дает релевантных результатов, однако в большом количестве представлены варианты «цифровая трансформация

¹⁷ Давыдов С.Г., Казарян К.Р., Сайкина М.В. (2023) *Интернет в России 2022–2023 годах: состояние, тенденции и перспективы развития*: отраслевой доклад Минцифры (под ред. М.В. Сайкиной), М.: Дизайн-студия RE-FORM. [online] Available at: <https://digital.gov.ru/uploaded/files/internet-v-rossii-v-2022-2023-godah.pdf> [Accessed 15.12.2024]. (in Russian)

¹⁸ Packer G. (2013) Change the World: Silicon Valley transfers its slogans – and its money – to the realm of politics. *The New Yorker*. [online] Available at: <https://www.newyorker.com/magazine/2013/05/27/change-the-world> [Accessed 05.02.2025]



качества жизни», «влияние цифровых технологий на качество жизни», «цифровая составляющая качества жизни», «качество жизни в цифровой экономике», «цифровое неравенство и качество жизни», «цифровая модель качества жизни».

Развитие концепции цифрового качества жизни в полном этимологическом соответствии наблюдается в некоторых трудах сибирских ученых. Так, Г.П. Литвинцева и И.Н. Карелин, сотрудники Новосибирского государственного технического университета, в своих трудах оценивали эффекты и риски цифрового качества жизни населения в регионах России, влияние цифрового качества жизни населения на экономический рост и разработали российский региональный индекс цифровой составляющей качества жизни населения. Под цифровым качеством жизни исследователями понимается цифровая составляющая, которая включает шесть элементов: 1) качество населения, характеризующее его цифровыми компетенциями; 2) обеспеченность цифровыми благами (цифровое благосостояние населения); 3) качество трудовой сферы; 4) качество социальной сферы; 5) качество электронных государственных и муниципальных услуг населению; 6) безопасность информационной деятельности населения [28].

Е.В. Щекотин, кандидат философских наук, заведующий лабораторией цифровых методов изучения общества и экономики Новосибирского государственного университета экономики и управления, анализируя концепцию цифрового качества жизни указывал, что она начала формироваться в 2010-е гг. вместе с концепцией цифрового благополучия [29]. Одно из первых упоминаний термина «цифровое качество жизни» встречается в работе Р. Аткинсона и Д. Кастро, однако авторы не дают определения этому термину, описывают влияние цифровых технологий на различные сферы человеческой жизни [30].

В 2020 г. компания SurfShark выпустила рейтинг цифрового качества жизни по 85 странам (Digital Quality of Life Index 2020), которое не содержит определения термина «цифровое качество жизни»¹⁹. Индекс состоит из пяти подсистем и 14 индикаторов: 1) экономическая доступность интернета (измеряется продолжительность работы, необходимая, чтобы оплатить 1 Гб интернет-трафика, с учетом средней заработной платы); 2) качество интернета (скорость и стабильность интернет-соединения); 3) электронная инфраструктура (определяется количеством пользователей интернета и значением Индекса сетевой готовности (Network Readiness Index, NRI)); 4) электронная безопасность (рассчитывается на основе экспертной оценки законодательства о защите данных и значения Национального индекса кибербезопасности (National Cyber Security Index, NCSI)); 5) электронное правительство (определяется на основе значения Индекса онлайн-обслуживания (Online Service Index, OSI) и Индекса готовности к искусственному интеллекту (AI Readiness Index)) [31]. После 2020 г. расчет рейтинга не производился.

К. Бурр и Л. Флориди выражали сомнение в необходимости выделения концепции цифрового благополучия, родственной для категории «цифровое качество жизни», так как она практически не отличается от концепции благополучия в цифровых экономике и обществе, влияние цифровых технологий на жизнь людей можно изучать отдельно без внедрения специальных терминов. Е.В. Щекотин констатирует, что «понятия „цифровое качество жизни“ и близкое к нему „цифровое благополучие“ на сегодняшний день не имеют конвенционального определения, несмотря на значительное внимание к этой концепции со стороны как отечественных, так и зарубежных исследователей». Сам исследователь считает, что цифровое качество жизни следует рассматривать как такую разновидность концепции качества жизни, в которой в центр внимания помещается процесс социотехнического взаимодействия человека и цифровых технологий [32].

Развиваются методики оценки цифровизации социальной сферы. Например, Московская школа управления «Сколково» предложила методику расчета индекса цифровой жизни регионов, включающую показатели транспорта, финансов, торговли, здравоохранения, образования,

¹⁹ Digital Quality of Life Index 2020 (2020) *SurfShark*. [online] Available at: <https://surfshark.com/dql2020> [Accessed 15.12.2024]

медиа, администрации в разрезе цифрового спроса и предложения. Результаты продемонстрировали высокий уровень региональной дифференциации по данному индексу, что должно учитываться при развитии цифрового потенциала регионов [17].

Трендом современных методик оценки качества жизни в условиях цифровой экономики является включение субъективных оценок граждан не только на основе социологических опросов, но и на основе анализа «цифровых следов» в социальных медиа (форумах, группах, социальных сетях). В данном случае цифровые технологии становятся инструментом оценки качества жизни на основе машинного обучения, лингвистических методов и комбинированных подходов [33].

Преимущества анализа социальных сетей как информационной базы исследований отстаивали С. Санчес, М. Краглия, А. Брегг [34], А. Риган, П. Доддс, С. Данфорт [35]; главным преимуществом является тот факт, что полученная информация является более подробной и точной, доступной в любой момент, исследование является быстрым и не затратным. Главными недостатками метода «цифровых следов» (анализ цифровых медиа) являются погрешности репрезентативности выборки (представлены не все группы населения, что делает данные недостаточно надежными) и сложности с определением местоположения граждан [36]. Исследований сравнения результатов анализа методов «цифровых следов» и опросных методов недостаточно для однозначного вывода об эффективности первого [37].

Н. Ванг использовал данные Facebook²⁰ и шкалу удовлетворенности жизнью Э. Диенера [38], Я. Алган – данные Google Trends [39], К. Ву – данные Sina Weibo (сформировал City Happiness Index) [40]. Анализ цифровых следов для оценки субъективного качества жизни также производили такие исследователи, как Б. Хао [41], Х. Шварц [42], Л. Чен [43] и др. К. Беллет и П. Фрайтерс использовали методы больших данных по индивидуальным (обновления статуса в аккаунте пользователя, лайки) и агрегированным показателям (поисковые запросы, средние значения сети, тегов, обновлений, слова из сервиса Google Books и т.п.) и считали преимуществом цифровизации получение информации об индивидуальном поведении, процессах организма, перемещениях человека [44].

Е.В. Щекотин для изучения субъективного качества жизни в условиях цифровой экономики также считает возможным использовать метод «цифровых следов», так как они являются доказательством присутствия человека в виртуальном пространстве, отражают его цифровую идентичность [32]. В рамках экстериторной стратегии исследователя цифровые технологии являются внешним фактором для качества жизни населения. Интериорная стратегия включает цифровые процессы в качество жизни человека, делает их неотъемлемой частью удовлетворения его потребностей. Таким образом, оффлайн-жизнь человека не может быть отделена в условиях цифровой экономики и общества от его онлайн-жизни, а классическое качество жизни – от цифрового [32].

В итоге, несмотря на наличие большого количества исследований влияния цифровых технологий на качество жизни населения и развитие цифровых методов оценки объективного и субъективного его видов, концепция цифрового качества жизни до сих пор остается слабо разработанной в дефиниционных и структурных основах, в части инструментов формирования и оценки.

Несформированность методологическо-концептуальных основ цифрового качества жизни, инструментов его формирования и оценки является ключевой исследовательской проблемой. В условиях дальнейшего усиления государственно-регламентированного развития цифровой экономики и экономики данных, цифровой трансформации социальной сферы представляется необходимым обосновать сущностное содержание категории «цифровое качество жизни» и ввести ее в научно-практический оборот.

Цель исследования

Цель исследования – разработка теоретико-концептуальных основ категории «цифровое качество жизни», определение инструментов его формирования, развития и оценки. Достижение

²⁰ Запрещен на территории Российской Федерации.



указанной цели возможно на основе представленного литературного обзора эволюции теоретических воззрений относительно вопроса развития качества жизни в условиях цифровой экономики и цифрового общества, анализа практически реализуемых инструментов цифровизации различных сфер социальной жизни (образования, здравоохранения, социальной защиты, экологической и криминогенной безопасности, комфорта градостроительной среды и пр.), а также информационно-аналитических систем мониторинга развития социальной сферы на государственном уровне.

Задачи исследования:

1. Сформировать теоретико-концептуальные основы категории «цифровое качество жизни».
2. Разработать рамочные группы показателей оценки цифрового качества жизни населения.
3. Провести анализ внедрения цифровых инструментов для реализации различных интересов граждан.
4. Рассмотреть существующие информационно-аналитические системы для управления цифровым качеством жизни населения.

Методы исследования

Методы исследования представлены стандартными приемами описания, сравнения, системного анализа, синтеза, экономико-статистической оценкой, изучением исследований по теме в российских и зарубежных базах публикаций.

Практическая значимость результатов исследования заключается в возможности использования рекомендаций по формированию цифрового качества жизни населения для повышения степени удовлетворения разнообразных интересов граждан на федеральном и региональном уровнях.

Результаты и обсуждение

Классификация подходов к определению качества жизни населения может быть представлена как триединство следующих основных направлений (табл. 1): экономисты рассматривают качество жизни преимущественно через удовлетворение потребностей человека (жизнеобеспечивающих, социальных и духовных), в их интерпретации преобладает объективный подход на основе количественных показателей; психологи акцентируют внимание на ценностном подходе, трактуя ценности как некие установки в определенных сферах жизни, соответствие которым может быть измерено преимущественно с помощью субъективных методик, предполагающих применение метода социологического опроса.

Также существует смешанное направление, согласно которому рассматривается удовлетворение разнообразных интересов индивида, общества, группы – как потребностей, осознанных и формализованных, выраженных вовне и согласующихся с основными ценностными установками. Такая интерпретация качества жизни соответствует комбинированному объективно-субъективному подходу и позволяет эффективно дополнять объективные, преимущественно статистические показатели данными социологических опросов.

Таким образом, на наш взгляд, качество жизни населения представляет собой степень реализации жизнеобеспечивающих, социальных, духовных интересов человека, соответствие объективно сложившихся и субъективно ощущаемых характеристик его жизни внутренним ожиданиям и внешним стандартам.

Так как большинство современных интересов граждан удовлетворяется с помощью цифровых инструментов, становится возможным, на наш взгляд, формирование и развитие концепции цифрового качества жизни, что требует определения его дефиниционных основ. Агрегация представленных выше подходов к определению термина «качество жизни» и рассмотрения его цифровой составляющей в применении ко всем выделяемым группам интересов позволили предложить его авторское определение.

Таблица 1. Подходы к определению качества жизни населения
Table 1. Approaches to determining the quality of life of the population

Качество жизни – удовлетворение (реализация)		
Потребностей (экономический подход)	Ценностей (психологический подход)	Интересов (смешанный подход)
Исследователи ВЦУЖ Т.Ф. Матвеева, О.В. Глушакова Г.В. Калинина, Н.М. Зиганшина	специалисты ВНИИТЭ Е.Е. Давыдова, А.А. Давыдова Г.М. Зараковский, Л.А. Кузьмичев Б.Г. Степанова, А.С. Митчелос М. Бэйзер, Т.Н. Савченко, Г.М. Головина	Н.С. Маликов, С.А. Баженов

Цифровое качество жизни населения – это степень удовлетворения жизнеобеспечивающих, социальных и духовных интересов индивида за счет использования информационно-коммуникационных технологий. Основным условием для формирования цифрового качества жизни населения является развитие цифрового потенциала территории.

Основные показатели развития цифрового потенциала в социальной сфере и формирования цифрового качества жизни населения можно представить в рамках следующих групп: 1) показатели цифровизации социальной сферы (образования, здравоохранения, социальной защиты, рынка труда); 2) показатели цифровизации условий жизни (потребительских условий, охраны экологии и правопорядка, социальной инфраструктуры); 3) показатели цифровизации мнения населения (учета обращений жителей, субъективных оценок удовлетворенности различными сферами жизни, цифровых угроз); 4) показатели цифрового неравенства и цифровой дискриминации (освоение цифровых технологий различными группами населения, удобство использования цифровых технологий, различие в доходах профессиональных групп в отраслях с различным уровнем цифровизации) [5]. Эмпирическая база исследования: статистические и другие объективные данные с открытых источников, опросные методы, контент-анализ цифровых следов.

Первые две группы показателей (цифровизации социальной сферы и условий жизни), интегрирующие по большей части технические характеристики, так или иначе отражаются в существующих методиках оценки цифрового развития, цифровизации и цифровой зрелости социальной сферы. Показатели цифровизации мнения населения относительно различных аспектов качества его жизни (потребительских условий, охраны экологии и правопорядка, социальной инфраструктуры) включаются в ряд методик, но до сих пор их потенциал в использовании остается неполным. Более того, реализация социальных и духовных интересов граждан, в том числе за счет использования ИКТ, часто остается неохваченной системой объективных количественных показателей, что требует сбор субъективных оценок на постоянной основе (что сопряжено с существенными организационными и финансовыми усилиями).

Цифровизация мнения населения предполагает применение ИКТ для мониторинга оценки удовлетворенности населения в различных жизненных сферах (для удовлетворения жизнеобеспечивающих, социальных и духовных интересов), т.е. «оцифровку» субъективного качества жизни на основе опросных методов и применения анализа цифровых следов (современного метода оценки, основанной на контент-анализе цифровой деятельности индивидов по удовлетворению их потребностей и интересов в виртуальном пространстве, включающей активность в социальных сетях, тематических группах и форумах, и обращений жителей к органам власти через цифровые сервисы и пр.). Указанные методы могут и должны применяться на всех уровнях управления (муниципальном, региональном, федеральном) для оценки эффективности деятельности органов власти и оценки качества жизни населения.

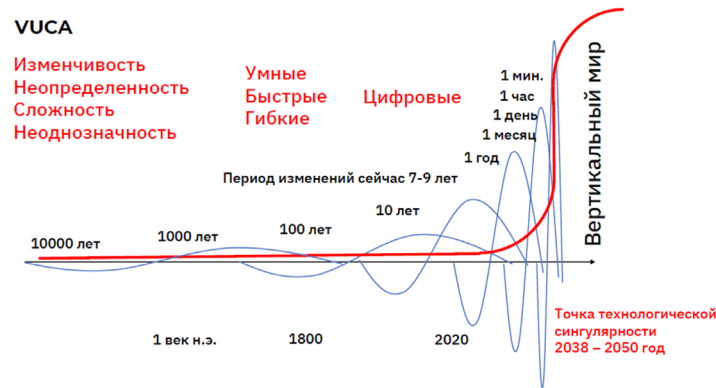


Рис. 4. Концепция VUCA-мира [5]
 Fig. 4. Concept of the VUCA world [5]

Особое внимание хотелось бы уделить показателям цифрового неравенства и цифровой дискриминации, которые остаются за гранью внимания практически всех существующих методик. Речь идет о существовании уязвимых в условиях цифровой экономики социальных групп с низкими цифровыми компетенциями, для которых необходимо создавать надежных помощников либо сохранять альтернативные пути получения социальных услуг, а также о наблюдаемом неравенстве в заработной плате работников «цифровых» и «нецифровых» отраслей, несмотря на то, что консервативный сектор может нести не меньшую пользу обществу, чем специалисты в области информационных технологий и смежных с ними отраслей. Слишком активное развитие технологий, порождаемое VUCA-миром с нарастающей технологической турбулентностью и стремлением к точке технологической сингулярности в 2038–2050 гг., о концепции которого говорят исследователи, в реальной бытовой жизни порождает цифровой стресс и сопротивление инновациям. Исследователи указывают, что современный мир перешел от концепции VUCA к концепциям BANI (Brittle (хрупкий), Anxious (тревожный), Nonlinear (нелинейный), Incomprehensible (непостижимый)) и SHIVA (Split (расщепленный), Horrible (ужасный), Inconceivable (невообразимый), Vicious (беспощадный), Arising (возрождающийся))²¹, еще в большей степени отражающим отрицательные эффекты цифровизации экономики и общества.

Футурологи прошлого (например, Э. Тоффлер в своей книге «Футурошок») предупреждали о том, что человек по своей биологической природе не приспособлен к столь быстрым изменениям и будет испытывать возрастающий стресс. Освоение возрастающего количества цифровых технологий в повседневной жизни требует постоянного мониторинга новых возможностей, освоения новых программ и сервисов, непрерывного цифрового образования, что связано с финансовыми и временными затратами. А непрерывная «бомбардировка» информационными потоками требует цифровой гигиены, т.е. фильтрации обилия регулярно обрушающейся на человека информации в целях возможности ее восприятия и усвоения, в желательной наиболее релевантной части.

Следовательно, несмотря на преимущества цифровизации социальной сферы, о которой говорят органы власти, идеологи и исследователи, существуют отрицательные экстерналии данного процесса, выражаемые в существовании описанных выше эффектов.

Тем не менее положительные экстерналии цифровизации имеют обширный перечень и позволяют существенно улучшить качество жизни населения. На рис. 5 представлены преимущества цифровизации социальной сферы, представленные в рамках классических ее областей (здравоохранение, образование, охрана правопорядка, демография, экологическая безопасность, социальная защита).

²¹ Кирикова А., Арбузова А. (2024) VUCA, BANI и SHIVA: буквы, объясняющие мир. РБК. Тренды. [online] Available at: <https://trends.rbc.ru/trends/futurology/62866fde9a794701a4c38ae4> [Accessed 26.01.2025]. (in Russian)



Рис. 5. Преимущества цифровизации социальной сферы

Fig. 5. Advantages of digitalization of the social sphere

Инструменты обеспечения цифрового качества жизни представляют собой, согласно авторскому подходу, информационно-коммуникационные технологии для повышения удовлетворения жизнеобеспечивающих, социальных и духовных интересов граждан на индивидуальном, групповом, муниципальном и государственном уровнях. Во многом они тождественны цифровым инструментам обеспечения качества жизни, широко освещаемым сегодня в государственной и муниципальной практике. Это программные продукты, сервисы, информационно-аналитические системы, цифровые модели и приложения, применяемые в социальной сфере. Их можно классифицировать по группам интересов, сферам приложения, технологической основе, субъектам управления, целевым группам пользователей и масштабу применения.

Рассмотрим инструменты обеспечения цифрового качества жизни по группам интересов населения (жизнеобеспечивающих, социальных, духовных).

В рамках удовлетворения жизнеобеспечивающих интересов граждан цифровые технологии организуют: доступ к качественным товарам и услугам; обеспечение их приемлемой цены и ассортимента на конкурентной основе; гарантию исполнения сделок за счет создания цифровых платформ интеграции предложений субъектов рынка, таргетированной рекламы, создания индивидуальных потребительских корзин на основе анализа предпочтений клиента, ассоциативных правил, развития электронной коммерции, формирования механизмов заключения и исполнения smart-контрактов на Blockchain.

Экологическая и криминогенная безопасность, автоматизация процессов бытового обслуживания, жилищное обеспечение, градостроительная инфраструктура реализуется за счет технологий интернета вещей (Internet of things, IoT), ИИ, цифровых двойников территории, технологий и проектов рынка национальной технологической инициативы HomeNet. Активно развиваются цифровые государственные услуги электронным правительством Российской Федерации, реализация которых, тем не менее, должна осуществляться с учетом всех категорий граждан с различным уровнем цифровых компетенций, наличием альтернативных консервативных методов получения услуг [45].

Регулирование рынка труда и занятости, обеспечение высокого уровня жизни (благополучия) с использованием ИКТ возможно за счет внедрения программных продуктов и сервисов для удаленной работы, онлайн-образования, цифровых моделей профессий и траекторий профессионального развития, систем предикативной аналитики динамики соотношения спроса



и предложения на рынке труда, формирования цены рабочей силы с учетом географического положения (для возможной трудовой миграции), платформ для поиска работы в соответствии с профилем работника и цифровых моделей профессий [5].

Реализация социальных и духовных интересов граждан также может быть повышена путем внедрения ИКТ [46]. В целях обеспечения эффективных коммуникаций могут быть использованы социальные сети, мессенджеры, тематические форумы и группы, цифровые навигаторы сообществ по интересам, новостные подборки на базе искусственного интеллекта. Развитие социальных институтов (брака, семьи, профессиональной кооперации, реализации общественно значимых ценностей) может происходить за счет распространения социальной рекламы на цифровых платформах, предоставления льгот для социально активных граждан при доступе к товарам и услугам, общественным благам, развития цифровых социальных профилей гражданина с позиции поиска наилучшего применения его способностей в общественных институтах [5].

В целях саморазвития и самореализации могут применяться цифровые продукты и сервисы в области образования, обеспечиваться возможность дистанционного получения образования, создаваться цифровые навигаторы образовательных программ, открытые цифровые лектории. В рамках реализации культурных интересов могут осуществляться цифровизация услуг учреждений культуры, виртуальные экспозиции, библиотеки, экскурсии с использованием средств виртуальной и дополненной реальности (virtual reality / augmented reality, VR/AR), внедрение QR-кодов для описания культурных объектов, продажа билетов онлайн, цифровые навигаторы объектов культуры.

Классификация инструментов обеспечения цифрового качества жизни по сферам приложения может быть произведена следующим образом (представлена расширенная структура социальной сферы, включающая удовлетворение не только жизнеобеспечивающих, но также социальных и духовных интересов граждан и позволяющая получить 15 областей):

- образование (электронные дневники, зачетные книжки, данные о посещаемости, успеваемости, питании учащихся, системы электронного документооборота, развития онлайн-образования);
- здравоохранение (виртуализация больничных баз данных о приемах у врача, пройденных обследованиях, выданных направлениях, электронные системы записи к специалистам);
- охрана правопорядка (снижение преступности благодаря выявлению правонарушений системами видеонаблюдения, использованию современных баз данных с распознаванием лиц на основе ИИ, цифровым методам проведения экспертизы);
- социальная защита (расширение перечня и повышение доступности социальных услуг для населения через платформу «Госуслуги», специализированные сервисы департаментов социальной защиты региона);
- экологическая безопасность (отслеживание параметров окружающей среды, загрязнений воздуха, воды, почв с помощью датчиков и детекторов, управление промышленным воздействием на природу, охрана лесов и водоемов с помощью электроники, автономных летательных аппаратов и пр.);
- рынок труда (внедрение электронных трудовых книжек и систем документооборота, создание условий для гибкой и дистанционной занятости за счет применения ИКТ и сервисов, облегчение аналитики динамического равновесия спроса и предложения на рынке труда, совершенствование порталов по поиску работы, облегчение возможности дистанционных собеседований с целью эффективной межрегиональной миграции);
- демография (формирование электронных баз данных о численности и составе населения, миграционных потоках, облегчение расчетов показателей рождаемости, смертности, миграционного прироста, повышение продолжительности жизни за счет улучшения условий труда на основе автоматизации);

- общественное потребление (внедрение цифровых технологий в коммерческие структуры, цифровая трансформация бизнеса, развитие интернет-торговли, маркетплейсов, сокращение цепочки доведения ценностного предложения предпринимательских структур до целевой аудитории потребителей, новые возможности поиска информации о товарах и услугах, создание условий для совершенной конкуренции и реализации ее преимуществ для потребителя на основе прозрачности информации, развитие платежных систем и терминалов);

- жилищная инфраструктура (внедрение системы сбора показаний счетчиков, совершенствование систем безналичных платежей за услуги ЖКХ, учет расходов в данных об использовании энергии, тепла и воды, снижение аварийности, интерактивный и оперативный сбор обращений граждан, проведение собраний собственников жилья с помощью онлайн-систем);

- градостроительство и проектирование общественных пространств (создание цифровых двойников муниципалитетов и регионов, моделирование на их основе оптимального градостроительного плана по количеству и этажности жилых домов, социальных учреждений различного типа (исходя из анализа численности и структуры жителей, ежедневных транспортных потоков), зон отдыха и экологических зон, плана строительства дорог, схемы работы дорожной техники);

- транспорт, связи, инфраструктура (формирование графов новых и модернизация существующих дорог, регулирование транспортных потоков, в том числе с помощью системы умных светофоров, датчиков движения, автоматической фиксации транспортных правонарушений, формирование плана ремонтных работ дорожного полотна и коммуникаций, развитие сети проводного и беспроводного интернета, мобильной связи современных типов);

- социальное взаимодействие, развитие социальных институтов (появление эффективных способов дистанционного создания и поддержания контактов между людьми на основе интернет-технологий, современных платформ для социального взаимодействия, объединение в социальные группы и общности на основе общих интересов, возможность подавать заявления в ЗАГС через цифровые государственные платформы);

- политическая жизнь (возможность обращений граждан к органам муниципальной и государственной власти через сервисы по сбору петиций, путем направления писем в виртуальные приемные, возможность широкой политической пропаганды и активности граждан в регулируемых законом рамках);

- культура, искусство, личностное духовное развитие (возможность покупки электронных билетов на посещение культурных мероприятий, электронных абонементов в библиотеки, курсов личностного роста и саморазвития за счет возможностей самообразования и онлайн-образования, применение VR/AR-технологий в искусстве для создания иммерсивных выставок, театров);

- путешествия (возможность онлайн-формирования туристических поездок в стандартном и модульном вариантах исходя из личных предпочтений, поиска и покупки билетов на транспорт, бронирования объектов размещения через специализированные платформы и сервисы при самостоятельных путешествиях, возможности VR/AR-технологий для онлайн-путешествий и первичного ознакомления с интересующей местностью).

Таким образом, применение цифровых инструментов позволяет наиболее эффективно управлять системой обеспечения качества жизни населения, так как они могут охватывать не только стандартные области социальной сферы (образование, здравоохранение и пр.), концентрирующиеся в основном на жизнеобеспечивающих интересах граждан, но также социальные и духовные их разновидности, не доступные ранее для мониторинга и регулирования в части удовлетворения со стороны органов государственного и муниципального управления и самого индивида.

Возможности ИКТ для формирования цифрового качества жизни лежат также в области моделирования и сценарного прогнозирования его будущего состояния и развития за счет развития



цифрового потенциала региона, а также создания сценарных карт цифрового развития в социальной сфере (предикативных моделей цифрового качества жизни при различных сценарных подходах; оценки влияния возможных экономических, социальных и цифровых шоков на возможность удовлетворения жизнеобеспечивающих, социальных и духовных интересов населения; оценки динамики развития негативных экстерналий цифровизации социальной сферы). Все аспекты социальной сферы региона уже давно накапливают цифровые изменения, интегрируясь в единую социальную экосистему обеспечения высокого качества жизни населения. Комплексность указанной экосистемы может быть продемонстрирована созданием цифровых двойников территорий.

Если говорить о цифровых двойниках региона и муниципалитета, то базовыми технологиями для их создания являются IoT и использование больших данных. Типичная архитектура муниципального (городского) цифрового двойника как первичного и наиболее часто проектируемого звена региональной системы включает несколько уровней. На базовом уровне производится сбор первичных разнородных данных с различных устройств, датчиков IoT (информация с видеокamer, данные о местонахождении и перемещении объектов, загазованности, уровне шума и пр.). Данная функция реализуется с помощью сенсорных устройств, может осуществляться дистанционно. Далее полученная информация получает первичную обработку в интегрированном центре (центре обработки данных, ЦОД), откуда распределяется в профильные системы (цифровые двойники инфраструктуры, экологии, энергетики, транспорта и пр.) [47].

Понятие цифрового двойника связано с концепцией «умного города», в котором обеспечиваются максимальная экономия ресурсов, снижение затрат и воздействия на окружающую среду, повышение качества товаров и услуг, качества жизни населения за счет использования современных инновационных технологий, IoT. «Умными» стали многие города по всему миру (Токио, Хельсинки, Москва, Сингапур, Бостон, Нью-Йорк, Стокгольм), в том числе за счет внедрения цифровых двойников городской экосистемы, позволяющих решить специфические городские проблемы конкретной территории, обеспечить ускоренные темпы развития городов и качество жизни их граждан [48].

Цифровая модель (двойник) города (виртуальная копия, собранная на основе информации с датчиков, летательных аппаратов, инструментов IoT и информационных баз) позволяет производить любые эксперименты над городской инфраструктурой в виртуальной среде для нивелирования рисков, снижения затрат, прогнозирования последствий отдельных преобразований. Она позволяет решить проблемы необходимости увеличения популяции жителей, обеспечения их товарами и услугами, транспортом, жилищной инфраструктурой, объектами социокультурного, социальными благами, рекреационными пространствами, а также проблемы модернизации запущенных районов и инфраструктурных объектов, оптимизации градостроительного плана, улучшения экологической ситуации, повышения эффективности использования муниципального и регионального бюджетов (бюджетные ограничения являются в цифровых двойниках одними из ключевых для решения оптимизационных задач имитационного моделирования).

В России реализации концепции «умного города» содействовала разработка соответствующего стандарта Министерством строительства Российской Федерации в 2019 г. в разрезе восьми направлений: вопросов управления городом, обеспечения эффективной работы системы ЖКХ, внедрение инструментов IoT в городскую экосистему, создание «умного» общественного транспорта, обеспечение экологической и городской безопасности, доступной для населения связи, сервиса и туристических услуг. Первыми проявлениями реализации концепции «умного города» в России и мире явилось создание сети «умных» светофоров в крупнейших городах, принимающих сигналы о дорожной ситуации и реагирующие на них сменой интенсивности транспортного потока. На текущий момент наиболее широко системы «умных» светофоров применяются в Мумбаи, Мадриде, Кито.

Цифровая модель (двойник) территории, таким образом, есть сущностная сумма двух таких популярных в последние годы слагаемых-концепций, как «умный город» и цифровой двойник; прототип реального города в виртуальной среде для тестирования возможных изменений под воздействием вынужденной или целенаправленно созданной динамики управляющих факторов, сигналов, а также – возможных рисков для качества жизни людей, экономики, общественной жизни.

Несмотря на активное развитие цифрового моделирования муниципалитетов и даже целых регионов, цифровых платформ для обеспечения данного процесса создано до сих пор немного ввиду их сложности и финансовой затратности. Наиболее известны в этой связи цифровые платформы Dassault Systemes (лидер в области оцифровки масштабных систем), 3DEXPERIENCITY (использовалась при создании цифровых моделей французского Ренна, индийского Джайпура, Сингапура, первого оцифрованного города в мире). Среди российских разработок наиболее известны платформы по созданию цифровых двойников территорий компаний DigiCity; ООО «Цифровой двойник»; Градостроительного института «Гипрогорпроект» (в строительной области цифровые модели отдельных районов и городов давно используются). Созданию цифровых двойников посвящены многие реализуемые на текущий момент научные гранты российских ученых, результаты осуществления которых мы увидим несколько позже.

В дальнейшем цифровые модели будут созданы в России в большинстве крупных городов (уже сегодня оцифрованы отдельные системы), после чего цифровизация затронет региональную систему в целом, цифровые модели будут демонстрировать сложное взаимодействие городских экосистем субъектов Российской Федерации между собой в экономическом, социальном, экологическом и др. отношениях. Актуальность создания городских и региональных цифровых моделей (двойников) в будущем будет только увеличиваться в связи с возрастающей потребностью в эффективных системах поддержки принятия решений региональными и муниципальными органами власти на основе цифровых технологий для формирования социально-экономической политики, повышения качества жизни граждан, превентивной аналитики рисков и тестирования вариаций модификации городской экосистемы и воздействующих на нее сигналов для их нивелирования [1]. Цифровые модели придут на смену популярному ранее и широко используемому индикативному планированию развития территории, вернее, включают его в свою цифровую экосистему.

Лидерами цифровизации городских экосистем в России ожидаемо являются ее крупнейшие города – Москва и Санкт-Петербург. Цифровые двойники муниципального развития предусмотрены в дорожных картах регионального развития указанных субъектов Российской Федерации с разработкой сопутствующих методических рекомендаций, активно применяются для моделирования городской экосистемы BIM-технологии. Среди других крупных городов цифровые модели создаются и совершенствуются в Тюмени, Калуге, Казани, Екатеринбурге, Кемерово.

Уже сегодня органы власти разработали ряд цифровых решений в рамках формирования единых информационных систем территориального пространства с комплексной автоматизацией: анонсированы создание ФГИС «Единая информационная платформа национальной системы управления данными», типового программного обеспечения витрины данных, цифровой аналитической платформы предоставления статистических данных, а также разработка аппаратно-программного комплекса «Безопасный город», единого реестра населения, геокода зданий и домохозяйств, ГИС «Территориальное планирование», реестра всех объектов социальной инфраструктуры, ГИС «ЖКХ», АИС «Безопасность дорожного движения» и пр. Также существует АИС «Электронный регион» (интегрирует данные о региональном развитии в цифровой сфере), развивается электронное правительство (оказание электронных услуг, используются единая биометрическая система, суперсервисы, системы электронных платежей, записи на прием в ведомство, мониторинг качества социальных государственных услуг). Существуют



прикладные отраслевые решения, способные со временем стать составными элементами единого цифрового пространства: электронные системы записи в детские сады, учета контингента обучающихся, создания единой образовательной среды, системы обеспечения ЕГЭ, развитие электронного здравоохранения (ЕГИСЗ), культуры и пр.²²

Сегодня существуют рейтинги регионов по эффективности внедрения информационных и цифровых технологий. Так, в рейтинге субъектов Российской Федерации по уровню развития информационного общества предусмотрено разделение всех регионов на пять групп в зависимости от уровня региональной информатизации по инфраструктурным (человеческий капитал, экономическая среда, ИКТ-инфраструктура и управление информатизацией) и отраслевым показателям (внедрение информационных технологий в отрасли электронного правительства, образования, здравоохранения, культуры, предпринимательства и торговли, сельского хозяйства, транспорта, социального управления, ЖКХ и др.). В первую вошли Москва, Санкт-Петербург, Ханты-Мансийский автономный округ, Ямало-Ненецкий автономный округ, Калининградская область. Методика утверждена в 2016 г. Советом по региональной информатизации Правительственной комиссии по использованию информационных технологий для улучшения качества жизни и условий ведения предпринимательской деятельности.

Использование цифровых технологий на уровне государственных социальных проектов и программ призвано способствовать: ускорению обмена данными между участниками (органами власти и ведомствами, населением, бизнесом, общественными организациями); прозрачной для общественности связи между затраченными средствами и полученными результатами; реализации полного государственного и общественного контроля, препятствующего коррупции и появлению ошибок; прогнозированию результатов в долгосрочной перспективе; доступности услуг для населения; снижению затрат в связи с экономией человеческих ресурсов.

Вместе с тем наблюдаются определенные сложности, связанные с внедрением цифровизации в управление государственными социальными программами и проектами: требование постоянного поддержания и развития цифровых компетенций государственных и муниципальных служащих, разработки специализированных программных продуктов и сервисов, отвечающих требованиям информационной безопасности; исправности технического оборудования для эксплуатации указанных программ (что не всегда возможно в некоторых отдаленных регионах в связи с отсутствием интернета); цифровой компетентности населения (что особенно затруднительно реализовать в отношении граждан пенсионного возраста и жителей отдаленных территорий без устойчивого доступа к сети).

Для устранения указанных проблем рекомендуются повышение цифровых компетенций всех участников системы управления государственными социальными программами и ее пользователей, развитие отечественных разработок государственных автоматизированных систем, техническое обеспечение органов власти и населения необходимыми средствами для доступа к системе, наличие адаптированных программ развития цифровых навыков у населения старшего возраста и альтернативных (консервативных, нецифровых) путей получения государственных социальных услуг.

Заключение

Проведенное исследование позволяет сделать следующие выводы:

1. Цифровое качество жизни отражает степень удовлетворения жизнеобеспечивающих, социальных и духовных интересов граждан с помощью использования ИКТ. Условием повышения цифрового качества жизни является формирование и развитие цифрового потенциала региона как перспективного уровня использования ИКТ в экономике и социальной сфере.

²² Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации. [online] Available at: <https://digital.gov.ru/ru/> [Accessed 15.12.2024]. (in Russian)

2. Для оценки цифрового качества жизни могут использоваться четыре блока показателей: цифровизации социальной сферы; цифровизации условий жизни; цифровизации мнения населения; цифрового неравенства и цифровой дискриминации.

3. Цифровые технологии активно применяются для реализации жизнеобеспечивающих, социальных и духовных интересов населения в рамках цифровизации сфер образования, здравоохранения, охраны правопорядка, социальной защиты, экологической безопасности, рынка труда, демографии, общественного потребления, жилищной инфраструктуры, градостроительства и проектирования общественных пространств, социального взаимодействия, развития социальных институтов, политической жизни, культуры, искусства, личностного духовного развития, путешествий и пр.

4. Существующие государственные информационно-аналитические системы для управления качеством жизни населения представлены фрагментарно, их развитие происходит в направлении формирования комплексной цифровой системы управления социальной сферой. Перспективным в этой отношении является развитие цифровых двойников территорий, развитие геоинформационных систем «Цифровой город» и «Цифровой регион».

Таким образом, цифровизация социальной сферы, экономики и общественной жизни – объективная и неотвратимая реальность, преимуществ которой для поддержания качества жизни населения существенно больше, а недостатки могут быть нивелированы все теми же цифровыми инструментами и должной степенью внимания государственных и муниципальных органов власти, формированием адаптивных программ цифрового развития.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. 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>
2. Мухачева А.В., Морозова Е.А. (2016) *Качество жизни в условиях кризиса: региональный аспект*, Кемерово: Кемеровский государственный университет.
3. Акулов А.О., Бабина С.И. [и др.] (2021) *Оценка социально-экономического состояния региона и реализации стратегии его развития*, Кемерово: Кемеровский государственный университет.
4. Lukyanov A.A., Gussenov B.S. (2023) Digitalization of the social sphere as a factor of strengthening the financial security of the region. *Статистика, учет и аудит*, 1 (88), 58–63. DOI: <https://doi.org/10.51579/1563-2415.2023-1.08>
5. Мухачева 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://www.doi.org/10.18334/epp.14.3.120602>
6. Katz R.L., Koutroumpis P. (2013) Measuring digitization: A growth and welfare multiplier. *Technovation*, 33 (10–11), 314–319. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2013.06.004>
7. Симакина М.А. (2012) Информационное общество как среда реализации нового качества жизни. *Московское научное обозрение*, 4–2 (20), 42–43.
8. Восколович Н.А. (2019) Измерение влияния цифровой трансформации сферы услуг на качество жизни населения. *Государственное управление. Электронный вестник*, 75, 6–23. DOI: <https://doi.org/10.24411/2070-1381-2019-00001>
9. Фомин М.В. (2016) Технологии качества жизни и постиндустриальная эпоха. *Вопросы философии*, 3, 139–146.
10. Горбашко Е.А. (2019) Цифровые технологии и их влияние на качество жизни. *Технико-технологические проблемы сервиса*, 4 (50), 71–76.
11. Ширинкина Е.В. (2021) Возможности цифровых технологий для повышения качества жизни. *Качество и жизнь*, 4 (32), 8–15. DOI: <https://doi.org/10.34214/2312-5209-2021-32-4-08-15>
12. Матасов А.М., Шкиотов С.В., Маркин М.И. (2022) Влияние цифрового неравенства на качество жизни населения: случай РФ. *Теоретическая экономика*, 12 (96), 143–150. DOI: https://doi.org/10.52957/22213260_2022_12_143

13. Федорова Л.П., Ремнев П.Ю. (2023) Об оценке влияния цифровых благ на качество жизни населения и экономическую безопасность личности. *Фундаментальные и прикладные исследования кооперативного сектора экономики*, 1, 72–77. DOI: <https://doi.org/10.37984/2076-9288-2023-1-72-77>
14. Сергеев А.А. (2021) Влияние цифровых технологий на экономику промышленных предприятий и качество жизни граждан России. *Экономика: вчера, сегодня, завтра*, 11 (12А), 211–223. DOI: <https://doi.org/10.34670/AR.2021.21.40.007>
15. Рахимова Б.Х. (2023) К вопросу о влиянии цифровых технологий на качество жизни населения. *Вестник ГГНТУ. Гуманитарные и социально-экономические науки*, 19 (2 (32)), 5–14. DOI: <https://doi.org/10.26200/GSTOU.2023.46.26.001>
16. Щекотин Е.В., Коварж Г.Ю. [и др.] (2020) Оценка качества жизни населения регионов РФ на основе цифровых данных: методологические аспекты. *Векторы благополучия: экономика и социум*, 3 (38), 138–156. DOI: [https://doi.org/10.18799/26584956/2020/3\(38\)/1020](https://doi.org/10.18799/26584956/2020/3(38)/1020)
17. Щеткина И.А., Лига Е.М., Захаров М.А. (2022) Цифровая модель качества жизни. *Гуманитарный вектор*, 17 (4), 58–68. DOI: <https://doi.org/10.21209/1996-7853-2022-17-4-58-68>
18. Деркаченко О.В. (2020) Кластеризация регионов России по качеству жизни населения и уровню цифровой экономики. *Вопросы региональной экономики*, 2 (43), 59–65. DOI: <https://doi.org/10.21499/2078-4023-2020-43-2-59-65>
19. Соложенцев Е.Д., Карасева Е.И., Распутин А.А., Яковлев М.Б. (2020) Управление качеством жизни человека в цифровой экономике. *Актуальные проблемы экономики и управления*, 1 (25), 66–71.
20. Якимова Т.Б. (2022) Цифровая экономика и ее влияние на уровень и качество жизни населения. *Российский экономический вестник*, 5 (1), 245–250.
21. 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>
22. Gu B., Liu J., Ji Q. (2022) The effect of social sphere digitalization on green total factor productivity in China: Evidence from a dynamic spatial Durbin model, *Journal of Environmental Management*, 320, art. no. 115946. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115946>
23. Dzobelova V., Davletbayeva N., Tegetaeva O., Yablochnikov S., Salamova A. (2024) Digitalization of the Social Sphere in Russia During the COVID-19 Pandemic: Analysis, Risks, Prospects. *Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East (AFE-2022)*, 733, 323–332. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-37978-9_31
24. Лига М.Б., Щеткина И.А., Вазыхова Н.А. (2022) *Цифровизация как средство повышения качества жизни лиц с ограниченными возможностями здоровья*, Чита: ЗабГУ.
25. 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>
26. Ebinger F., Omondi B. (2020) Leveraging Digital Approaches for Transparency in Sustainable Supply Chains: A Conceptual Paper. *Sustainability*, 12 (15), art. no. 6129. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12156129>
27. Веселов Ю.В. (2020) Доверие в цифровом обществе. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Социология*, 13 (2), 129–143. DOI: <https://doi.org/10.21638/spbu12.2020.202>
28. 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>
29. Щекотин Е.В. (2021) Цифровое качество жизни: контуры концепции. *Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения*, 16 (4), 1790–1793.
30. Atkinson R.D., Castro D.D. (2008) *Digital Quality of Life. Understanding the Personal & Social Benefits of the Information Technology Revolution*, Washington: ITIF. DOI: <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1278185>
31. 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>
32. 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/10.1177/187936652111034185>
33. Ravi K., Ravi V. (2015) A survey on opinion mining and sentiment analysis: tasks, approaches and applications. *Knowledge-Based Systems*, 89, 14–46. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2015.06.015>

34. Sánchez C.R., Craglia M., Bregt A.K. (2017) New data sources for social indicators: the case study of contacting politicians by Twitter. *International Journal of Digital Earth*, 10 (8), 829–845. DOI: <https://doi.org/10.1080/17538947.2016.1259361>
35. Cody E.M., Reagan A.J., Dodds P.S., Danforth C.M. (2016) Public Opinion Polling with Twitter. *ArXiv*, art. no. 1608.02024. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1608.02024>
36. Schober M.F., Pasek J., Guggenheim L., Lampe C., Conrad F.G. (2016) Social Media Analyses for Social Measurement. *Public Opinion Quarterly*, 80 (1), 180–21. DOI: <https://doi.org/10.1093/poq/nfv048>
37. Дудина В.И., Юдина Д.И. (2017) Извлекаемая мнения из сети Интернет: могут ли методы анализа текстов заменить опросы общественного мнения? *Мониторинг общественного мнения: экономические и социальные перемены*, 5, 63–78. DOI: <https://doi.org/10.14515/monitoring.2017.5.05>
38. Wang N., Kosinski M., Stillwell D.J., Rust J. (2014) Can Well-Being be Measured Using Facebook Status Updates? Validation of Facebook’s Gross National Happiness Index. *Social Indicators Research*, 115, 483–491. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11205-012-9996-9>
39. Algan Y., Murtin F., Beasley E., Higa K., Senik C. (2019) Well-being through the lens of the Internet. *PLoS ONE*, 14 (1), art. no. e020956. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209562>
40. Wu K., Ma J., Chen Z., Ren P. (2015) Analysis of Subjective City Happiness Index Based on Large Scale Microblog Data. *Web Technologies and Applications (APWeb 2015)*, 9313, 365–377. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-25255-1_30
41. Hao B., Li L., Gao R., Li A., Zhu T. (2014) Sensing Subjective Well-Being from Social Media. *Active Media Technology (AMT 2014)*, 8610, 324–336. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-09912-5_27
42. Schwartz H.A., Eichstaedt J.C., Kern M.L., Dziurzynski L., Lucas R.E., Agrawal M., Park G.J., Lakshminanth S.K., Jha S., Seligman M.E., Ungar L. (2013) Characterizing geographic variation in well-being using tweets. *Proceedings of the International AAAI Conference on Web and Social Media*, 7 (1), 583–591. DOI: <https://doi.org/10.1609/icwsm.v7i1.14442>
43. Chen L., Gong T., Kosinski M., Stillwell D., Davidson R.L. (2017) Building a profile of subjective well-being for social media users. *PLoS ONE*, 12 (11), art. no. e0187278. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0187278>
44. Bellet C., Frijters P. (2019) Big Data and Well-being. In: *World Happiness Report 2019* (eds. J. Helliwell, R. Layard, J. Sachs), New York: Sustainable Development Solutions Network, 97–122.
45. 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>
46. 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>
47. Мухачева А.В., Иванова О.Э., Парфенов А.А. (2022) Цифровые двойники городов: возможности и преимущества. *Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Экономика и управление*, 3–4 (55), 91–101. DOI: <https://doi.org/10.25686/2306-2800.2022.3-4.91>
48. Mukhacheva A.V., Ugryumova M.N., Morozova I.S., Mukhachyev M.Yu. (2021) Digital Twins of the Urban Ecosystem to Ensure the Quality of Life of the Population. In: *Proceedings of the International Scientific and Practical Conference Strategy of Development of Regional Ecosystems “Education–Science–Industry” (ISPCR 2021)*, 331–338. DOI: <https://doi.org/10.2991/aebmr.k.220208.047>

REFERENCES

1. Lukyanov A.A. (2023) Trends in the digitalization of the social sphere: advantages and disadvantages. *Tendencii razvitiia nauki i obrazovaniia [Trends in the development of science and education]*, 94 (4), 32–36. DOI: <https://doi.org/10.18411/trnio-02-2023-184>
2. Muhacheva A.V., Morozova E.A. (2016) *Kachestvo zhizni v usloviakh krizisa: regional'nyi aspekt [Quality of life in times of crisis: regional aspect]*, Kemerovo: Kemerovskii gosudarstvennyi universitet.
3. Akulov A.O., Babina S.I. et al. (2021) *Otsenka sotsial'no-ekonomicheskogo sostoiianiia regiona i realizatsii strategii ego razvitiia [Assessment of the socio-economic state of the region and the implementation of its development strategy]*, Kemerovo: Kemerovskii gosudarstvennyi universitet.

4. Lukyanov A.A., Gussenov B.S. (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://doi.org/10.51579/1563-2415.2023-1.08>
5. 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>
6. Katz R.L., Koutroumpis P. (2013) Measuring digitization: A growth and welfare multiplier. *Technovation*, 33 (10–11), 314–319. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2013.06.004>
7. Simakina M.A. (2012) Informatsionnoe obshchestvo kak sreda realizatsii novogo kachestva zhizni [Information society as an environment for the implementation of a new quality of life]. *Moskovskoe nauchnoe obozrenie [Moscow Science Review]*, 4–2 (20), 42–43.
8. Voskolovich N.A. (2019) Measuring the Impact of Digital Transformation of Services on the Quality of Life. *Public Administration. E-journal*, 75, 6–23. DOI: <https://doi.org/10.24411/2070-1381-2019-00001>
9. Fomin M.V. (2016) Life Quality Technologies and Postindustrial Era. *Voprosy Filosofii*, 3, 139–146.
10. Gorbashko E.A. (2019) Digital technologies and their influence on quality of life. *Technical and technological problems of the service*, 4 (50), 71–76.
11. Shirinkina E.V. (2021) The Potential of Digital Technology to Improve Quality of Life. *Quality and Life*, 4 (32), 8–15. DOI: <https://doi.org/10.34214/2312-5209-2021-32-4-08-15>
12. Matasov A.M., Shkiotov S.V., Markin M.I. (2022) The Impact of the Digital Divide on the Quality of Life of the Population: The Case of the Russian Federation. *Theoretical Economy*, 12 (96), 143–150. DOI: https://doi.org/10.52957/22213260_2022_12_143
13. Fedorova L.P., Remnev P.Y. (2023) On the Assessment of the Impact of Digital Goods on the Quality of Life of the Population and the Economic Security of the Individual. *Fundamental and applied research studies of the economics cooperative sector*, 1, 72–77. DOI: <https://doi.org/10.37984/2076-9288-2023-1-72-77>
14. Sergeev A.A. (2021) The impact of the digital economy on the added value of GDP and the quality of life. *Economics: Yesterday, Today and Tomorrow*, 11 (12A), 211–223. DOI: <https://doi.org/10.34670/AR.2021.21.40.007>
15. Rakhimova B.Kh. (2023) On the question of the impact of digital technologies on the quality of life of the population. *Herald of GSTOU. Humanitarian, social and economic sciences*, 19 (2 (32)), 5–14. DOI: <https://doi.org/10.26200/GSTOU.2023.46.26.001>
16. Shchekotin E.V., Kovarzh G.Yu. et al. (2020) Assessment of the population life quality in Russian regions based on digital data: methodological aspects. *Journal of Wellbeing Technologies*, 3 (38), 138–156. DOI: [https://doi.org/10.18799/26584956/2020/3\(38\)/1020](https://doi.org/10.18799/26584956/2020/3(38)/1020)
17. Shchetkina I.A., Liga E.M., Zakharov M.A. (2022) Digital Model of Quality of Life. *Humanitarian Vector*, 17 (4), 58–68. DOI: <https://doi.org/10.21209/1996-7853-2022-17-4-58-68>
18. Derkachenko O.V. (2020) Clustering of regions of Russia by the quality of life of the population and the level of the digital economy. *Problems of Regional Economy*, 2 (43), 59–65. DOI: <https://doi.org/10.21499/2078-4023-2020-43-2-59-65>
19. Solozhentsev E.D., Karaseva E.I., Rasputin A.A., Yakovlev M.B. (2020) Managing the quality of human life in the digital economics. *Aktual'nye problemy ekonomiki i upravleniia [Current issues of economics and management]*, 1 (25), 66–71.
20. Yakimova T.B. (2022) Digital economy and its impact on the level and quality of life population. *Russian Economic Bulletin*, 5 (1), 245–250.
21. Stukalenko E.A. (2021) Risks of the Digitalization of Life of the Population and Ways of Decreasing Them. *Ideas and Ideals*, 13 (4–1), 180–203. DOI: <https://doi.org/10.17212/2075-0862-2021-13.4.1-180-203>
22. Gu B., Liu J., Ji Q. (2022) The effect of social sphere digitalization on green total factor productivity in China: Evidence from a dynamic spatial Durbin model, *Journal of Environmental Management*, 320, art. no. 115946. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115946>
23. Dzobelova V., Davletbayeva N., Tegetaeva O., Yablochnikov S., Salamova A. (2024) Digitalization of the Social Sphere in Russia During the COVID-19 Pandemic: Analysis, Risks, Prospects. *Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East (AFE-2022)*, 733, 323–332. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-37978-9_31
24. Liga M.B., Shchetkina I.A., Vazykhova N.A. (2022) *Tsifrovizatsiia kak sredstvo povysheniia kachestva zhizni lits s ogranichennymi vozmozhnostiami zdorov'ia [Digitalization as a means of improving the quality of life of people with disabilities]*, Chita: ZabGU.

25. 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>
26. Ebinger F., Omondi B. (2020) Leveraging Digital Approaches for Transparency in Sustainable Supply Chains: A Conceptual Paper. *Sustainability*, 12 (15), art. no. 6129. DOI: <https://doi.org/10.3390/sul2156129>
27. Veselov Y.V. (2020) Trust in a digital society. *Vestnik of Saint Petersburg University. Sociology*, 13(2), 129–143. DOI: <https://doi.org/10.21638/spbu12.2020.202>
28. 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>
29. Shchekotin E.V. (2021) Digital quality of life: Contours of concept. *Health – the Base of Human Potential: Problems and Ways to Solve Them*, 16 (4), 1790–1793.
30. Atkinson R.D., Castro D.D. (2008) *Digital Quality of Life: Understanding the Personal & Social Benefits of the Information Technology Revolution*, Washington: ITIF. DOI: <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1278185>
31. 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>
32. 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>
33. Ravi K., Ravi V. (2015) A survey on opinion mining and sentiment analysis: Tasks, approaches and applications. *Knowledge-Based Systems*, 89, 14–46. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2015.06.015>
34. Sánchez C.R., Craglia M., Bregt A.K. (2017) New data sources for social indicators: the case study of contacting politicians by Twitter. *International Journal of Digital Earth*, 10 (8), 829–845. DOI: <https://doi.org/10.1080/17538947.2016.1259361>
35. Cody E.M., Reagan A.J., Dodds P.S., Danforth C.M. (2016) Public Opinion Polling with Twitter. *ArXiv*, art. no. 1608.02024. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1608.02024>
36. Schober M.F., Pasek J., Guggenheim L., Lampe C., Conrad F.G. (2016) Social Media Analyses for Social Measurement. *Public Opinion Quarterly*, 80 (1), 180–21. DOI: <https://doi.org/10.1093/poq/nfv048>
37. Dudina V.I., Iudina D.I. (2017) Mining opinions on the Internet: can the text analysis methods replace public opinion polls? *Monitoring of Public Opinion: Economic and Social Changes*, 5, 63–78. DOI: <https://doi.org/10.14515/monitoring.2017.5.05>
38. Wang N., Kosinski M., Stillwell D.J., Rust J. (2014) Can Well-Being be Measured Using Facebook Status Updates? Validation of Facebook’s Gross National Happiness Index. *Social Indicators Research*, 115, 483–491. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11205-012-9996-9>
39. Algan Y., Murtin F., Beasley E., Higa K., Senik C. (2019) Well-being through the lens of the Internet. *PLoS ONE*, 14 (1), art. no. e020956. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209562>
40. Wu K., Ma J., Chen Z., Ren P. (2015) Analysis of Subjective City Happiness Index Based on Large Scale Microblog Data. *Web Technologies and Applications (APWeb 2015)*, 9313, 365–377. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-25255-1_30
41. Hao B., Li L., Gao R., Li A., Zhu T. (2014) Sensing Subjective Well-Being from Social Media. *Active Media Technology (AMT 2014)*, 8610, 324–336. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-09912-5_27
42. Schwartz H.A., Eichstaedt J.C., Kern M.L., Dziurzynski L., Lucas R.E., Agrawal M., Park G.J., Lakshmikanth S.K., Jha S., Seligman M.E., Ungar L. (2013) Characterizing geographic variation in well-being using tweets. *Proceedings of the International AAAI Conference on Web and Social Media*, 7 (1), 583–591. DOI: <https://doi.org/10.1609/icwsm.v7i1.14442>
43. Chen L., Gong T., Kosinski M., Stillwell D., Davidson R.L. (2017) Building a profile of subjective well-being for social media users. *PLoS ONE*, 12 (11), art. no. e0187278. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0187278>
44. Bellet C., Frijters P. (2019) Big Data and Well-being. In: *World Happiness Report 2019* (eds. J. Helliwell, R. Layard, J. Sachs), New York: Sustainable Development Solutions Network, 97–122.
45. 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>



46. 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>

47. Mukhacheva A.V., Ivanova O.E., Parfenov A.A. (2022) City Digital Twins: Opportunities and Benefits. *Vestnik of Volga State University of Technology. Series: Economics and Management*, 3–4 (55), 91–101. DOI: <https://doi.org/10.25686/2306-2800.2022.3-4.91>

48. Mukhacheva A.V., Ugryumova M.N., Morozova I.S., Mukhachyev M.Yu. (2021) Digital Twins of the Urban Ecosystem to Ensure the Quality of Life of the Population. In: *Proceedings of the International Scientific and Practical Conference Strategy of Development of Regional Ecosystems “Education-Science-Industry” (ISPCR 2021)*, 331–338. DOI: <https://doi.org/10.2991/aebmr.k.220208.047>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT AUTHOR

МУХАЧЁВА Анна Валентиновна

E-mail: oblakko@mail.ru

Anna V. MUKHACHEVA

E-mail: oblakko@mail.ru

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

Поступила: 17.12.2024; Одобрена: 04.02.2025; Принята: 05.02.2025.

Submitted: 17.12.2024; Approved: 04.02.2025; Accepted: 05.02.2025.

Regional and branch economy

Региональная и отраслевая экономика

Research article

UDC 332.1

DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18104>

EDN: <https://elibrary/ITBVXO>



ASSESSING THE IMPACT OF SOCIAL FACTORS ON THE SUSTAINABLE ECONOMIC DEVELOPMENT OF CHINA AND ITS REGIONS

N.G. Viktorova  , Lyu Lingli

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

 viknata@mail.ru

Abstract. This study examines the extent and nature of the impact of social factors on the sustainable economic development of China and its regions. Thus, based on the entropy method, the integral index of China's sustainable economic development was calculated, which became an explanatory variable in the regression analysis. The regression analysis of panel data of 30 Chinese provincial-level administrative regions covering the period from 2012 to 2021 resulted in the construction of three fixed-effect models showing the relationship between each of the socially-oriented dependent variables, as well as their totality, and sustainable economic development. The type of models was selected using the Hausman test and, to ensure reliability, an analysis of both the overall sample and its regional heterogeneity was carried out in addition to the reliability tests. According to the results of the study, one of the social factors (aging of the population) can contribute significantly to China's economic stability. At the same time, the second social factor – the growing participation of the population in pension insurance – has a negative impact on the Chinese economy. The combination of these factors does not have a significant impact on China's sustainable economic development. The study also shows that the impact of the social factors analyzed on economic sustainability differs in the eastern, central and western provinces of China. Based on the empirical results of the study, the following recommendations are proposed for China's sustainable economic development in the face of social challenges (aging of the population): to expand the use of the consumer potential of the senior population, and to develop this group as human resources; to promote the rational distribution of the factors of production among provinces by coordination of the state's regional policies. These recommendations can be used by the government to formulate a strategy for the sustainable economic development of China and its provinces. The research results will also be beneficial for businesses aiming to adapt their corporate environment to emerging realities and trends.

Keywords: sustainable economic development, state, region, social factors

Acknowledgements: The research was financially supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the framework of the state assignment “Development of a methodology for instrumental base formation for analysis and modeling of the spatial socio-economic development of systems based on internal reserves in the context of digitalization” (FSEG-2023-0008).

Citation: Viktorova N.G., Lyu L. (2025) Assessing the impact of social factors on the sustainable economic development of China and its regions. *π-Economy*, 18 (1), 80–92. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18104>



Научная статья

DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18104>

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НА УСТОЙЧИВОЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ КИТАЯ И ЕГО РЕГИОНОВ СОЦИАЛЬНЫХ ФАКТОРОВ

Н.Г. Викторова  , Люй Линли

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

 viknata@mail.ru

Аннотация. В данном исследовании рассмотрены степень и характер влияния социальных факторов на устойчивое экономическое развитие Китая и его регионов. Так, на основе энтропийного метода рассчитан интегральный индекс устойчивого экономического развития Китая, который стал объясняемой переменной в регрессионном анализе. Результатом регрессионного анализа панельных данных по 30 административным районам Китая на уровне провинций за период с 2012 по 2021 год Китая стало построение трех моделей с фиксированными эффектами, показывающими связь между каждым из объясняющих показателей социальной направленности, а также по их совокупности и устойчивым экономическим развитием. Для определения выбора типа моделей был использован тест Хаусмана, а для обеспечения надежности результатов исследования был проведен анализ всей выборки и региональной неоднородности, а также тесты на надежность. По результатам исследования доказано, что один из социальных факторов (старение населения) может в значительной степени способствовать экономической устойчивости Китая. В то же время второй социальный фактор (рост участия населения в пенсионном страховании) негативно влияет на китайскую экономику. Совокупность этих факторов не оказывает существенного влияния на устойчивое экономическое развитие Китая. В исследовании также показано, что влияние на экономическую устойчивость анализируемых социальных факторов различается в восточных, центральных и западных провинциях Китая. Основываясь на эмпирических результатах исследования, предложены следующие рекомендации по устойчивому экономическому развитию Китая в условиях социальных вызовов (старения населения): расширять использование потребительского потенциала пожилого населения, развивать человеческие ресурсы пожилого возраста; содействовать рациональному распределению факторов производства в разрезе провинций посредством координации региональной политики государства. Эти рекомендации могут быть использованы правительством при формировании стратегии устойчивого экономического развития Китая и его провинций. Результаты исследования также будут полезны бизнесу для адаптации корпоративной среды к новым реалиям и трендам.

Ключевые слова: устойчивое экономическое развитие, государство, регион, социальные факторы

Благодарности: Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания «Разработка методологии формирования инструментальной базы анализа и моделирования пространственного социально-экономического развития систем в условиях цифровизации с опорой на внутренние резервы» (FSEG-2023-0008).

Для цитирования: Викторова Н.Г., Люй Л. (2025) Оценка влияния на устойчивое экономическое развитие Китая и его регионов социальных факторов. *П-Еconomy*, 18 (1), 80–92. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18104>

Introduction

Many factors influence country's sustainable economic development, which is a goal that integrates the economic, social and environmental dimensions [25]. It aims to meet current human needs without compromising the ability of future generations to meet their own needs. The economic component of development is closely related to the social one. The influence of the economic system on the social system and vice versa has been proven by science and practice [30]. Historical social challenges over the

millennia have included water and food shortages, inequality and various other social phenomena [26, 27]. Modern aspects of social tensions include the problems of urbanization, population aging and declining birth rates. The expansion of the range of social issues requires a rethinking of economic policy in terms of sustainable development in every country [28]. However, to generate effective management decisions, it is essential to understand the relationship between specific social factors unique to a particular state and its economic system [29].

Thus, for China, the population aging is a major trend in global demographic development and an important challenge in the economic and social development. At present, Chinese society is in the transition stage from a mildly aging society to a moderately aging society [1]. In the context of actively coping with population aging, achieving sustainable economic development has become an urgent issue. The impact of population aging on the economy and society is multifaceted [2]. On the one hand, population aging reduces the effective supply of labor, affecting enterprise production and economic development, but population aging will also force enterprises to replace labor with technology, stimulate the endogenous power of innovation, thus promoting economic development. On the other hand, the increase in population aging leads to an increase in financial risks associated with formation of a pension fund, and, therefore, measures are constantly being taken to adjust the participation of the population in pension insurance. As can be seen, both the aging of the population and its participation in the pension insurance are important factors influencing the sustainable economic development of a country. Therefore, the purpose of the study is to assess the extent and nature of the impact of modern social factors on the sustainable economic development of China and its regions. Research objectives are as follows:

- identify the impact of population aging on China's sustainable economic development;
- determine the impact of population participation in pension insurance on China's sustainable economic development;
- assess the impact of a combination of two above factors on the sustainable economic development of China;
- analyze the heterogeneity of the impact of aging of the population and its participation in pension insurance on sustainable economic development in different regions of China (eastern, central and western);
- develop recommendations for improving China's national and regional economic policies, taking into account the issues of aging of the population and its participation in pension insurance.

Literature review

Recent studies on the impact of population aging on the economic stability of the state has led to a variety of conclusions, with most studies suggesting that population aging has a constraining effect on economic growth. For example, in [3] Malaysia's 1981–2019 panel data was examined, and the results showed that the increase of population aging has a negative impact on economic growth. In [4], based on Chinese provincial panel data, it was found that population aging hinders economic development, while human capital, technological innovation and social security effectively mitigate its negative impact. In [5] it was pointed out that population aging significantly reduces the level of high-quality economic development in the region and neighboring regions. However, there are also studies that have opposite findings. Some studies have shown that population aging has a promoting effect on economic growth. For example, in [6] it is argued that population aging will have a positive impact on economic development in the long run. In [7] and [8] it was confirmed that population aging promotes high-quality economic development with financial stability and human capital as mediating variables. In [9] China's Inner Mongolia Autonomous Region was taken as the research area and it was verified that population aging significantly promotes high-quality economic development in ethnic areas. This shows that there is still no consensus on the impact of population aging on sustainable economic development.

There are even fewer studies on the impact of participation of the population in pension insurance on sustainable economic development. In the current situation, China has a pronounced trend of negative



population growth and population aging, which poses significant risks to the state pension system and could lead to a serious pension crisis. Based on the current basic pension insurance premium rates, pension fund income and expenses, in [10], using mathematical and actuarial modeling, the fund balance dynamics was assessed and a series of recommendations to reduce the pressure on income and expenses of the funds was proposed. In [11] it was suggested that the downward adjustment of the enterprise pension insurance contribution rate has become an important measure to reduce the burden on enterprises, stimulate market vitality and promote long-term stable economic growth. In [12] the authors prioritized economic growth maximization and established a pension insurance equilibrium model, which concluded that the optimal contribution rate is lower than the realistic collection rate. The research [13] pointed out that a higher contribution rate of enterprise pension insurance would limit the income and benefit level of ordinary employees, which is not conducive to the accumulation of employees' human capital, resulting in a shortage of qualified professionals, difficulties in industrial upgrading, and impediments to product innovation, etc. In general, a high compulsory participation in the pension system is not conducive to the accumulation of human capital. On the contrary, it may further constrain economic growth, contribute to a shortage of pension fund accumulation, and negatively impact government revenues and expenditures. It is important to note that few studies are devoted to the relationship between population aging and its participation in pension insurance. In [14] it was found that population aging and declining fertility rate would cause an increase in pension insurance expenditures, which may trigger the payment risk of pension insurance. In [15] it was found that aging will directly or indirectly increase the pressure of urban workers' pension insurance payments. Therefore, in the face of increasing population aging, which leads to increased pension insurance payment pressure, the pension insurance participation rate will also increase.

A review of the literature has shown the relevance of the present research on the assessment of a country's sustainable economic development under the influence of interrelated factors: population aging and its participation in pension insurance. Let us formulate three hypotheses of the proposed study.

Population aging significantly influences sustainable economic development through labor supply, human capital and consumption [16]. It reduces labor supply and increases costs, but at the same time stimulates technological innovation in businesses [17]. With an increase in life expectancy, the return on investment in education increases, which results in a higher level of education and human capital development [18]. Population ageing also increases consumer demand, particularly in the healthcare sector due to rising morbidity and medical costs, contributing to the development of the elderly care and healthcare industries. It is necessary to use the consumption potential of the elderly in the entertainment and cultural sector, promoting the development of the "silver" economy. Therefore, the first hypothesis is proposed: Population aging positively affects sustainable economic development [19].

An increase in the participation rate in pension insurance can increase the financial burden on the state and society in the context of an aging population. An increase in the participation rate leads to an increase in pension payments, which can lead to a strain on the pension system if income growth lags behind expenditure growth, which will negatively affect the economy [20]. An increase in the participation rate may also lead to earlier retirements, reducing labor supply and dampening productivity [21]. In addition, enterprises may need to raise wages to ensure that they have enough labor, which will lead to higher costs. While the pension system aims at improving social welfare and combating poverty, it could increase intergenerational inequality, with younger cohorts bearing a higher tax burden to fund pensions for the elderly [22]. Based on the above analysis, the second hypothesis is proposed: An increase in population participation in pension insurance can have a negative impact on sustainable economic development.

In recent years, the continuous intensification of population aging and the continuous adjustment of the pension insurance system, with the pension insurance participation rate continuously increasing, the negative impact of the increase in the pension insurance participation rate on sustainable economic

development may affect the impact of population aging on sustainable economic development. Based on the above analysis, the third hypothesis is proposed: An increase in the pension insurance participation rate mitigates the impact of population aging on sustainable economic development.

Methods and materials

The study is based on panel data from 30 provincial-level administrative regions in China covering the period from 2012 to 2021 and uses the regression analysis method. The result of the study was the construction of three fixed-effect models showing the impact of population aging and participation of the population in pension insurance on China's sustainable economic development.

The integral index of sustainable economic development (*sed*) is selected as the dependent variable in the model. This indicator is based on the approach in [23], according to which, a set of indicators of China's sustainable economic development was classified into five groups:

- 1) innovation;
- 2) coordination;
- 3) green development;
- 4) openness;
- 5) sharing.

The set of indicators is presented in Table 1.

The entropy method was used to assign weights to each indicator, and the resulting weights were used to calculate the comprehensive index of sustainable economic development for 10 provinces (cities) in China over the period 2012–2021.

The comprehensive evaluation model and specific steps of the entropy value method are as follows [31]:

(1) Indicator standardization.

Positive indicators:

$$X'_{ij} = \frac{X_{ij} - \min(X_{ij})}{\max(X_{ij}) - \min(X_{ij})}.$$

Negative indicators:

$$X'_{ij} = \frac{\min(X_{ij}) - X_{ij}}{\max(X_{ij}) - \min(X_{ij})},$$

where i stands for the province ($i = 1, 2, \dots, n$), j is the indicator ($j = 1, 2, \dots, m$), X_{ij} is the original indicator, X'_{ij} is the standardized indicator, and $\max(X_{ij})$ and $\min(X_{ij})$ are the maximum and minimum values of the original indicator, respectively.

(2) Calculation of the proportion of the indicator accounted for by the i -th province under the j -th indicator.

$$P_{ij} = \frac{X'_{ij}}{\sum_{i=1}^n X'_{ij}}.$$

(3) Calculation of the information entropy e_j of the indicator.

$$e_j = -\frac{1}{\ln(n)} \sum_{i=1}^n P_{ij} \ln(P_{ij}).$$



Table 1. The set of sustainable economic development indicators for China [31]

Dimension	Norm	Unit	Indicator properties	Weights
Innovation (0.4305)	Science and technology expenditures as a share of fiscal expenditures	%	+	0.0676
	R&D staff full-time equivalent	man-year	+	0.1213
	Technology market turnover/GDP	%	+	0.1406
	Number of domestic three kinds of patent applications authorized for 10000 people	item	+	0.1010
Coordination (0.1204)	GDP per capita by region as % of national GDP per capita	%	+	0.0520
	Ratio of annual per capita disposable income of urban and rural residents	–	–	0.0121
	Share of added value of tertiary sector in GDP	%	+	0.0246
	Share of local fiscal expenditure on culture, sports and media in fiscal expenditure	%	+	0.0317
Green (0.0474)	Non-hazardous treatment rate of domestic waste	%	+	0.0042
	Greening coverage in built-up areas	%	+	0.0120
	Electricity consumption per unit of GDP	kWh/\$	–	0.0070
	Share of environmental protection expenditure in fiscal expenditure	%	+	0.0242
Openness (0.2440)	Total exports and imports of goods/regional GDP	%	+	0.0779
	Number of foreign-invested enterprises	classifier for households	+	0.1461
Sharing (0.1777)	Urban registered unemployment	%	–	0.0195
	Public library holdings per capita	classifier for volumes of books	+	0.0658
	Teacher-student ratio in general colleges	%	+	0.0314
	Physicians per 10,000 people	man	+	0.0278
	Share of social security expenditure in local general public budget expenditure	%	+	0.0332

(4) Calculation of the information redundancy of the j -th indicator d_j .

$$d_j = 1 - e_j.$$

(5) Calculation of the weight of each indicator w_j .

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^m d_j}.$$

(6) Determination of the integrated indicator of sustainable economic development (sed_i), which is then used as the basis for subsequent regression analysis.

$$sed_i = \sum_{j=1}^m w_j \times X'_{ij}.$$

The following two indicators were selected as **dependent variables** for the regression analysis:

- 1) population aging as an indicator calculated as a percentage of the population aged 65 years and over;
- 2) rate of participation in the pension insurance, which is an indicator calculated as a percentage of the population covered by the basic pension insurance.

Control variables were also identified:

- 1) level of human capital, measured by the average number of students enrolled in higher education institutions per 100000 inhabitants;
- 2) employment rate, measured as the ratio of employment at the end of the year to the total population of each province and city;
- 3) urban population density, expressed as the ratio of the urban population to the urban area;
- 4) level of government support (gov), measured by the share of budget expenditure in GDP.

The regression models are as follows:

$$sed_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 aging_{it} + \alpha_2 control_{it} + \mu_i + \sigma_t + \varepsilon_{it}; \quad (1)$$

$$sed_{it} = \beta_0 + \beta_1 pension_{it} + \beta_2 control_{it} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it}; \quad (2)$$

$$sed_{it} = \nu_0 + \nu_1 aging_{it} + \nu_2 pension_{it} + \nu_3 (aging \times pension) + \nu_4 control_{it} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it}. \quad (3)$$

In (1) the direct impact of population aging on sustainable economic development is analyzed, while (2) focuses on the direct impact of population participation in pension insurance on sustainable economic development.

To construct (3), based on (1) and (2), the coefficient of interaction between the two factors under consideration was incorporated to investigate the deterrent effect of population participation in pension insurance. In the equation i is a province (or an autonomous region, or a municipality directly subordinated to the central government), t is the year, sed is an integral indicator of sustainable economic development, $aging$ is an indicator of population aging, $pension$ is the coefficient of participation of the population in pension insurance, $aging \times pension$ is an indicator of the relationship between population aging and the coefficient of the population participation in pension insurance, $control$ is **the control variables**: human capital (human), the level of employment in relation to the employer (employ), and the level of employment in relation to the employee (employee), the coefficient of population participation in pension insurance (pension), population density (density), and the level of government support (gov); μ_i is a fixed effect for a region, δ_t is a fixed effect for a year, and e_{it} is a random disturbance.

Results and discussion

To solve the problem of selecting a fixed effect model and a random effect model for testing, the Hausman test was used. It showed $P = 0.000$, which indicates that the original hypothesis of using a random effect model is rejected [24]. Therefore, in this study, a fixed effect model was selected for the regression analysis.

Table 2 shows the regression results for the entire sample. The first column shows the results of regression analysis of the influence of population aging factor on sustainable economic development, and the coefficient of population aging here is positive and provides a contribution to sustainable economic development at the level of 1%, which confirms the first hypothesis. If we analyze the reason for this, it may be that population aging will increase the demand of the elderly for pension and health care and other goods and services. This will lead to the modernization of pension, health care and other industries, thus forming a new point of economic growth, which will have a positive impact on the sustainable development of the economy. This will have a positive impact on the sustainable economic development.

**Table 2. Full sample regression results**

Variables	(1)	(2)	(3)
aging	0.011***		0.011***
pension		-0.005***	-0.003***
aging×pension			0.000
human	0.021**	0.113***	0.058***
employ	0.007**	0.008**	0.008**
density	0.000***	0.000***	0.000***
gov	0.000	0.001	0.000
constant	-0.717**	-0.707*	-0.749**
observations	300	300	300
R^2	0.584	0.515	0.617
<i>Province</i> NF	YES	YES	YES
<i>Year</i> NF	YES	YES	YES

* $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

Column (2) shows the results of the regression analysis of the effect of the pension insurance participation rate on economic sustainability. It is negative and has a significance of 1%, which means that a higher pension insurance participation rate has a significant negative effect on economic sustainability, and the second hypothesis is confirmed. Column (3) shows the results of the regression analysis of the relationship between population aging and pension insurance participation rate, and it has no significant effect on economic sustainability. The third hypothesis remains untested, likely because the design and implementation of the pension insurance system were based on the reality of population aging. As a result, the influence of population participation in pension contributions on sustainable development cannot be effectively measured, as the system inherently accounts for the effects of population aging.

As can be seen from Table 2, the regression analysis results of the intercept terms in Equations (1–3) are all significant at the 10% level, and this research selected panel data of 30 provincial administrative regions in China from 2012 to 2021, thus generating 300 observations, and all of them have R^2 greater than 0.5, which indicates that the model has a strong explanatory power. Fixed effects for province and year were done in the regression model.

Next, a heterogeneity test was performed. China occupies a vast geographical area, and the level of population aging may vary in different regions, and the impact of population aging on high-quality economic development may also differ. Therefore, for the purpose of this study, China is divided into three regions based on factors such as geographic location, natural environment, level of economic development and cultural differences: eastern, central and western regions.

The eastern region, which has earlier economic development, may face more serious problems of aging, and its population aging and pension insurance participation may be different from that of other regions. While the central and western regions may be less developed economically than the eastern one, they have unique advantages in terms of resources, labor force and market potential, but they age differently because of differences in population flows and fertility rates. This research further explores the correlation between population aging, pension insurance participation rate and sustainable economic development from the perspective of regional heterogeneity (see Table 3).

In the study, the regions of China are divided into three groups:

1) the eastern region, including Beijing, Tianjin, Hebei, Liaoning, Shanghai, Jiangsu, Zhejiang, Fujian, Shandong, Guangdong and Hainan;

2) the central region, including Shanxi, Jilin, Heilongjiang, Henan, Hubei, Hunan, Anhui, and Jiangxi;

3) the western region, including Inner Mongolia, Chongqing, Sichuan, Guangxi, Guizhou, Yunnan, Shaanxi, Gansu, Qinghai, Ningxia, and Xinjiang.

Table 3. Regression results based on regional heterogeneity analysis

	Eastern region			Central Region			Western region		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
aging	0.011***		0.014***	0.001		-0.009*	0.010***		0.001
pension		-0.014***	-0.007***		-0.002**	-0.005***		-0.001*	-0.003**
aging×pension			0.000			0.000			0.000
human	0.024	0.135***	0.120***	0.077***	0.100***	0.062***	0.009	0.054***	0.013*
employ	0.015	-0.002	0.007	0.019***	0.019***	0.016***	0.002	0.002	0.005*
density	0.000***	0.000***	0.000***	0.000**	0.000**	0.000	0.000	0.000	0.000
gov	-0.000	0.001	0.001	-0.002**	-0.002**	0.000	-0.000	-0.000	-0.000
constant	-1.389	0.411	-0.639	-1.833***	-1.828***	-1.431***	-0.227	-0.086	-0.378
observations	110	110	110	80	80	80	110	110	110
R ²	0.615	0.588	0.700	0.802	0.813	0.843	0.733	0.593	0.747
Province NF	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
Year NF	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES

* $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

Columns (1) and (7) show that population aging has a significant positive effect on sustainable economic development in the eastern and western regions, which has a significance level of 1%. In contrast, column (4) shows that in the central region, population aging has no significant effect on sustainable economic development, and the central region shows weaker results than the eastern and western regions. The reason for this difference may be that the labor supply structure and industrial structure of the central region need to be improved. In order to fully realize the positive effects of population aging on sustainable economic development, the central region should further improve the allocative efficiency and optimize the industrial structure.

Columns (2) and (5) show that in the eastern and central regions, the pension insurance participation rate has a negative effect on the sustainable economic development and the significance level is 1% and 5%, respectively. Column (8) shows that the effect of pension insurance participation rate on the sustainable economic development of the western region is negative and the significance level is 10%. The reason may be that the western region is less industrially developed, its economic foundation is weaker, the pension insurance participation rate is theoretically lower, and the impact on the sustainable economic development is not significant.

The next step was to test the robustness of the models. For this purpose, the leave-out method of for the robustness test was used in order to ensure the stability of the test results. Beijing, Shanghai, Tianjin and Chongqing, as municipalities directly under the central government, may differ significantly from other provinces (autonomous regions) in terms of economic development, the degree and speed of population aging and social burden, and thus the impacts of population aging on sustainable economic development may also be different. Therefore, a regression analysis is conducted on the sample data excluding the four municipalities mentioned above. From the regression analysis results, it can be seen that the impact of population aging on sustainable economic development is significantly positive at the 1% level, and the impact of pension insurance participation rate on sustainable economic development



is still negative. This is generally consistent with the regression analysis results on the full sample, indicating that the previous argument is valid.

Conclusion

Based on panel data for Chinese provinces for 2012–2021, regression modeling was conducted to assess the impact of two social factors (population aging and population participation in pension insurance) on sustainable economic development, and the following results were obtained:

1) population aging has a positive impact on the sustainable economic development of China and its regions;

2) a higher rate of pension insurance participation will have a negative impact on sustainable economic development;

3) relationship between pension insurance participation and population aging has no significant effect on sustainable economic development due to the perfection of the pension insurance system;

4) positive effect of population aging on sustainable economic development is more significant in western and eastern regions of China.

5) negative effect of pension insurance participation rate on sustainable economic development is more significant in eastern and central regions of China.

Based on the above mentioned results, the following conclusions are made:

1. To leverage the positive effects of population aging, efforts can be focused on activating the elderly consumer market – particularly in the health care sector – and developing a “silver” economy to meet the diversified needs of the elderly and promote the growth of related industries [25]. At the same time, policies can be adopted to gradually postpone retirement, optimize the allocation of human resources, and use the rich experience of older workers to improve the quality of the workforce. Government support is also needed to develop a quality elderly care industry.

2. It is necessary to adjust the mechanism of population participation in pension insurance to mitigate the negative impact on the economy. In order to reduce the burden of pension payments, it is necessary to optimize the management of pension insurance funds, increase efficiency, and balance insurance premium rates and benefit payment conditions, taking into account an increase in the retirement age and the increase in working hours. The government should support a multi-level elderly care insurance system to diversify risks and reduce the burden on the basic pension. In order to improve public awareness of pension insurance, it is necessary for the media and education to play a more active role in raising public awareness in this issue.

3. It is necessary to promote the rational allocation of production factors in order to achieve coordinated regional development. Particular attention should be paid to the allocation of resources and cooperation between regions, the introduction of advanced technologies, and the elimination of shortcomings in economic development. At the same time, it is important to assess the characteristics of population aging and the level of pension provision in different regions, make use of the comparative advantages of regions, and develop demographic and pension insurance policies that take into account regional characteristics, so as to promote the sustainable economic development of China's regions.

Future research directions

Future research will focus on how the positive effect of population aging on economic development can be fully realized through policy innovation and market activation. It is necessary to review and optimize the pension insurance system to adapt to demographic changes and ensure its sustainability. It is also necessary to explore strategies for inter-regional resource allocation and industrial cooperation in order to promote coordinated and sustainable economic development on a national level.

REFERENCES

1. Yuan R. (2021) *Pension Sustainability in China: Fragmented Administration and Population Aging*, 1st ed. London: Routledge. DOI: <https://doi.org/10.4324/9781003182696>
2. Wang L., Liang J., Wang B. (2024) Population aging and sustainable economic development: An analysis based on the role of green finance. *Finance Research Letters*, 70, art. no. 106239. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.frl.2024.106239>
3. Mohd S.N.A., Ishak A.A., Selvaratnam D.P. (2021) Aging population's impact on economic growth in Malaysia from 1981 to 2019: Evidence from an autoregressive distributed lag approach. *Frontiers in Public Health*, 9, art. no. 731554. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.731554>
4. 宋佳莹, 高传胜, 马嘉蕾 (2022) 人口老龄化对经济发展影响的机理与测度[J]. 江西社会科学, 42 (12), 35–46. Song J., Gao C., Ma J. (2022) Mechanism and measurement of the impact of population aging on economic development. *Jiangxi Social Science*, 42 (12), 35–46.
5. Zhang C., Li R. (2022) Population aging, digital economy, and high-quality economic development. *Economic Survey*, 39 (05), art. no. 03.
6. Pham T.N., Vo D.H. (2021) Aging population and economic growth in developing countries: A quantile regression approach. *Emerging Markets Finance and Trade*, 57 (1), 108–122. DOI: <https://doi.org/10.1080/1540496X.2019.1698418>
7. 曹聪灵, 肖国安, 徐邵蕊, 周小渝 (2022) 人口老龄化对经济高质量发展的影响要基于财政可持续视角[J]. 财经理论与实践, 43 (01), 114–122. Cao C., Xiao G., Xu S., Zhou X. (2022) The Impact of Population Aging on the High-Quality Development of Economy Based on the Perspective of Financial Sustainability. *Finance and Economics Theory and Practice*, 43 (01), 114–122. DOI: <https://doi.org/10.16339/j.cnki.hdxbcjb.2022.01.015>
8. 刘成坤, 林明裕 (2020) 人口老龄化与人力资本积累与经济高质量发展[J]. 经济问题探索, 2020 (07), 168–179. Liu C., Lin M. (2020) Population Aging and Human Capital Accumulation and Economic Quality Development. *Exploration of Economic Issues*, 2020 (07), 168–179.
9. 闫海春 (2020) 促进还是抑制? 人口老龄化对经济高质量发展的影响要基于内蒙古自治区的实证研究[J]. 湖北民族大学学报(哲学社会科学版), 38 (2), 60–67. Yan H. (2020) Promoting or inhibiting? The Impact of Population Aging on High-Quality Economic Development Based on Empirical Research in Inner Mongolia Autonomous Region. *Journal of Hubei University for Nationalities (Philosophy and Social Science Edition)*, 38 (2), 60–67. DOI: <https://doi.org/10.13501/j.cnki.42-1328/c.2020.02.006>
10. 路锦非 (2016) 合理降低我国城镇职工基本养老保险缴费率的研究—基于制度赡养率的测算. 公共管理学报, 2016 (1), 128–140, 159. Lu J. (2016) Research on Reasonably Reducing the Basic Pension Insurance Contribution Rate for Urban Workers in China—Based on the Measurement of System Maintenance Rate. *Journal of Public Management*, 2016 (1), 128–140, 159. DOI: <https://doi.org/10.16149/j.cnki.23-1523.2016.01.012>
11. Yang H., Tang X., Fan W. (2024) Reducing contribution rate, population policy adjustment and economic growth. *Systems Engineering – Theory & Practice*, 44 (6), 1731–1748. DOI: <https://doi.org/10.12011/SETP2023-0292>
12. 李含伟, 汪泓, 王亦奇 (2011) 养老保险最优缴费比率研究[J]. 系统管理学报, 20(2), 175–179. Li H.W., Wang H., Wang Y.Q. (2011) Research on optimal pension financing ratio. *Journal of Systems & Management*, 20 (2), 175–179.
13. 李时宇 (2010) 从现收现付制转轨为基金积累制的收益研究—隐性债务下世代交叠—般均衡模型的理论分析及模拟[J]. 财经研究, 36 (8), 111–121. Li S.Y. (2010) Returns analysis from PAYGO system to fund accumulation system: Theoretical analysis and simulation of overlapping generation model with implicit debt. *Journal of Finance and Economics*, 36(8), 111–121.
14. Sun R. (2023) Research on the Payment Risk Measurement of the Basic Endowment Insurance Fund for Urban Employees. *Journal of Jiangxi University of Finance and Economics*, 0 (1), 65–75.
15. 李小林, 张源, 赵永亚 (2020) 人口老龄化与城镇化与城镇职工养老保险支付能力[J]. 金融评论, 12 (01), 94–114, 125–126. Li X., Zhang Y., Zhao Y. (2020) Population Aging, Urbanization and Payment Capacity of Urban Employees' Pension Insurance. *Financial Review/Discussion*, 12 (01), 94–114, 125–126.
16. Bazzana D. (2020) Ageing population and pension system sustainability: reforms and redistributive implications. *Economia Politica*, 37, 971–992. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40888-020-00183-8>
17. Zuo X., Peng X., Yang X., Adams P., Wang M. (2023) Pension Module and Its Application – Population Ageing and the Impacts of Retirement Age Extension on the Economy and Pension System in



China. In: *CHINAGEM – A Dynamic General Equilibrium Model of China: Theory, Data and Applications*, 147–179. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-99-1850-8_10

18. Gao M., Jiang F., Wang J., Wu B. (2024) Population ageing and income inequality in rural China: an 18-year analysis. *Humanities and Social Sciences Communications*, 11, art. no. 1605. DOI: <https://doi.org/10.1057/s41599-024-04110-1>

19. Futagami K., Nakajima T. (2001) Population aging and economic growth. *Journal of Macroeconomics*, 23 (1), 31–44. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0164-0704\(01\)00153-7](https://doi.org/10.1016/S0164-0704(01)00153-7)

20. 华颖, 郑功成 (2020) 中国养老保险制度: 效果评估与政策建议. *山东社会科学*, 2020 (4), 66–74. Hua Y., Zheng K.C. (2020) China's Pension Insurance System: Effectiveness Assessment and Policy Recommendations. *Shandong Social Sciences*. 2020 (4), 66–74. DOI: <https://doi.org/10.14112/j.cnki.37-1053/c.2020.04.010>

21. Liu Z., Zhou C., Zheng X. (2019) Impact of the Basic Pension Program on Labor Supply and Retirement Decisions: An Empirical Analysis Based on the China Health and Retirement Longitudinal Study. *Economic Research Journal*, 54 (6), 151–167.

22. Devriendt W., Heylen F., Jacobs A. (2023) Coping with demographic change: macroeconomic performance and welfare inequality effects of public pension reform. *Journal of Pension Economics & Finance*, 22 (3), 425–449. DOI: <https://doi.org/10.1017/s1474747222000051>

23. 丁晨辉, 田泽, 宋晓明, 王威 (2022) 新发展理念下中国区域经济高质量发展研究要水平测度尧时空分异与动态演变[J]. *技术经济与管理研究*, 12, 3–9. Ding, Chenhui, Tianze, Song, Xiaoming & Wang, Wei (2022) Research on high-quality development of China's regional economy under the new development concept--level measurement, spatio-temporal differentiation and dynamic evolution. *Research on Technical Economics and Management*, 12, 3–9.

24. Wang Q., Li C., Hu C. (2016) Bootstrap Hausman test for individual effects in partially linear panel data models. *Journal of Beijing University of Chemical Technology (Natural Science Edition)*, 43(1), 122–127. DOI: <https://doi.org/10.13543/j.bhxbzr.2016.01.020>

25. Zhang J. (2024) Analysis on the Internal Mechanism and Optimization Path of Silver Haired Economy Development under the Background of Population Aging. *Aging Research*, 11 (2), 325–331. DOI: <https://doi.org/10.12677/ar.2024.112047>

26. Raju A., Marisetty V.B. (2025) Community activism, Social ties and ESG campaign success. *Finance Research Letters*, 73, art. no. 106607. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.frl.2024.106607>

27. Dianov S., Koroleva L., Pokrovskaja N., Victorova N., Zaytsev A. (2022) The influence of taxation on income inequality: Analysis of the practice in the EU countries. *Sustainability*, 14 (15), art. no. 9066. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14159066>

28. Babkin A., Shkarupeta E., Tashenova L., Malevskaia-Malevich E., Shchegoleva T. (2023) Framework for assessing the sustainability of ESG performance in industrial cluster ecosystems in a circular economy. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 9 (2), art. no. 100071. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2023.100071>

29. Rytova E., Gutman S., Sousa C. (2021) Regional inclusive development: An assessment of Russian regions. *Sustainability*, 13 (11), art. no. 5773. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13115773>

30. Bai X., Li X., Jia R., Liu Y. (2019) A distributionally robust credibilistic optimization method for the economic-environmental-energy-social sustainability problem. *Information Sciences*, 501, 1–18. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ins.2019.05.031>

31. Luy L., Guzikova L.A. (2025) Exploring the sustainable development of China's regional economy. *The EURASEANs: journal on global socio-economic dynamics*, 1 (50), 36–43.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT AUTHORS

ВИКТОРОВА Наталья Геннадьевна

E-mail: viknata@mail.ru

Natalya G. VIKTOROVA

E-mail: viknata@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7355-3541>

ЛЮЙ Линли

E-mail: lyu13659367601@outlook.com

LYU Lingli

E-mail: lyu13659367601@outlook.com

Поступила: 11.01.2025; Одобрена: 17.02.2025; Принята: 17.02.2025.

Submitted: 11.01.2025; Approved: 17.02.2025; Accepted: 17.02.2025.

Научная статья

УДК 332.01

DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18105>

EDN: <https://elibrary/IYHKKT>



ВЗАИМОСВЯЗЬ ИНДИКАТОРОВ НАУЧНОГО ПОТЕНЦИАЛА И ИНТЕНСИВНОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА В ТЕРРИТОРИАЛЬНО- ОТРАСЛЕВОЙ ПРОЕКЦИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Т.А. Тетеринец  

Государственное научное учреждение «Институт экономики
Национальной академии наук Беларуси», Минск, Республика Беларусь

 talad79@mail.ru

Аннотация. В статье на основании официальных статистических данных Республики Беларусь за 2015–2023 гг. дана оценка взаимосвязи уровня развития территориально-отраслевого сегмента национальной экономики, инвестиционного обеспечения продовольственного сектора и интенсивности накопления человеческого капитала. Особенности формирования последнего обусловлены весомостью влияния природно-климатических, экологических и социокультурных факторов. С учетом многогранности человеческого капитала, специфики его формирования и развития в территориально-отраслевом разрезе методология научного поиска базируется на акмеологических подходах, раскрывающих его сущность в процессе непрерывного развития. Данное обстоятельство позволяет теоретически и практически обосновать влияние индикаторов развития научной сферы на интенсивность накопления человеческого капитала в территориально-отраслевой проекции Республики Беларусь. Это дает возможность комплексно изучить взаимосвязь тенденций развития научной сферы и человеческого капитала с позиции количественных и качественных параметров, в числе которых валовая добавленная стоимость (ВДС) сельского, рыбного и лесного хозяйства, объем инвестиций в основной капитал в эту сферу, производительность и фондовооруженность продовольственного сектора. Анализ качественных характеристик научного потенциала Беларуси позволяет отметить его существенное сокращение в 2015–2023 гг. Для Республики Беларусь характерным является снижение качественного состава научных кадров, выражаемое негативными трендами таких показателей, как соотношение поступивших и успешно освоивших программы научно ориентированного образования, численность исследователей, количество докторов и кандидатов наук по различным областям наук, интенсивное увеличение работников научной сферы возрастом старше 60 лет. В роли качественного индикатора, характеризующего взаимосвязь интенсивности развития научной сферы и скорости накопления человеческого капитала, рассматривается производительность труда. Данный индикатор компилирует в себе влияние инвестиционно-технологического воздействия на развитие продовольственного сектора и социально-экономических факторов, обуславливающих создание ВДС. Эмпирические исследования доказывают, что весьма высокая фондооснащенность сельскохозяйственного сегмента выступает сдерживающим фактором накопления человеческого капитала и вызывает снижение производительности в отрасли.

Ключевые слова: человеческий капитал, территориально-отраслевая проекция, научный потенциал, инвестиции в основной капитал, производительность, фондовооруженность, Республика Беларусь

Для цитирования: Тетеринец Т.А. (2025) Взаимосвязь индикаторов научного потенциала и интенсивности накопления человеческого капитала в территориально-отраслевой проекции Республики Беларусь. П-Economy, 18 (1), 93–106. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18105>



CORRELATION OF INDICATORS OF SCIENTIFIC POTENTIAL AND INTENSITY OF HUMAN CAPITAL ACCUMULATION IN THE TERRITORIAL-SECTORAL PROJECTION OF THE REPUBLIC OF BELARUS

T.A. Tsetsiarynets  

The Institute of Economics of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Republic of Belarus

 talad79@mail.ru

Abstract. The article, based on official statistical data of the Republic of Belarus for 2015–2023, provides an assessment of the interrelation between the level of development of the territorial-industrial segment of the national economy, investment provision of the food sector and the intensity of human capital accumulation. The peculiarities of the formation of the latter are due to the significant influence of natural, climatic, ecological and socio-cultural factors. Given the versatility of human capital, the specifics of its formation and development in the territorial-industrial section, the methodology of scientific search is based on acmeological approaches that reveal its essence in the process of continuous development. This fact allows us to theoretically and practically substantiate the influence of indicators of scientific sphere development on the intensity of human capital accumulation in the territorial-industrial projection of the Republic of Belarus. This makes it possible to comprehensively study the relationship between the trends in the development trends of the scientific sphere and human capital from the position of quantitative and qualitative parameters, including the gross value added (GVA) of agriculture, fisheries and forestry, the volume of investment in fixed capital in this sphere, productivity and capitalization of the food sector. The analysis of qualitative characteristics of the scientific potential of Belarus allows us to note its significant reduction in 2015–2023. The Republic of Belarus is characterized by a decrease in the qualitative composition of scientific personnel, expressed by negative trends in such indicators as the ratio of admitted to and successfully mastered scientifically oriented educational programs, the number of researchers, the number of doctors and candidates of science in various fields of science, and an intensive increase in the number of scientific workers over 60 years old. Labor productivity is considered as a qualitative indicator characterizing the relationship between the intensity of development of the scientific sphere and the rate of human capital accumulation. This indicator compiles the influence of investment and technological impact on the development of the food sector and socio-economic factors that determine the creation of GVA. Empirical research proves that a very high capital equipment of the agricultural segment acts as a restraining factor in the accumulation of human capital and causes a decrease in productivity in the sector.

Keywords: human capital, territorial-industry projection, scientific potential, investment in fixed capital, productivity, capital formation, Republic of Belarus

Citation: Tsetsiarynets T.A. (2025) Correlation of indicators of scientific potential and intensity of human capital accumulation in the territorial-sectoral projection of the Republic of Belarus. *П-Economy*, 18 (1), 93–106. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18105>

Введение

Актуальность

Социокультурное единство местного населения, его сплоченность и плотность взаимодействия оказывают непосредственное влияние на формирование человеческого капитала на всех его уровнях. Преобразование человеческого потенциала в капитал осуществляется преимущественно в процессе трудовой деятельности, приращение его формы в территориально-отраслевом разрезе подвержено влиянию природно-климатических, экологических и социокультурных факторов [1–3]. Несмотря на то, что население исследуемой проекции накапливает и приумножает свой потенциал под влиянием единой духовности и территориально-отраслевой



идентичности, сохраняя и развивая идеи сельскоцентризма, в современном мире огромное влияние на этот процесс оказывает сформировавшийся научный потенциал аграрно-промышленного сектора белорусской экономики¹.

Научный потенциал рассматривается как совокупность факторов, способствующих развитию и продвижению научно-технического прогресса, и особое место в их системе принадлежит человеческим ресурсам. Именно они определяют вектор фундаментальных и прикладных изысканий, генерируя новшества и продуцируя инновации, повсеместное распределение которых обуславливает интенсивность инновационных трендов в отраслевой и территориальной экономике [4, 5]. Продовольственный сектор Республики Беларусь не столь восприимчив к нововведениям, как этого требуют запросы реального времени, в равной степени, как и уровень интеллектуальности человеческого капитала агропромышленного сектора существенно уступает иным видам экономической деятельности.

Литературный обзор акмеологических подходов к изучению человеческого капитала в территориально-отраслевой проекции

Реалии современности позволяют констатировать, что человеческий капитал и производимые им знания, навыки, новшества, в совокупности формирующие фундаментальные и прикладные научные исследования, выступают драйвером социально-экономического и инновационно-технологического развития стран, видов деятельности и отдельных предприятий [1–4]. Данное обстоятельство обуславливает необходимость усовершенствования методического инструментария анализа интенсивности накопления человеческого капитала в территориально-отраслевой проекции с позиции поиска возможностей и решения повышения уровня продуктивности последнего за счет роста индикаторов научного потенциала продовольственного сектора² [5–8]. Решение данной задачи становится возможным посредством адаптации акмеологических инструментов в плоскость экономического анализа³ [9]. «Конвергенция акмеологии с социальными науками проходит через сферу социально-культурного пространства и самореализации в избранной сфере деятельности, которые, в свою очередь, протекают в динамически меняющемся экономическом пространстве и осуществляются в процессе профессиональных и межличностных коммуникаций» [10]. Применение такого подхода позволяет всесторонне и последовательно исследовать взаимосвязь индикаторов, отражающих развитие научной сферы Беларуси, и показателей, характеризующих качественное накопление человеческого капитала, а также выявить факторы, оказывающие наибольшее влияние на динамику его изменения [11]. С учетом социально-экономической природы человеческого капитала в территориальном разрезе, дифференциации социально-экономического развития городов и сел, конъюнктуры региональных рынков труда использование предлагаемого методологического подхода достаточно оправдано.

Несмотря на большое количество научных публикаций, раскрывающих направления и эффективность человеческого капитала, вопросы теории и методологии наукоемкого использования этого ресурса в территориально-отраслевой проекции изучены недостаточно. В частности, в работах Н.Л. Курепиной, Н.Б. Бериковой, Н.В. Ошлановой состояние и тенденции развития человеческих ресурсов рассматриваются как фактор экономической безопасности сельских муниципалитетов [12]. Е.М. Бухвальд процессы пространственного развития также рассматривает сквозь призму неравномерности социально-экономического развития территорий [13]. Обзор литературных источников эмпирически подтверждает весомость влияния человеческого капитала на интенсивность развития отраслей и территорий. Вместе с тем ресурсный подход к

¹ Русак И. (2024) *Точки роста белорусской деревни*. [online] Available at: <https://bistr.gov.by/mneniya/tochki-rosta-belorusskoy-derevni> [Accessed 10.10.2024]. (in Russian)

² Rural Access Index (2024) *World Bank Group*. [online] Available at: <https://datacatalog.worldbank.org/search/dataset/0038250/Rural-Access-Index--RAI-> [Accessed 15.10.2024]

³ Окунькова Е.А. (2021) Управление развитием человеческого капитала в инновационной экономике: теоретико-методологический и концептуальный подходы: автореф. дис. ... д-ра экон. наук, Специальность 08.00.05, Н. Новгород.

исследованию степени его воздействия на динамичность экономических процессов в условиях приоритетности наукоемкого развития не всегда оправдан. Данное обстоятельство актуализирует проведение теоретико-методологических исследований диалектики развития человеческого капитала сквозь призму акмеологических подходов.

Цель исследования

Целью исследования является конвергенция акмеологических подходов в плоскость экономического анализа научного потенциала и интенсивности накопления человеческого капитала в территориально-отраслевой проекции Республики Беларусь.

Поставленная цель обусловила решение следующих *задач*:

- теоретическое обоснование акмеологических подходов к изучению человеческого капитала в территориально-отраслевой проекции;
- анализ индикаторов научного потенциала Республики Беларусь;
- оценка взаимосвязи индикаторов научного потенциала, инвестиций в основной капитал и стоимостной величины человеческого капитала в территориально-отраслевой проекции Республики Беларусь.

Методы исследования

Объектом исследования является территориально-отраслевой срез формирования человеческого капитала, качественная проекция которого выражается индикаторами научного обеспечения продовольственного сектора. Высокая концентрация занятого сельского населения в данной сфере деятельности позволяет экстраполировать полученные результаты на весь спектр показателей территориально-отраслевой экономики. Предметом исследования выступает интенсивность приращения человеческого капитала исходя из уровня инвестиционного и научного обеспечения агропромышленного сектора Республики Беларусь. Информационную базу исследования составляют официальные статистические сборники «Наука и инновационная деятельность в Республике Беларусь», «Сельское хозяйство Республики Беларусь», «Статистический ежегодник Республики Беларусь», электронная база данных статистических показателей Национального статистического комитета Республики Беларусь, Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь, Государственного комитета по науке и технологиям Республики Беларусь, аналитические и отчетные данные Всемирного банка.

Изменение численности работников, выполнявших научные исследования, рассчитывалось как изменение доли отдельных категорий сотрудников к их общей численности за исследуемый период времени. Такой подход позволяет оценить динамику изменения научного потенциала с позиции акмеологического подхода и междисциплинарного воздействия.

С целью апробации гипотезы взаимосвязи инвестиционного обеспечения продовольственной сферы и уровня ее наукоемкости проведен анализ исследуемых индикаторов. Для оценки первого параметра использован показатель нормы накопления инвестиций, который определяется как соотношение инвестиций в основной капитал в сельском, рыбном и лесном хозяйстве и валовой добавленной стоимости в этой сфере. Уровень наукоемкости рассчитывается как отношение затрат на научные исследования и разработки в сельском, рыбном и лесном хозяйстве и валовой добавленной стоимости в этой сфере.

Качественным индикатором оценки эффективности инвестиционного и научного обеспечения продовольственного сектора выступает производительность труда. Сопоставление тенденций ее изменения с уровнем фондовооруженности и динамикой преобразования стоимостной величины человеческого капитала в сопоставимых ценах позволяет сформировать объективную картину количественных трансформаций в территориально-отраслевой экономике Республики Беларусь.

Результаты и обсуждение

Оценка отраслевой проекции научного потенциала Республики Беларусь

Эффективное управление человеческим капиталом в современном мире становится одним из драйверов экономического роста территорий. Ориентация на инновационные принципы развития периферийной экономики выдвигает на передний план задачу увеличения плотности взаимодействия научного и производственного сегментов⁴. Провайдером такой коллаборации выступает человеческий капитал, обеспечивая коммуникацию отраслевого и территориального секторов национальной экономики [14].

Акмеологические подходы к анализу взаимосвязи индикаторов научного обеспечения и интенсивности накопления сельского человеческого капитала актуализируют задачу всестороннего изучения диалектики развития этих процессов с позиции интенсивных и экстенсивных факторов. Воздействие последних раскрывается анализом тенденций подготовки кадров, в первую очередь высшей квалификации. Мониторинг статистических данных позволяет констатировать колебания трендов, отражающих численность поступивших и освоивших программы научно ориентированного образования по всем отраслям наук: за период 2015–2023 гг. число принятых снизилось на 11,3%, а выпущенных – на 3,5%. Весьма важным является сложившееся соотношение поступивших и успешно освоивших программы научно ориентированного образования, которое в 2015 г. составляло 1,6 и в 2023 г. – 1,4⁵. Динамика исследуемых показателей оказала непосредственное влияние на формирование научного потенциала республики: удельный вес защитивших кандидатские диссертации составляет 5,7%, докторские – 6,8% в составе выпущенных специалистов соответствующей группы⁶. Немаловажным является тот факт, что на протяжении исследуемого периода эти индикаторы имеют устойчивый отрицательный тренд. Выявленные тенденции свидетельствуют о существенной «компрессии» научного потенциала республики, выражаемой одновременным сокращением поступающих в аспирантуру и докторантуру и тех, кто успешно освоил научно ориентированные программы.

Проводя скрининг отраслевых индикаторов научного потенциала, следует отметить, что прием в аспирантуру и докторантуру на сельскохозяйственные специальности, включая ветеринарию и зоотехнию, за период 2015–2023 гг. возрос на 36,8%, при этом выпуск специалистов снизился почти на 23,2%. Достаточно важным является факт преимущественного роста поступающих в аспирантуру, в то время как образовательные программы докторантуры являются не столь востребованными. Вместе с тем категория последних отражает концентрацию человеческого капитала в отраслевой проекции. Выявленные тенденции обусловили сокращение удельного веса работников, имеющих степень кандидата наук, на 42,1%, а также привели к совершенному отсутствию докторов наук. В исследуемом периоде отмечается сокращение работников, занятых научными исследованиями и разработками в области сельскохозяйственных наук, с 1,4 до 0,8% в их общей величине⁷.

Акмеологические подходы к анализу научного обеспечения в территориально-отраслевом срезе предполагают изучение уровня квалификации исследовательских кадров в междисциплинарной проекции⁸. Детальный анализ относительного изменения численности исследователей

⁴ Повышение качества образования для ускорения экономического роста: Доклад об экономике региона Европы и Центральной Азии (2024) *Группа Всемирного банка*. [online] Available at: <https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/6e3d5656-f879-4ac9-8236-5159f1db8ac8/content> [Accessed 25.10.2024]. (in Russian)

⁵ Численность принятых в учреждения образования по территории Республики Беларусь (2024) *Национальный статистический комитет Республики Беларусь*. [online] Available at: <https://dataportal.belstat.gov.by/osids/indicator-info/10103000009> [Accessed 09.11.2024]. (in Russian); Численность выпускников учреждений образования по территории Республики Беларусь (2024) *Национальный статистический комитет Республики Беларусь*. [online] Available at: <https://dataportal.belstat.gov.by/osids/indicator-info/10103000010> [Accessed 09.11.2024]. (in Russian)

⁶ Наука и инновационная деятельность в Республике Беларусь, 2024 (2024) *Национальный статистический комитет Республики Беларусь*. [online] Available at: https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public_compilation/index_107251/ [Accessed 09.11.2024]. (in Russian)

⁷ Там же.

⁸ Там же.

в различных областях наук позволяет констатировать наличие противоречивых тенденций (табл. 1).

Вертикальный анализ изменения численности работников в разрезе категорий свидетельствует о весьма незначительном увеличении количества исследователей, которое в разрезе всех областей наук в 2023 г. по отношению к 2015 году составило 0,3 п.п. В абсолютном измерении это составляет 216 человек, или 0,8% от общего числа персонала, занятого научными исследованиями и разработками⁹. Несмотря на активное продвижение в систему образовательного процесса института магистратуры, являющейся по сути провайдером накопления научной составляющей человеческого потенциала, на данном этапе говорить о его успешном функционировании пока не приходится.

Таблица 1. Изменение численности работников, выполнявших научные исследования, в 2023 г. по отношению к 2015 г. в различных областях науки, %
Table 1. Change in the number of researchers in 2023 relative to 2015 in different fields of science, %

Область науки	Работник, выполнявший научные исследования, в том числе		
	Исследователь	Доктор наук	Кандидат наук
Естественные	-15,4	-31,4	-20,5
Технические	+8,3	0	+18,3
Медицинские	-21,8	-20,5	-30,6
Сельскохозяйственные	+8,2	-38,9	+4,8
Социально-экономические и общественные	-3,3	-36,7	+14,9
Гуманитарные	+23,9	-15,3	+18,2

Примечание: рассчитано автором на основе статистических данных по Беларуси¹⁰.

Не вселяет также особого оптимизма относительное увеличение численности исследователей, имеющих ученую степень кандидата наук, доля которых возросла на 5,1 п.п. в рассматриваемом периоде. Принимая во внимание, что их количество в абсолютном выражении сократилось на 135 человек, что составляет 5,1% от их общего числа в 2023 г., можно констатировать лишь их простое воспроизводство.

Акмеологическая проекция анализа научного потенциала Республики Беларусь предполагает комплексный подход к исследованию, базирующийся на взаимосвязи составляющих его компонентов. Агрегируя сложившиеся тренды в единую плоскость, следует отметить весомое влияние негативных тенденций на формирование интеллектуальноемкого человеческого капитала, выражающихся катастрофическим сокращением исследователей, имеющих ученую степень доктора наук по всем областям, которое в относительном выражении составило 142,8 п.п. Приведенные цифры отражают не только сокращение наиболее квалифицированной части научного потенциала республики, но и ослабление возможностей его дальнейшего роста, что вызывает «компрессию» человеческого капитала и ограничивает его расширенное воспроизводство во всех секторах экономики.

Взаимосвязь инвестиций в основной капитал, наукоемкости и человеческого капитала в территориально-отраслевой проекции

Не исключая значимости прошедшего эпидемиологического воздействия и влияния возрастной структуры на формирование научного потенциала республики, тем не менее уровень инвестиционной активности во многом предопределяет масштабы и качество взаимодействия научно-производственных сегментов продовольственной сферы [15, 16]. Интенсивность внедрения

⁹ Там же.

¹⁰ Там же.

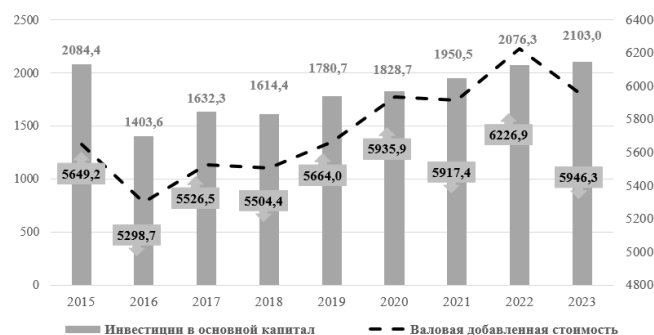


Рис. 1. Динамика изменения инвестиций в основной капитал и валовой добавленной стоимости в аграрном секторе, в сопоставимых ценах, млн руб.

Fig. 1. Dynamics of changes in investments in fixed capital and gross value added in the agricultural sector, in comparable prices, million rubles

Примечание: рассчитано автором на основе статистических данных по Беларуси¹¹.

инноваций в данную область обуславливается, в том числе, уровнем ее инвестиционного обеспечения, направления использования которого определяют экстенсивность или интенсивность развития [17–19]. Количественным индикатором, отражающим результативность данного процесса, выступает добавленная стоимость, формируемая в сельском, лесном и рыбном хозяйстве Республики Беларусь (рис. 1).

Анализ данных, представленных на рис. 1, позволяет отметить достаточно высокую эффективность инвестиционных вложений продовольственного сектора. В исследуемом периоде в сопоставимых ценах последние увеличились на лишь на 0,5%, обеспечив прирост валовой добавленной стоимости сельского, рыбного и лесного хозяйства на 5,3%. Принимая во внимание накопительное воздействие инвестиций, становится возможным нивелировать колебания выявленных трендов и констатировать положительный эффект от их использования.

Инновационная активность агропромышленного сектора проявляется, прежде всего, интенсивностью внедрения технологических решений и новшеств в сельскохозяйственное производство [20]. Данное обстоятельство формирует гипотезу коррелятивности уровня инвестиционного обеспечения исследуемой отрасли и индикаторов научного потенциала (рис. 2).

Агрегирующими маркерами, отражающими взаимосвязь вышеназванных процессов, выступают норма накопления и наукоемкость. Первый показатель рассчитывается как соотношение вложений в материальные активы (инвестиции) и валового показателя деятельности продовольственного сектора. Второй определяется как частное внутренних затрат на исследования и разработки в сельском, лесном и рыбном хозяйстве и величины добавленной стоимости, созданной в этой сфере [21, 22]. Взаимодействие исследуемых пропорций характеризует интенсивность проникновения инноваций, научных исследований и разработок в рассматриваемую плоскость [23, 24].

Исследование тенденций вышеназванных индикаторов не позволяет отметить идентичность траекторий их изменения. Несмотря на то, что норма накопления несколько снизилась по сравнению с 2015 г., ее величина в 2023 г. остается достаточно высокой, что является отражением материальной оснащенности продовольственного сектора. В противоположность этому наукоемкость в этой сфере существенно снижается, сократившись в исследуемом периоде практически в три раза. В числе основных причин, обусловивших данную тенденцию, является существенное

¹¹ Сельское хозяйство Республики Беларусь (2024) *Национальный статистический комитет Республики Беларусь*. [online] Available at: https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public_brochures/index_100486/?sphrase_id=2152314 [Accessed 20.11.2024]. (in Russian)

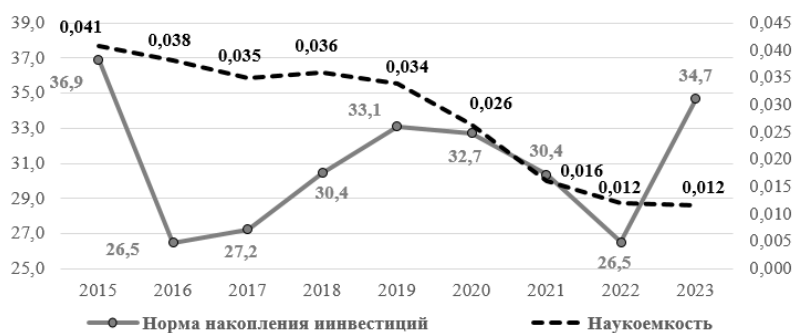


Рис. 2. Норма накопления инвестиций и наукоемкость аграрного сектора Беларуси, %
Fig. 2. Investment accumulation rate and knowledge intensity of the agricultural sector of Belarus, %

Примечание – рассчитано автором на основе статистических данных по Беларуси¹²

снижение внутренних затрат на научные исследования и разработки, которые в сельскохозяйственном сегменте по отношению к общереспубликанскому уровню снизились с 0,5 до 0,15%, и расходов на оплату труда исследователей – с 41,1 до 34,9%, формирующих большую часть общих затрат. В дополнение к этому нулевые расходы на приобретение объектов интеллектуальной собственности, специального оборудования, земельных участков, в совокупности выступающие важнейшими индикаторами научного потенциала, лимитируют его накопление в территориально-отраслевой проекции.

В условиях прогрессивного развития продовольственного сектора необходимость накопления физического капитала обуславливается уровнем технологического развития отрасли [25]. Достижение этих пропорций определяется интенсивностью проникновения инноваций в производство и обеспечивается системностью взаимодействия научного и производственного сегментов [26, 27]. Плотность коммуникации предопределяет уровень инвестиционной активности аграрных организаций и, соответственно, скорость реализации инноваций в этой сфере. В контексте такой коллаборации наукоемкость и норма накопления инвестиций должны отражать единый вектор изменений. В действительности динамика изменения нормы накопления инвестиций практически обратно пропорциональна уровню наукоемкости. Диагностика выявленных соотношений с учетом лагового воздействия инвестиций на уровень научного обеспечения аграрного сектора также подтверждает это заключение.

Действенность научно-производственного взаимодействия территориально-отраслевого сегмента белорусской экономики может быть оценена сквозь призму комплексного исследования величины внутренних затрат на научные исследования и разработки в сельскохозяйственной сфере и производительности труда. Размер первого параметра более чем на 46% определяется величиной оплаты труда в совокупности с отчислениями на социальные нужды и выступает катализатором использования человеческого потенциала. Производительность человеческого капитала сельских территорий в совокупности с уровнем фондовооруженности позволяет оценить взаимосвязь индикаторов ее научного потенциала и интенсивности накопления сельского человеческого капитала Республики Беларусь (рис. 3, 4).

Фондовооруженность труда компилирует в себе воздействие технического фактора, выражаемого фондооснащенностью аграрного производства, и человеческих ресурсов, задействованных в этом процессе. Ее приращение экономически целесообразно только в случае тождественного

¹² Сельское хозяйство Республики Беларусь (2024) Национальный статистический комитет Республики Беларусь. [online] Available at: https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public_brochures/index_100486/?sphrase_id=2152314 [Accessed 20.11.2024]. (in Russian); Наука и инновационная деятельность в Республике Беларусь, 2024 (2024) Национальный статистический комитет Республики Беларусь. [online] Available at: https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public_compilation/index_107251/ [Accessed 09.11.2024]. (in Russian)

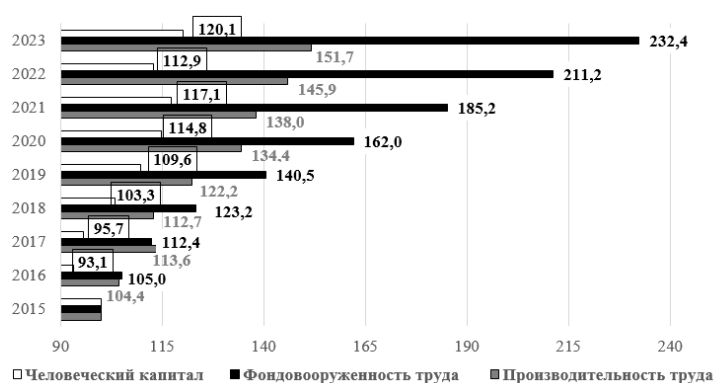


Рис. 3. Темпы роста оценочной величины человеческого капитала сельских территорий, производительности и фондовооруженности труда в аграрном секторе Беларуси, в сопоставимых ценах, к 2015 г., %

Fig. 3. Growth rates of the estimated human capital human capital of rural areas, labor productivity and capital intensity of labor in the agricultural sector of Belarus, in comparable prices, to 2015, %

Примечание: рассчитано автором на основе статистических данных по Беларуси¹³

увеличения производительности в таком же сегменте. В противном случае происходит «замораживание» инвестиций в основной капитал, выражаемое их неиспользованием.

Несмотря на устойчивый рост фондовооруженности и производительности труда в продовольственном квадранте белорусской экономики, начиная с 2018 г. отмечается существенное превалирование накопления основного капитала, являющееся количественным индикатором, по сравнению с его качественным маркером – производительностью. Другими словами, отмечается необоснованное приращение материальных ресурсов, которое не способствует тождественному приросту производимой сельскохозяйственной продукции [28]. В триаде исследуемых тенденций изменения фондовооруженности, производительности и стоимостной величины человеческого капитала динамика увеличения последнего показателя является запаздывающей.

Увеличение фондоемкости производства является обоснованным вследствие его интенсивного насыщения результатами научной деятельности, исследованиями и разработками (рис. 4). Приобретение технологически современных основных средств, объектов интеллектуальной собственности, обладающих сравнительно высокой стоимостью по сравнению с традиционным оборудованием, способствовало бы ее приросту [29, 30]. Параллельно с этим происходит увеличение наукоемкости продовольственного сектора вследствие интенсивного продуцирования новшеств и их преобразования в инновации. Объективным дополнением этого процесса выступает накопление стоимостной величины человеческого капитала за счет вовлечения в этот процесс высококвалифицированных специалистов, обладающих навыками и компетенциями организации и управления инновационного агропромышленного производства.

Учитывая прямую зависимость производительности и фондовооруженности труда, следует констатировать, что увеличение последней на 1% способствовало снижению результативности продовольственного сектора в 2023 г. на 0,35%. В дополнение к этому вариативный тренд изменения стоимостной величины человеческого капитала в совокупности со снижением основных индикаторов научного потенциала аграрной сферы свидетельствует, что сложившаяся экстенсивная

¹³ Сельское хозяйство Республики Беларусь Сельское хозяйство Республики Беларусь, 2024 (2024) *Национальный статистический комитет Республики Беларусь*. [online] Available at: https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public_brochures/index_100486/?sphrase_id=2152314 [Accessed 20.11.2024]. (in Russian); Статистический ежегодник Республики Беларусь, 2024 (2024) *Национальный статистический комитет Республики Беларусь*. [online] Available at: https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public_compilation/index_135040/ – [Accessed 21.11.2024]. (in Russian); Индекс физического объема основных средств по первоначальной стоимости в постоянных ценах в % к предыдущему году по видам экономической деятельности (2024) *Национальный статистический комитет Республики Беларусь*. [online] Available at: <https://dataportal.belstat.gov.by/osids/indicator-info/10202200001> [Accessed 21.11.2024]. (in Russian)

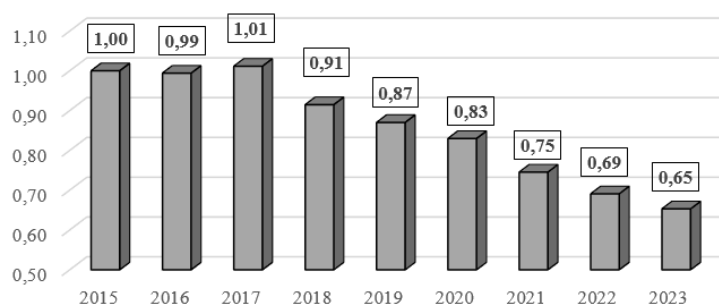


Рис. 4. Соотношение темпов роста производительности труда и фондовооруженности в аграрном секторе

Fig. 4. Correlation of labor productivity and capital formation in the agricultural sector

Примечание: рассчитано автором на основе статистических данных по Беларуси¹⁴

траектория развития территориальной экономики в современных условиях инновационного развития будет способствовать получению положительного эффекта, весьма ограниченного во времени. Выявленные обстоятельства актуализируют задачу коренной перестройки инвестиционных потоков и переориентаций их в те сферы, которые обеспечивают накопление человеческого капитала.

Заключение

1. Теоретически и эмпирически обоснована целесообразность применения акмеологических подходов к анализу индикаторов взаимосвязи научного потенциала и интенсивности накопления человеческого капитала в территориально-отраслевой проекции Республики Беларусь. Накопление последнего обуславливается постоянством движения и развития, что способствует трансформации количественных изменений агропродовольственного комплекса в качественные преобразования, обеспечивающие устойчивость прогрессивного роста.

2. Проведен анализ основных индикаторов, характеризующих накопление научного потенциала в территориально-отраслевой проекции Республики Беларусь, результаты которого свидетельствуют об их существенном снижении. Мониторинг количественных показателей, выражаемых численным составом исследователей в различных категориях свидетельствует о «компрессии» научной составляющей человеческого капитала. Особое опасение вызывает катастрофическое сокращение докторов наук во всех областях, не только выступающих «апогеем» научного потенциала страны, но и продуцирующих его воспроизводство. Сложившиеся в Республике Беларусь тенденции позволяют констатировать восстановительный вектор количественного развития научного потенциала продовольственного сектора и его существенное сокращение в качественной проекции.

3. Разработана система индикаторов инвестиционного обеспечения научного потенциала продовольственной сферы с позиции накопления человеческого капитала в территориально-отраслевой проекции Республики Беларусь, апробация которой не позволяет констатировать устойчивость рассматриваемых взаимосвязей. Недофинансирование научного сегмента способствовало не только сокращению наукоемкости, но и формированию преимущественно экстенсивного пути

¹⁴ Сельское хозяйство Республики Беларусь, 2024 (2024) Национальный статистический комитет Республики Беларусь. [online] Available at: https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public_brochures/index_100486/?sphrase_id=2152314 [Accessed 20.11.2024]. (in Russian); Статистический ежегодник Республики Беларусь, 2024 (2024) Национальный статистический комитет Республики Беларусь. [online] Available at: https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public_compilation/index_135040/ [Accessed 21.11.2024]. (in Russian); Индекс физического объема основных средств по первоначальной стоимости в постоянных ценах в % к предыдущему году по видам экономической деятельности (2024) Национальный статистический комитет Республики Беларусь. [online] Available at: <https://dataportal.belstat.gov.by/osids/indicator-info/10202200001> [Accessed 21.11.2024]. (in Russian)



развития аграрной экономики. Несмотря на увеличение формальной эффективности функционирования продовольственного сегмента белорусской экономики, анализ ее качественных параметров не подтверждает устойчивость выявленных тенденций, что обусловлено сокращением научно-технологического задела в этом процессе. Следует также отметить, что скорость накопления человеческого капитала в исследуемой проекции является недостаточной для обеспечения устойчивого роста наукоемкости в аграрной сфере.

4. Доказана необоснованность ориентации инвестиционных потоков преимущественно в сферу материального производства вследствие сложившейся малоэффективности производства на основе традиционных технологий. Вариативность стоимостной величины человеческого капитала сельских территорий, обусловленная в том числе сложившимся уровнем наукоемкости, в совокупности с положительной траекторией роста валовой добавленной стоимости в сельском, лесном и рыбном хозяйстве свидетельствует о сравнительно невысоком воздействии человеческого фактора на результативность территориальной экономики. Увеличение ее материальной составляющей, выражаемой экспоненциальным приростом фондовооруженности труда, не позволяет констатировать действенность такой экономической политики. Анализ данного показателя в совокупности с динамикой изменения производительности труда свидетельствует о существенном снижении последней.

5. Эмпирически обоснована необходимость увеличения инвестиционного обеспечения научной сферы, результаты деятельности которой находят свое отражение и в продовольственном секторе. С учетом ограниченности финансовых ресурсов вследствие преимущественного использования бюджетных источников наиболее целесообразным решением сложившейся проблемы является трансформация существующих подходов инвестиционного обеспечения в плоскость интенсификации финансового обеспечения развития человеческого капитала.

Направления дальнейших исследований

Предложенный и апробированный методический подход к анализу и оценке индикаторов научного потенциала, инвестиционного обеспечения и интенсивности накопления человеческого капитала в территориально-отраслевой проекции Республики Беларусь формирует эмпирические основы выявления резервов и направлений его инвестиционного обеспечения с целью повышения эффективности использования и обеспечения перманентного приращения человеческого потенциала в сельской местности.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Abraham K.G., Mallatt J. Measuring Human Capital (2022) *Journal of Economic Perspectives*, 36 (3), 103–130. DOI: <https://doi.org/10.1257/jep.36.3.103>
2. Зоткина Н.С., Гусарова М.С., Копытова А.В. (2021) *Человеческий капитал как ведущий фактор развития компании*. Чебоксары: ИД «Среда». DOI: <https://doi.org/10.31483/a-10308>
3. Козлова О.А., Антонова О.А. (2023) Основные дискурсы экосистемного подхода к анализу человеческого капитала. *AlterEconomics*, 20 (4), 799–821. DOI: <https://doi.org/10.31063/AlterEconomics/2023.20-4.4>
4. Комаров В.М., Акимова В.В. (2021) Стратегии устойчивой мобильности: лучшие мировые практики. *Экономическая политика*, 16 (1), 82–103. DOI: <https://doi.org/10.18288/1994-5124-2021-1-82-103>
5. Соболева И.В. (2017) Возможности накопления человеческого капитала в секторе малого бизнеса. *Социологические исследования*, 4, 60–72.
6. Суворов Н.В., Суворов А.В., Гребенников В.Г., Иванов В.Н., Балашова Е.Е., Болдов О.Н. (2016) Оценка вклада накопления человеческого капитала в экономический рост. *Проблемы прогнозирования*, 5 (158), 18–36.
7. Николаев М.А., Махотаева М.Ю. (2022) Комплексная оценка устойчивости региональных систем. *π-Economy*, 15 (3), 51–63. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.15304>

8. Ляшенко Е.А., Жуковский А.Д. (2024) Оценка инновационного развития регионов в условиях структурной трансформации экономики. *Федерализм*, 29 (1), 96–110. DOI: <https://doi.org/10.21686/2073-1051-2024-1-96-110>
9. Кузьмина Н.В. (2022) Определение предмета фундаментальной акмеологии. *Вестник Самарского университета. История, педагогика, филология*, 28 (4), 60–64. DOI: <https://doi.org/10.18287/2542-0445-2022-28-4-60-64>
10. Окунькова Е.А. (2021) Управление развитием человеческого капитала в инновационной экономике: теоретико-методологический и концептуальный подходы : дисс. ... доктора экон. наук : 08.00.05: защищена 8 октября 2021 г. Нижний Новгород, 2021. 303 с.
11. Вальковская В.В., Захарычева Т.А., Рензин О.М. (2022) Междисциплинарный диалог о региональном человеческом капитале. *Регионалистика*, 9 (4), 68–76. DOI: <https://doi.org/10.14530/reg.2022.4.68>
12. Курепина Н.Л., Берикова Н.Б., Ошланова Н.В. (2024) Методические подходы к оценке угроз экономической безопасности сельских муниципалитетов. *АПК: экономика, управление*, 2, 89–95. DOI: <https://doi.org/10.33305/242-89>
13. Бухвальд Е.М. (2020) Система понятий экономической безопасности: региональный уровень. *Экономическая безопасность*, 3 (1), 63–78. DOI: <https://doi.org/10.18334/ecsec.3.1.110122>
14. Соболев Э., Соболева И.В. (2022) Российская трудовая модель и политика занятости. *Общество и экономика*, 3, 22–34. DOI: <https://doi.org/10.31857/S020736760019059-3>
15. Баранов А.О., Гореев А.В. (2024) Динамические мультипликаторы в экономике: результаты и интерпретация расчетов на примере России. *Проблемы прогнозирования*, 4, 46–59. DOI: <https://doi.org/10.47711/0868-6351-205-46-59>
16. Муха Д. (2020) Трансформация инвестиционной политики в условиях пандемии COVID–19. *Банковский вестник*, 7 (684), 59–72.
17. Adam N.A., Alzuman A. (2024) Effect of per Capita Income, GDP Growth, FDI, Sectoral Composition, and Domestic Credit on Employment Patterns in GCC Countries: GMM and OLS Approaches. *Economies*, 12 (11), art. no. 315. DOI: <https://doi.org/10.3390/economies12110315>
18. Володько П.Л. (2017) Оценка эффективности инвестиций в основной капитал промышленности Республики Беларусь. *Экономика. Управление. Инновации*, 1 (1–2), 87–92.
19. 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>
20. Петриков А.В. (2024) Межрегиональные различия в качестве жизни сельского населения и пути их преодоления. *Федерализм*, 29 (1), 55–76. DOI: <https://doi.org/10.21686/2073-1051-2024-1-55-76>
21. Леонов С.Н. (2024) Методологические проблемы формирования и применения интегральных территориальных индексов. *Регионалистика*, 11 (1), 60–68. DOI: <https://dx.doi.org/110.14530/reg.2024.1.60>
22. Тетеринец Т.А. (2022) Повышение наукоемкости аграрного сектора сквозь призму инвестиционного обеспечения. *Аграрная экономика*, 7, 32–41. DOI: <https://doi.org/10.29235/18189806-202273241>
23. Широков А.А. (2024) *Россия 2035: к новому качеству национальной экономики*, М.: Арт-Принт.
24. Комков В. (2016) Закон убывающей отдачи и национальная инвестиционная политика. *Банковский вестник*, 4, 12–17.
25. Единак Е.А. (2024) Влияние отраслевой структуры производства на формирование и распределение рабочих мест. *Проблемы прогнозирования*, 1, 6–22. DOI: <https://doi.org/10.47711/0868-6351-202-6-22>
26. Воскобойников И.Б. (2003) *Оценка совокупной факторной производительности российской экономики в период 1961–2001 гг. с учетом корректировки динамики основных фондов*, М.: ГУ ВШЭ.
27. Ким А.Л. (2023) Вклад интенсивных и экстенсивных факторов в динамику производительности труда на Дальнем Востоке России. *Регионалистика*, 10 (3), 26–39. DOI: <https://doi.org/10.14530/reg.2023.3.26>
28. Тетеринец Т.А. (2022) Оценка человеческого капитала с позиции инвестиционных расходов. *Проблемы прогнозирования*, 2, 48–57. DOI: <https://doi.org/10.47711/0868-6351-191-48-57>
29. Узякова Е.С., Широков А.А. (2024) Занятость и производительность труда в России: анализ и прогноз. *Проблемы прогнозирования*, 4, 6–20. DOI: <https://doi.org/10.47711/0868-6351-205-6-20>



30. Маковская Н.В. (2024) *Производительность трудовой сферы в Беларуси*, Могилев: МГУ имени А.А. Кулешова.

REFERENCES

1. Abraham K.G., Mallatt J. Measuring Human Capital (2022) *Journal of Economic Perspectives*, 36 (3), 103–130. DOI: <https://doi.org/10.1257/jep.36.3.103>
2. Zotkina N.S., Gusarova M.S., Kopytova A.V. (2021) *Chelovecheskii kapital kak vedushchii faktor razvitiia kompanii [Human capital as a leading factor in company development]*. Cheboksary: ID «Sreda». DOI: <https://doi.org/10.31483/a-10308>
3. Kozlova O.A., Antonova O.A. (2023) Main Discourses of the Ecosystem Approach to the Analysis of Human Capital. *AlterEconomics*, 20 (4), 799–821. DOI: <https://doi.org/10.31063/AlterEconomics/2023.20-4.4>
4. Komarov V.M., Akimova V.V. (2021) Strategies for Sustainable Urban Mobility: Analysis of Best Practices. *Ekonomicheskaya Politika*, 16 (1), 82–103. DOI: <https://doi.org/10.18288/1994-5124-2021-1-82-103>
5. Soboleva I.V. (2017) Opportunities for human capital accumulation in the small business sector. *Sociological Studies*, 4, 60–72.
6. Suvorov N.V., Suvorov A.V., Grebennikov V.G., Ivanov V.N., Balashova E.E., Boldov O.N. (2016) Otsenka vklada nakopleniia chelovecheskogo kapitala v ekonomicheskii rost [Assessing the Contribution of Human Capital Accumulation to Economic Growth]. *Problems of Forecasting*, 5 (158), 18–36.
7. Nikolaev M.A., Makhotaeva M.Yu. (2022) Comprehensive assessment of sustainability in regional systems. *π-Economy*, 15 (3), 51–63. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.15304>
8. Lyashenko E.A., Zhukovskii A.D. (2024) Assessment of Innovative Development of Regions in the Context of Structural Transformation of the Economy. *Federalism*, 29 (1), 96–110. DOI: <https://doi.org/10.21686/2073-1051-2024-1-96-110>
9. Kuzmina N.V. (2022) Definition of the subject of fundamental acmeology. *Vestnik of Samara University. History, pedagogics, philology*, 28 (4), 60–64. DOI: <https://doi.org/10.18287/2542-0445-2022-28-4-60-64>
10. Okun'kova E.A. (2021) *Upravlenie razvitiem chelovecheskogo kapitala v innovatsionnoi ekonomike: teoretiko-metodologicheskii i kontseptual'nyi podkhody*. Diss. doktora ekon. Nauk [Managing the development of human capital in an innovative economy: theoretical, methodological and conceptual approaches: Dr. econ. sc. diss.]. Nizhny Novgorod, 2021. 303 p.
11. Valkovskaya V.V., Zakharycheva T.A., Renzin O.M. (2022) Interdisciplinary Dialogue on Regional Human Capital. *Regionalistica [Regionalistics]*, 9 (4), 68–76. DOI: <https://doi.org/10.14530/reg.2022.4.68>
12. Kurepina N.L., Berikova N.B., Oshlanova N.V. (2024) Methodological approaches to assessing economic threats security of rural municipalities. *AIC: economics, management*, 2, 89–95. DOI: <https://doi.org/10.33305/242-89>
13. Bukhvald E.M. (2020) System of economic security concepts: regional level. *Economic security*, 3 (1), 63–78. DOI: <https://doi.org/10.18334/ecsec.3.1.110122>
14. Sobolev E., Soboleva I. (2022) The employment model and labor policy in Russia. *Society and Economics*, 3, 22–34. DOI: <https://doi.org/10.31857/S020736760019059-3>
15. Baranov A.O., Goreev A.V. (2024) Dynamic Multipliers in Economics: Results and Interpretation of Calculations on the Example of Russia. *Studies on Russian Economic Development*, 4, 46–59. DOI: <https://doi.org/10.47711/0868-6351-205-46-59>
16. Mukha D. (2020) Transformation of Investment Policy under Pandemic COVID-19. *Bank Bulletin Journal*, 7 (684), 59–72.
17. Adam N.A., Alzuman A. (2024) Effect of per Capita Income, GDP Growth, FDI, Sectoral Composition, and Domestic Credit on Employment Patterns in GCC Countries: GMM and OLS Approaches. *Economies*, 12 (11), art. no. 315. DOI: <https://doi.org/10.3390/economies12110315>
18. Volodko P. (2017) Assessment of efficiency of investments into fixed capital of industry of Republic of Belarus. *Economics. Management. Innovations*, 1 (1–2), 87–92.
19. 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>

20. Petrikov A.V. (2024) Differences in the Quality of Life of the Rural Population between Regions and Ways to Overcome them. *Federalism*, 29 (1), 55–76. DOI: <https://doi.org/10.21686/2073-1051-2024-1-55-76>
21. Leonov S.N. (2024) Methodological problems of formation and application of composite territorial indices. *Regionalistica [Regionalistics]*, 11 (1), 60–68. DOI: <https://dx.doi.org/110.14530/reg.2024.1.60>
22. Tsetsiarynets T. (2022) Increasing the knowledge intensity of the agricultural sector through the prism of investment support. *Agrarian Economics*, 7, 32–41. DOI: <https://doi.org/10.29235/18189-806202273241>
23. Shirov A.A. (2024) *Rossiiia 2035: k novomu kachestvu natsional'noi ekonomiki [Russia 2035: Towards a New Quality of National Economy]*, Moscow: Artik Print.
24. Komkov V. (2016) Zakon ubyvaiushchei otdachi i natsional'naia investitsionnaia politika [The Law of Diminishing Returns and National Investment Policy]. *Bank Bulletin Journal*, 4, 12–17.
25. Edinak E.A. (2024) The Impact of Sectoral Structure on Job Creation and Distribution. *Studies on Russian Economic Development*, 1, 6–22. DOI: <https://doi.org/10.47711/0868-6351-202-6-22>
26. Voskoboinikov I.B. (2003) *Otsenka sovokupnoi faktornoi proizvoditel'nosti rossiiskoi ekonomiki v period 1961–2001 gg. s uchetom korrektyrovki dinamiki osnovnykh fondov [Estimation of total factor productivity of the Russian economy in the period 1961–2001, taking into account the adjustment of the dynamics of fixed assets]*, Moscow: GU VSHE.
27. Kim A.L. (2023) The Contribution of Intensive and Extensive Factors to Labor Productivity Dynamics in the Russian Far East. *Regionalistica [Regionalistics]*, 10 (3), 26–39. DOI: <https://doi.org/10.14530/reg.2023.3.26>
28. Teterinets T.A. (2022) Assessment of Human Capital from the Perspective of Investment Costs. *Studies on Russian Economic Development*, 2, 48–57. DOI: <https://doi.org/10.47711/0868-6351-191-48-57>
29. Uzyakova E.S., Shirov A.A. (2024) Employment and Labor Productivity in Russia: Analysis and Forecasts. *Studies on Russian Economic Development*, 4, 6–20. DOI: <https://doi.org/10.47711/0868-6351-205-6-20>
30. Makovskaia N.V. (2024) *Proizvoditel'nost' trudovoi sfery v Belarusi [Labor productivity in Belarus]*, Mogilev: MGU imeni A.A. Kulshova.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT AUTHOR

ТЕТЕРИНЕЦ Татьяна Анатольевна

E-mail: talad79@mail.ru

Tatsiana A. TSETSIARYNETS

E-mail: talad79@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1058-4110>

Поступила: 06.01.2025; Одобрена: 12.02.2025; Принята: 13.02.2025.

Submitted: 06.01.2025; Approved: 12.02.2025; Accepted: 13.02.2025.

Научная статья

УДК 303.717; 311.15; 332.133.44 (571.61)

DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18106>

EDN: <https://elibrary/KSFRQP>



АЛГОРИТМ ОТБОРА РЕГИОНОВ-КОНКУРЕНТОВ НА ОСНОВЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ЛОКАЛИЗАЦИИ (НА ПРИМЕРЕ АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ)

А.В. Васильева  

Амурский государственный университет,
Благовещенск, Российская Федерация

 vavangel@mail.ru

Аннотация. Проведению оценки конкурентоспособности регионов предшествует этап формирования статистической совокупности оцениваемых субъектов. Каждый автор по-своему подходит к выполнению данного этапа. Одни авторы проводят оценку конкурентоспособности всех регионов страны, пропуская этап отбора. Другие в качестве объектов сравнения рассматривают регионы одного федерального округа. Третьи сосредотачивают внимание на соседних регионах также в пределах какого-либо федерального округа. Слабая обоснованность таких подходов может привести к искажению результатов оценки конкурентоспособности субъектов Российской Федерации и формулировке неверных выводов по поводу конкурентных преимуществ регионов. Для того чтобы свести к минимуму ошибки репрезентативности, требуется формализация процедуры отбора регионов-конкурентов. *Цель* исследования – совершенствование алгоритма формирования статистической совокупности регионов-конкурентов с помощью коэффициентов локализации. Информационной базой исследования являются данные Росстата за 2022 г. Для выполнения расчетов применялись статистические методы, а также методы анализа региональной экономики. *Результатом* работы является усовершенствованный алгоритм формирования статистической совокупности регионов-конкурентов, позволяющий выполнить отбор однородных регионов с минимальными различиями по вкладу разных видов деятельности в экономику региона. Основу алгоритма составляет расчет коэффициентов локализации, позволяющий составить репрезентативную выборку. Применение предлагаемого алгоритма отбора регионов-конкурентов будет способствовать усилению конкурентных позиций оцениваемых регионов за счет использования опыта региональной политики сравниваемых субъектов Российской Федерации. Апробация алгоритма выполнена на статистических данных субъектов страны. В результате сформирована репрезентативная выборка регионов-конкурентов Амурской области, которую следует использовать для проведения оценки конкурентоспособности региона и выявления его конкурентных преимуществ и слабых мест. Приемы выбора регионов-конкурентов зависят от количества доминирующих видов деятельности и цели исследования. В том случае, если необходимо рассмотреть конкурентов по всем типам конкурентной специализации, количество регионов-конкурентов Амурской области будет включать 68 субъектов страны за 2022 г. Если выполнить отбор регионов по промышленным видам деятельности, статистическая совокупность регионов-конкурентов будет состоять из 46 субъектов.

Ключевые слова: алгоритм, репрезентативная выборка, регионы-конкуренты, коэффициенты локализации

Для цитирования: Васильева А.В. (2025) Алгоритм отбора регионов-конкурентов на основе коэффициентов локализации (на примере Амурской области). П-Economy, 18 (1), 107–123. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18106>



AN ALGORITHM FOR SELECTING COMPETING REGIONS BASED ON LOCALIZATION COEFFICIENTS (USING THE EXAMPLE OF THE AMUR REGION)

A.V. Vasilyeva  

Amur State University, Blagoveshchensk, Russian Federation

 vavangel@mail.ru

Abstract. The assessment of the competitiveness of regions is preceded by the stage of formation of the statistical set of the assessed entities. Each author approaches this stage in his own way. Some authors assess the competitiveness of all regions of the country, skipping the selection stage. Others consider regions of the same federal district as objects of comparison. Still others focus on neighboring regions, also within a federal district. The weak validity of such approaches can lead to distortion of the results of assessing the competitiveness of the constituent entities of the Russian Federation and the formulation of incorrect conclusions about the competitive advantages of the regions. In order to minimize representativeness errors, it is necessary to formalize the selection procedure for competing regions. *The purpose* of the study is to improve the algorithm for forming a statistical set of competing regions using localization coefficients. The information base of the study is the Federal State Statistics Service data for 2022. Statistical methods were used to perform the calculations, as well as methods for analyzing the regional economy. *The result* of the work is an improved algorithm for the formation of a statistical set of competing regions, which makes it possible to select homogeneous regions with minimal differences in the contribution of different types of activities to the regional economy. The algorithm is based on the calculation of localization coefficients, which makes it possible to make a representative sample. The use of the proposed algorithm for selecting competing regions will help strengthen the competitive positions of the assessed regions by using the experience of the regional policy of the compared entities of the Russian Federation. The algorithm was tested on the statistical data of the country's entities. As a result, a representative sample of the competing regions of the Amur Region has been formed, which should be used to assess the competitiveness of the region and identify its competitive advantages and weaknesses. The methods of selecting competing regions depend on the number of dominant types of activities and the purpose of the study. In it is necessary to consider competitors by all types of competitive specialization, the number of competing regions of the Amur Region will include 68 entities in 2022. If we select regions by industrial activity, the statistical set of competing regions will consist of 46 entities.

Keywords: algorithm, representative sample, competing regions, localization coefficients

Citation: Vasilyeva A.V. (2025) An algorithm for selecting competing regions based on localization coefficients (using the example of the Amur region). *П-Economy*, 18 (1), 107–123. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18106>

Введение

Актуальность исследования

Несмотря на пристальное внимание исследователей к теме региональной конкурентоспособности, остается непроработанным вопрос отбора регионов-конкурентов с целью проведения оценки их конкурентоспособности. В большинстве работ в состав оцениваемой совокупности включены все субъекты страны или одного федерального округа. При этом принципы такого выбора не поясняются. Однако репрезентативный отбор регионов-конкурентов является одним из наиболее важных этапов статистического исследования конкурентоспособности региона. Непредставительный отбор может исказить результаты оценки конкурентоспособности регионов, что приведет к неверным выводам и интерпретации полученных результатов, затруднит принятие обоснованных управленческих решений органами всех ветвей власти.



Общеизвестно, что регионы страны являются неоднородными по социально-экономическим показателям. Они также сильно различаются по разнообразию природных ресурсов, географическому расположению, численности и составу населения, структуре экономики, бюджетной обеспеченности и т.д. Для того чтобы при формировании выборки свести к минимуму ошибки репрезентативности, усовершенствован алгоритм формирования статистической совокупности регионов-конкурентов, позволяющий выполнить отбор однородных регионов с минимальными различиями по вкладу различных видов деятельности в экономику региона. В отличие от существующих подходов, алгоритм учитывает конкурентную специализацию регионов, что позволяет отсеять неоднородные регионы со значениями коэффициентов локализации меньше единицы. Помимо этого, алгоритм позволяет выполнить группировку регионов по видам деятельности, что будет способствовать усилению конкурентных позиций оцениваемых регионов за счет использования опыта региональной политики сравниваемых субъектов Российской Федерации.

Литературный обзор

В научной литературе встречается немало работ, посвященных региональной конкурентоспособности. Не снижается интерес к экономической природе и содержанию конкурентоспособности региона [1, 7, 14], рассматриваются особенности конкурентоспособности региона в современных условиях [2], обсуждаются концептуальные аспекты оценки данной категории [3], изучается влияние конкурентоспособности на уровень экономической уязвимости регионов [4], разбираются стратегические факторы конкурентоспособности регионов [5], пересматриваются объекты конкурентной борьбы регионов [6], исследуются методические подходы к ее оценке [8, 12], и проводится ее оценка [9–11, 13].

Источником конкуренции регионов выступает ограниченность ресурсов, которая приводит к тому, что более развитые регионы как магнит притягивают к себе факторы производства. В связи с этим в развитых регионах растет объем производства, улучшается инфраструктура, растет количество предприятий и возрастает качество жизни граждан [15]. Все это способствует укреплению региональных конкурентных позиций среди регионов-конкурентов.

Т.Н. Субботина и М.Д. Харламов проанализировали понятие «конкурентоспособность региона» [16]. В противоположность единому подходу к определению ими отмечаются различия в отборе факторов конкурентоспособности, что влияет на интегральную оценку конкурентоспособности региона.

Д.С. Плотов рассматривает конкурентоспособность региона с точки зрения не только соперничества, но и межрегионального сотрудничества, полагая, что сотрудничество позволяет на основе кооперации и обмена использовать конкурентные преимущества других регионов, их достижения, модели развития [17].

Н.Н. Флячинская выполнила исследование показателей оценки конкурентоспособности регионов [18]. Она сгруппировала разные точки зрения ученых относительно подходов к показателям оценки конкурентоспособности региона. В итоге получилось семь подходов.

Несмотря на многочисленность работ, посвященных региональной конкурентоспособности, вопросу отбора регионов-конкурентов уделяется недостаточно внимания. При этом анализ литературы показал, что, как правило, исследователи в качестве объектов сравнения либо выбирают все субъекты страны, что представлено в работах [19, 20], либо ограничиваются соседними регионами.

Д.Ф. Рутко выполнила сравнительную оценку конкурентоспособности регионов Республики Беларусь по экономической, экологической и социальной составляющим [21]. Она также провела расчеты уровня реальной и потенциальной конкурентоспособности регионов, произвела сравнительную оценку конкурентоспособности регионов по реализации целей устойчивого развития (ЦУР) за период 2017–2022 гг. В качестве объектов сравнения выступили все регионы Республики Беларусь.

Оценку конкурентоспособности регионов одного федерального округа выполнили Е.В. Сибирская и Л.В. Овешникова [22]. В качестве объекта исследования они выбрали Дальневосточный федеральный округ. В соответствии с предложенной методикой, для проведения оценки конкурентоспособности дальневосточных регионов используются четыре группы показателей, среди которых экономическая, социальная, инновационная и промышленная составляющие. В каждой группе было представлено по три показателя. Основой сравнения регионов послужили расчеты средних темпов роста показателей за десять лет – с 2011 по 2021 г. Несмотря на то, что в качестве объекта исследования в статье выбраны регионы Дальнего Востока, темпы роста показателей по 11 регионам сравнивались со среднероссийскими значениями. Другими словами, в оценке конкурентоспособности дальневосточных регионов учитывались общероссийские тенденции изменения показателей всех регионов страны.

Е.Л. Дугина, Е.В. Доржиева и О.В. Базарова, оценивая конкурентоспособность регионального сельского хозяйства, ограничиваются регионами двух федеральных округов: Сибирского (в его составе 10 регионов) и Дальневосточного (11) [23]. При этом они отмечают, что по сравнению с южными и центральными регионами России сельское хозяйство Сибирского и Дальневосточного федеральных округов является недостаточно конкурентоспособным. Другие аргументы в пользу отбора регионов именно этих округов для оценки конкурентоспособности сельского хозяйства в работе не приводятся.

В статье [24] проведен сравнительный анализ результатов количественной оценки конкурентоспособности пяти регионов Сибирского федерального округа (Кемеровской, Новосибирской, Томской областей, Красноярского и Алтайского краев) за период 2000–2012 гг. Свой выбор авторы обосновывают тем, что указанные регионы имеют тесные торгово-экономические взаимоотношения, одинаковые сырьевые и продуктовые рынки, а также рынки труда. Большинство из этих регионов – наиболее динамично развивающиеся территории Сибирского федерального округа.

Упомянутые ранее Т.Н. Субботина и М.Д. Харламов в качестве объекта оценки конкурентоспособности рассматривают Калужскую область [16]. При этом конкурентную позицию региона они анализируют на основе рейтинговой оценки конкурентоспособности регионов AV RCI, выполненной Леонтьевским центром – AV Group. Примечательно, что объект исследования не сравнивается ни с одним из регионов России. В статье отсутствует даже упоминание об объектах сравнения.

М.П. Антонов аналогично выполняет анализ конкурентных преимуществ Самарской области, опираясь на индекс конкурентоспособности регионов России (AV RCI-2020), рассчитанный Леонтьевским центром – AV Group [25]. При этом он рассматривает преимущественно рейтинг конкурентоспособности регионов Приволжского федерального округа, куда входит и Самарская область. Автор отмечает, что Самарская область в нем занимает второе место, следуя за Республикой Татарстан, что характеризует ее экономику как одну из наиболее конкурентоспособных в Приволжском федеральном округе.

Л.А. Голованова определяет интегральный показатель региональной конкурентоспособности Хабаровского края в период 2017–2020 гг., сравнивая его показатели со средними значениями по Дальневосточному федеральному округу [26].

В отличие от предыдущих работ, Д.М. Переpletчикова совместно с О.С. Ёлкиной оценивают конкурентоспособность Республики Мордовия, при этом сравнивают ее показатели не со среднероссийским значением, а с показателями ближайшего соседа – Республики Татарстан [27]. При этом поясняют, что город Москва является самым конкурентоспособным регионом в сравнении с любым регионом страны. Поэтому результат сравнения города Москвы с любым российским регионом якобы очевиден – первый будет лидировать по показателям. В связи с этим авторы сравнивают Республику Мордовия с соседствующим регионом из того же федерального округа.



Среди малочисленных работ, посвященных обоснованию выбора регионов-конкурентов, следует выделить статью И.А. Карачева и О.В. Каплиной [28]. В ней представлены этапы методики отбора регионов-конкурентов. Так, на первом этапе предлагается определить соседние регионы, с которыми граничит объект оценки. Предполагается, что у них похожие природно-климатические условия, что определяет схожесть структуры экономики. Вторым этапом является отбор регионов с минимальными различиями в структуре валовой добавленной стоимости (ВДС). На третьем этапе сравнивается структура экспорта. Применение предложенной методики выполнено по отношению к Ярославской области. Регион граничит с шестью соседями. Из анализа исключены Костромская и Вологодская области. На наш взгляд, регион конкурирует не только с ближайшими в географическом отношении регионами, но и с весьма отдаленными субъектами Российской Федерации. При этом регионы, далеко находящиеся друг от друга, также могут иметь схожую структуру экономики. Поэтому данную методику нельзя назвать универсальной.

Цель исследования заключается в совершенствовании алгоритма формирования статистической совокупности регионов-конкурентов с помощью коэффициентов локализации.

Объектом исследования является конкурентная специализация регионов страны. *Предмет* исследования – отбор регионов-конкурентов на основе их конкурентной специализации.

Для проведения вычислений использованы статистические данные сайта Росстата об отраслевой структуре валовой добавленной стоимости субъектов Российской Федерации за 2022 г.¹

При выполнении работы применялись методы статистики, региональной экономики.

Методы и материалы

В статье усовершенствован алгоритм решения проблемы отбора регионов для проведения объективной оценки их конкурентоспособности. В качестве признаков, характеризующих регионы, выбрана НДС субъектов Российской Федерации за 2022 г. (последний доступный год на момент исследования) в разрезе 19 видов экономической деятельности. При отборе регионов соблюдено требование разнообразия выборки, которое состоит в том, что субъекты Российской Федерации сильно различаются по отраслевой структуре НДС.

Усовершенствованный алгоритм отличается от предыдущего [29] тем, что позволяет распределить анализируемые регионы на четыре типологические группы, которые характеризуют степень конкурентной специализации регионов.

Блок-схема разработанного алгоритма представлена на рис. 1.

Этап 1. Формулировка цели отбора регионов-конкурентов. Формулировка цели отбора особенно важна для неоднородной совокупности, какой являются субъекты Российской Федерации.

Цель отбора заключается в формировании репрезентативной статистической выборки регионов-конкурентов, которая отражает однородную специализацию исследуемой совокупности.

Этап 2. Сбор статистической информации об отраслевой структуре НДС регионов Российской Федерации за исследуемый период. Данная информация представлена на сайте Росстата и ежегодно дополняется.

Этап 3. Составление списка регионов для проведения исследования. С целью предотвращения дублирования данных на этом этапе необходимо исключить из перечня регионы, в которые входят другие субъекты Российской Федерации.

Этап 4. Определение специализации регионов на основе коэффициентов локализации (K_{ij}). Специализация региона позволяет определить те виды экономической деятельности, которые имеют приоритетное развитие. Важно подчеркнуть, что специализация региона в производстве товаров или услуг складывается при сочетании определенных условий. Так, производство определенных товаров в регионе, как правило, дешевле, чем в других субъектах страны. Объем производства

¹ Отраслевая структура валовой добавленной стоимости субъектов Российской Федерации в 2022 г. (в текущих ценах; в процентах к итогу). [online] Available at: <https://rosstat.gov.ru/accounts> [Accessed 19.09.2024]. (in Russian).

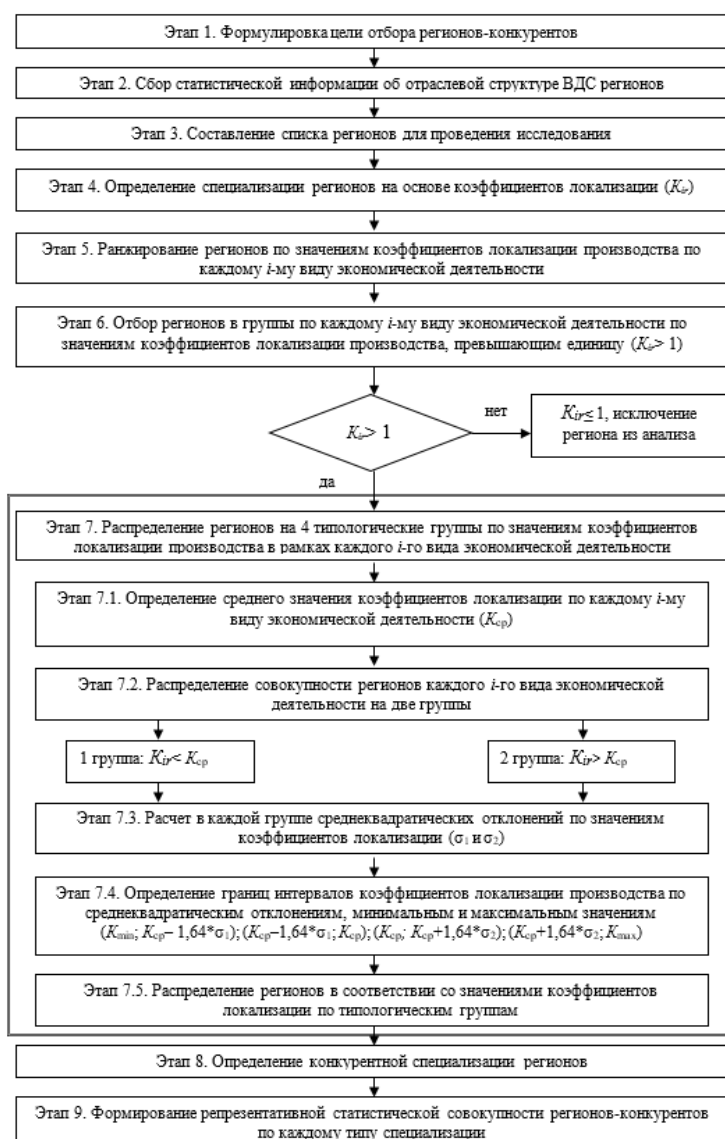


Рис. 1. Усовершенствованный алгоритм формирования статистической совокупности регионов-конкурентов

Fig. 1. Improved algorithm for the formation of a statistical set of competing regions

рассматриваемых товаров больше, чем это требуется для удовлетворения внутреннего регионального спроса. Для производства товаров регион обеспечен необходимыми условиями и ресурсами. Помимо этого, производство товаров имеет решающее значение в экономике не только региона, но и страны в целом [30, 31].

Для определения коэффициентов локализации используется соотношение доли ВДС i -го вида экономической деятельности в r регионе с удельным весом ВДС данного вида деятельности в стране.

Отбираемые регионы в соответствии с целью алгоритма должны иметь высокую специализацию в тех видах экономической деятельности, которые вносят значительный вклад в их экономику.

Этап 5. Ранжирование регионов по значениям коэффициентов локализации производства по каждому i -му виду экономической деятельности. Сортировка регионов, как правило, выполняется от минимального значения показателя к максимальному.

Этап 6. Отбор регионов в группы по каждому i -му виду экономической деятельности по значениям коэффициентов локализации производства, превышающим единицу ($K_{ir} > 1$). В соответствии с целью отбора в выборочную совокупность не включаются регионы, не отвечающие заданному формализованному правилу. Так, субъекты Российской Федерации, чьи значения коэффициентов локализации производства меньше или равны единице ($K_{ir} \leq 1$), исключаются из дальнейшего анализа.

Этап 7. Распределение регионов на четыре типологические группы по значениям коэффициентов локализации производства в рамках каждого i -го вида экономической деятельности. Задачей этапа является показать существование различий в конкурентной специализации между отобранными регионами. Для этого выборочные совокупности регионов по каждому i -му виду экономической деятельности делятся на четыре типа. Этап включает в себя пять промежуточных этапов:

7.1. Определение среднего значения коэффициентов локализации по каждому i -му виду экономической деятельности (K_{cp}). Средняя величина определяется по формуле средней арифметической простой.

7.2. Распределение совокупности регионов каждого i -го вида экономической деятельности на две группы:

$K_{ir} < K_{cp}$	K_{cp}	$K_{ir} > K_{cp}$
-------------------	----------	-------------------

7.3. Расчет в каждой группе среднеквадратических отклонений по значениям коэффициентов локализации (σ_1 и σ_2). Для оценки колеблемости регионов по коэффициентам локализации используется среднеквадратическое отклонение, которое дает представление о том, насколько выше или ниже среднего значения находится фактическое значение коэффициента локализации.

7.4. Определение границ интервалов коэффициентов локализации производства по среднеквадратическим отклонениям, минимальным и максимальным значениям. В зависимости от цели исследования может быть использовано несколько различных подходов к определению границ типологических групп:

1) При нормальном распределении коэффициенты локализации будут находиться в пределах $\pm 1 \sigma$ от среднего значения коэффициентов локализации:

$$x_{cp} - \sigma, x_{cp} + \sigma \text{ (или } x_{cp} \pm \sigma).$$

Первое неравенство означает, что на данном интервале сосредоточено 68,27% всех значений коэффициентов локализации.

2) $x_{cp} - 2*\sigma, x_{cp} + 2*\sigma$ (или $x_{cp} \pm 2*\sigma$).

Второе неравенство означает, что на данном интервале сосредоточено 95,45% всех значений коэффициентов локализации.

3) $x_{cp} - 3*\sigma, x_{cp} + 3*\sigma$ (или $x_{cp} \pm 3*\sigma$).

Третье неравенство означает, что на данном интервале сосредоточено 99,73% всех значений коэффициентов локализации.

Следует отметить, что границы групп с вариацией в одну σ следует использовать для разбиения совокупности регионов на шесть типов, а не на четыре, как предлагается в нашей работе.

Для разбиения совокупности объектов на четыре группы на практике наиболее часто используются следующие пределы:

$$x_{cp} - 1,64*\sigma, x_{cp} + 1,64*\sigma \text{ (или } x_{cp} \pm 1,64*\sigma).$$

Это означает, что на данном интервале будет сосредоточено 90% всех значений коэффициентов локализации. В представленном исследовании именно данный подход и выбран для определения типологических групп регионов.

Границы интервалов коэффициентов локализации производства выглядят следующим образом:

$$(K_{\min}; K_{\text{cp}} - 1,64 * \sigma_1); (K_{\text{cp}} - 1,64 * \sigma_1; K_{\text{cp}});$$

$$(K_{\text{cp}}; K_{\text{cp}} + 1,64 * \sigma_2); (K_{\text{cp}} + 1,64 * \sigma_2; K_{\max}).$$

7.5. Распределение регионов в соответствии со значениями коэффициентов локализации по типологическим группам:

Границы интервалов	Тип специализации региона
$(K_{\min}; K_{\text{cp}} - 1,64 * \sigma_1)$	IV. Регионы со слабой конкурентной специализацией
$(K_{\text{cp}} - 1,64 * \sigma_1; K_{\text{cp}})$	III. Регионы со средней конкурентной специализацией
$(K_{\text{cp}}; K_{\text{cp}} + 1,64 * \sigma_2)$	II. Регионы с сильной конкурентной специализацией
$(K_{\text{cp}}; K_{\text{cp}} + 1,64 * \sigma_2)$	I. Лидеры в конкурентной специализации

Этап 8. Определение конкурентной специализации регионов. На данном этапе регион признается наиболее характерным представителем некоторой типологической группы. Под конкурентной специализацией региона будем понимать специализацию региона в производстве определенного вида продукции, обеспечивающую более высокую конкурентную позицию среди соперников.

Этап 9. Формирование репрезентативной статистической совокупности регионов-конкурентов по каждому типу специализации.

Таким образом, усовершенствованный алгоритм отбора регионов-конкурентов позволяет провести репрезентативный выбор регионов, имеющих специализацию в конкретном виде экономической деятельности. При этом регионы классифицируются по четырем типам конкурентной специализации.

Результаты и обсуждение

Усовершенствованный алгоритм формирования статистической совокупности регионов-конкурентов апробирован на статистических данных ВДС в разрезе видов экономической деятельности регионов России за 2022 г.

При составлении списка регионов для проведения исследования из анализа исключены Архангельская область, включающая в себя Ненецкий АО, и Тюменская область, в которую входят Ханты-Мансийский АО–Югра и Ямало-Ненецкий АО. В выборке оставлена Архангельская область без Ненецкого АО и Тюменская область без Ханты-Мансийского АО–Югра и Ямало-Ненецкого АО. В итоге статистическая совокупность регионов включила в себя 85 субъектов страны.

В соответствии с алгоритмом, для каждого субъекта Российской Федерации рассчитаны коэффициенты локализации производства; далее регионы отсортированы в порядке возрастания значений коэффициентов; затем сформирована выборка регионов – из тех субъектов, у которых значения коэффициентов локализации превышают единицу.

В соответствии со значениями коэффициентов локализации выполнено распределение регионов России по типологическим группам. В каждой группировке регионы перечислены в порядке возрастания значений коэффициентов локализации. Так, например, в табл. 1 в соответствии с предложенным алгоритмом выполнено распределение субъектов Российской Федерации по коэффициентам локализации по виду деятельности «Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха» (раздел D) за 2022 г.

Согласно результатам расчетов, представленным в табл. 1, 58,82% всех регионов страны специализируются на производстве продукции по виду деятельности «Обеспечение электрической энергией».

Таблица 1. Распределение субъектов Российской Федерации по коэффициентам локализации по виду деятельности «Обеспечение электрической энергией» (раздел D) за 2022 г.
Table 1. Distribution of the entities of the Russian Federation by localization coefficients by type of activity “Provision of electric energy” (section D) for 2022

Границы интервалов	Тип специализации региона	Субъект Российской Федерации	Итого
(1,040; 1,369)	IV	Челябинская обл., Омская обл., Тульская обл., Нижегородская обл., Оренбургская обл., Тюменская обл. (без Ханты-Мансийского АО–Югра и Ямало-Ненецкого АО), Забайкальский край, Воронежская обл., Волгоградская обл., Самарская обл., Алтайский край, Хабаровский край, Ярославская обл., Псковская обл., Республика Башкортостан, Кемеровская обл.–Кузбасс, Брянская обл., Республика Саха (Якутия), Республика Марий Эл, Чувашская Республика, Кировская обл., Свердловская обл., Республика Бурятия, Рязанская обл., Еврейская авт. обл.	25
(1,369; 1,682)	III	Архангельская обл. (без Ненецкого АО), Новгородская обл., Красноярский край, Иркутская обл., Ивановская обл., Ставропольский край, Магаданская обл., Ростовская обл., Курганская обл., Республика Крым, Саратовская обл.	11
(1,682; 3,598)	II	Калининградская обл., Республика Алтай, Курская обл., Карачаево-Черкесская Республика, Амурская обл., Республика Калмыкия, г. Севастополь, Республика Северная Осетия–Алания, Ленинградская обл., Костромская обл., Тверская обл.	11
(3,598; 5,870)	I	Республика Хакасия, Смоленская обл., Чукотский АО	3
Итого			50

Ранжирование регионов по величине коэффициентов локализации производства позволило выявить регионы-лидеры (наибольшее значение коэффициента) и регионы со слабой конкурентной специализацией (наименьшее значение коэффициента). Лидирует в специализации региона в области энергетики Чукотский АО, имеющий максимальное значение коэффициента локализации производства, равное 5,87. Наименьшее значение коэффициента в отобранной совокупности регионов отмечено в Челябинской области – 1,04.

В число лидеров в специализации региона по виду деятельности «Обеспечение электрической энергией» вошли три региона. Помимо Чукотского АО на производстве электроэнергии специализируются Смоленская область и Республика Хакасия.

Регионы II типа специализации обладают высоким уровнем отраслевой концентрации производства по виду деятельности, обеспечивающим устойчивые конкурентные преимущества в области производства электрической энергии. Ко II типу специализации отнесены 11 регионов, в том числе и Амурская область. Коэффициенты локализации второго типа регионов с высокой конкурентной специализацией варьируют от 1,682 до 3,598.

Регионы III типа специализации отличаются тем, что имеют конкурентную специализацию в области производства электрической энергии ниже среднего значения в отрасли. Таких регионов в 2022 г. оказалось 11, или 22% от выборочной совокупности. Коэффициенты локализации III типа регионов изменяются от 1,369 до среднего значения в 1,682.

В четвертую группу регионов входят регионы со слабой конкурентной специализацией в области энергетики, однако имеющие достаточный потенциал для достижения высоких показателей в данной отрасли. Четвертая группа регионов оказалась самой многочисленной, в ней сосредоточено 25 субъектов Российской Федерации, или 50% единиц выборочной совокупности.

Электрическая энергия является одним из наиболее востребованных видов продукции. Без нее невозможно производство многих видов товаров и услуг. Ограниченность в энергоресурсах

региона оказывает негативное влияние на его возможности по удовлетворению растущего спроса на электроэнергию, что сдерживает темпы экономического роста. Высокая специализация Амурской области на производстве электроэнергии обеспечивает ей устойчивое конкурентное преимущество в организации производства товаров и услуг. Бесперебойные поставки энергии выступают гарантом обеспечения безопасности и устойчивости функционирования экономики региона [32].

В табл. 2 представлено распределение субъектов Российской Федерации по коэффициентам локализации по виду деятельности «Транспортировка и хранение».

Таблица 2. Распределение субъектов Российской Федерации по коэффициентам локализации по виду деятельности «Транспортировка и хранение» (раздел Н) за 2022 г.
Table 2. Distribution of the entities of the Russian Federation by localization coefficients by type of activity “Transportation and storage” (section H) for 2022

Границы интервалов	Тип специализации региона	Субъект Российской Федерации	Итого
(1,060; 1,347)	IV	Новгородская обл., г. Москва, Брянская обл., Тверская обл., Омская обл., Вологодская обл., Калининградская обл., Псковская обл., Курганская обл., Иркутская обл.	10
(1,347; 1,631)	III	Тюменская обл. (без Ханты-Мансийского АО—Югра и Ямало-Ненецкого АО), Республика Бурятия, Республика Карелия, Смоленская обл., Ярославская обл., Архангельская обл. (без Ненецкого АО), Новосибирская обл.	7
(1,631; 2,329)	II	Амурская обл. , Ленинградская обл., Краснодарский край, Забайкальский край	4
(2,329; 2,990)	I	Хабаровский край, Еврейская авт. обл., Республика Калмыкия, Приморский край	4
Итого			25

Данные табл. 2 показывают, что вид деятельности «Транспортировка и хранение» является определяющим в экономике 25 субъектов Российской Федерации (29,41% от всех регионов страны). Значения коэффициентов локализации по виду деятельности «Транспортировка и хранение» варьируют от 1,06 в Новгородской области до 2,99 в Приморском крае.

Лидерами в конкурентной специализации по виду деятельности «Транспортировка и хранение» являются четыре региона, три из которых входят в Дальневосточный федеральный округ, за исключением Республики Калмыкия.

Ко II типу регионов с высокой конкурентной специализацией в области транспортировки и хранения относятся четыре региона, два из которых также входят в Дальневосточный федеральный округ.

В третьей группе находятся семь субъектов страны со средней конкурентной специализацией.

Наиболее многочисленной по сравнению с другими оказалась четвертая группа регионов со слабой конкурентной специализацией в области транспортировки и хранения. В составе регионов IV типа конкурентной специализации представлено десять субъектов страны.

Распределение регионов по значениям коэффициентов локализации в виде деятельности «Строительство» представлено в табл. 3.

Конкурентной специализацией 38 регионов является строительство. Лидерами в специализации выступают три региона.

Для 11 регионов страны характерна высокая конкурентная специализация в строительной отрасли.

Таблица 3. Конкурентная специализация регионов страны по виду деятельности «Строительство» (раздел F) за 2022 г.
Table 3. Competitive specialization of the country's regions by type of activity “Construction” (section F) for 2022

Границы интервалов	Тип специализации региона	Субъект РФ	Итого
(1,040; 1,321)	IV	Тюменская обл.(без Ханты-Мансийского АО– Югра и Ямало-Ненецкого АО), Республика Тыва, г. Москва, Хабаровский край, Воронежская обл., Калининградская обл., Республика Северная Осетия–Алания, Республика Татарстан, Камчатский край, Республика Адыгея, Красноярский край, Сахалинская обл., Нижегородская обл., Омская обл., Ростовская обл., Мурманская обл., Ставропольский край, Республика Башкортостан, Чувашская Республика, Владимирская обл.	20
(1,321; 1,527)	III	Забайкальский край, Курская обл., Ямало-Ненецкий АО, Республика Бурятия	4
(1,527; 2,724)	II	Карачаево-Черкесская Республика, г. Севастополь, Ленинградская обл., Республика Саха (Якутия), Кабардино-Балкарская Республика, Республика Крым, Республика Ингушетия, Еврейская авт. обл., Иркутская обл., Республика Алтай, Чеченская Республика	11
(2,724; 3,750)	I	Республика Дагестан, Чукотский АО, Амурская обл.	3
Итого			38

Четыре региона страны показывают значения коэффициентов локализации в строительстве чуть ниже среднего значения выборочной совокупности.

В 20 регионах наблюдается слабая конкурентная специализация в строительной отрасли.

В соответствии с усовершенствованным алгоритмом аналогично выполнено распределение субъектов Российской Федерации по коэффициентам локализации в других видах деятельности.

Применение алгоритма позволило сформировать репрезентативную статистическую совокупность регионов-конкурентов Амурской области за 2022 г. В табл. 4. представлены те виды экономической деятельности, которые определяют конкурентную специализацию Амурской области. При этом разные виды деятельности характеризуются отличающимися типами конкурентной специализации.

Конкурентной специализацией производства Амурской области являются восемь видов экономической деятельности.

Как и для большинства регионов страны (63 субъекта Российской Федерации (74,12 % регионов) специализируются на образовании, 62 субъекта (72,94 % регионов) – на государственном управлении, 68 субъектов (80% регионов) – на здравоохранении), для Амурской области характерна специализация экономики на таких сферах деятельности, как здравоохранение, образование, государственное управление. Это означает, что указанные виды деятельности полностью покрывают региональный спрос на услуги в этих сферах.

Следует отметить, что традиционной для региона является сельскохозяйственная специализация. Амурская область является лидером в стране по производству сои. В 2022 г. в регионе собрано 1560,2 тыс. тонн сои, что на 37% больше, чем в 2021 г. Этим объясняется конкурентная специализация региона в сельском хозяйстве.

Относительно новой для региона является специализация по виду «Деятельность гостиниц и предприятий общественного питания (I)». До 2022 г. в Амурской области не наблюдалось преобладание ВДС по разделу I над среднероссийским показателем. Тем не менее Амурская область,

Таблица 4. Статистическая совокупность регионов-конкурентов Амурской области за 2022 г.
Table 4. Statistical set of the competing regions of the Amur region for 2022

Тип конкурентной специализации	Вид деятельности	Регион
IV	Сельское хозяйство (A)	Челябинская обл., Ленинградская обл., Республика Татарстан, Новосибирская обл., Республика Тыва, Тверская область, Астраханская обл., Самарская обл., Удмуртская Республика, Архангельская обл. (без Ненецкого АО), Еврейская авт. обл., Калужская обл., Новгородская обл., Калининградская обл., Хабаровский край, Тульская обл., Республика Карелия, Амурская обл. , Костромская обл., Мурманская обл., Республика Башкортостан, Республика Алтай, Кировская обл., Республика Крым, Чувашская Республика, Омская обл., Приморский край, Оренбургская обл.
	Деятельность гостиниц и предприятий общественного питания (I)	Калужская обл., Костромская обл., Московская обл., г. Москва, Кировская обл., Тюменская обл.(без Ханты-Мансийского АО–Югра и Ямало-Ненецкого АО), Челябинская обл., Новосибирская обл., Омская обл., Забайкальский край, Амурская обл. , Ярославская обл., Республика Адыгея, Ростовская обл., Приморский край, Архангельская обл. (без Ненецкого АО), Республика Марий Эл, Чувашская Республика, Республика Хакасия, Камчатский край
	Образование (P)	Калужская обл., Тульская обл., Красноярский край, Республика Коми, Краснодарский край, Белгородская обл., Нижегородская обл., Воронежская обл., Волгоградская обл., Республика Саха (Якутия), Челябинская обл., Иркутская обл., Приморский край, Брянская обл., Смоленская обл., Пензенская обл., Тамбовская обл., Тверская обл., Удмуртская Республика, Свердловская обл., Амурская обл. , Ярославская обл., Ростовская обл.
III	Государственное управление (O)	Тамбовская обл., Алтайский край, Тверская обл., Республика Адыгея, Амурская обл. , Республика Марий Эл, Республика Крым, Ставропольский край, Кировская обл., Республика Мордовия, Республика Хакасия, Магаданская обл., Костромская обл., Ульяновская обл.
	Деятельность в области здравоохранения (Q)	Республика Адыгея, Новосибирская обл., Томская обл., Приморский край, Магаданская обл., Брянская обл., Республика Хакасия, Краснодарский край, Волгоградская обл., Республика Башкортостан, Амурская обл. , Ульяновская обл., Орловская обл., Рязанская обл., Республика Мордовия, Костромская обл., Тверская обл., Ярославская обл., Республика Марий Эл, Пензенская обл., Саратовская обл., Чувашская Республика, Республика Калмыкия
II	Обеспечение электрической энергией (D)	Калининградская обл., Республика Алтай, Курская обл., Карачаево-Черкесская Республика, Амурская обл. , Республика Калмыкия, г. Севастополь, Республика Северная Осетия–Алания, Ленинградская обл., Костромская обл., Тверская обл.
	Транспортировка и хранение (H)	Амурская обл. , Ленинградская обл., Краснодарский край, Забайкальский край
I	Строительство (F)	Республика Дагестан, Чукотский АО, Амурская обл.



находясь на границе с Китаем и имея уникальные природные ресурсы, демонстрирует предпосылки для развития конкурентоспособного туристического комплекса региона, способного создать привлекательность не только области, но и страны в целом. Подтверждением этого и является появившаяся в 2022 г., хотя и слабая, конкурентная специализация региона по разделу (I).

Способы выбора регионов-конкурентов будут зависеть от количества доминирующих видов деятельности.

Если в качестве приема выбора конкурентов использовать все четыре типа конкурентной специализации, список регионов-конкурентов Амурской области будет включать 68 регионов страны (80% от всей совокупности).

В том случае, если выполнить отбор регионов по видам деятельности без учета государственных и социальных услуг (исключая такие виды деятельности, как образование, здравоохранение, государственное управление), статистическая совокупность регионов-конкурентов будет состоять из 46 регионов (54,12%), представленных в табл. 4.

Если для формирования статистической совокупности регионов-конкурентов рассматривать лидеров отрасли, а также регионы с высокой конкурентной специализацией, в состав регионов-конкурентов войдет 15 субъектов страны.

Таким образом, в статье выполнено совершенствование процедуры отбора регионов-конкурентов для проведения следующего этапа, в частности сравнительного анализа объектов оценки. Предложенный алгоритм основан на конкурентной специализации регионов, что обеспечивает репрезентативность выборки.

В результате исследования были решены следующие задачи:

- 1) Выполнен расчет коэффициентов локализации производства по 19 видам экономической деятельности для 85 регионов страны за 2022 г.
- 2) Проведена сортировка регионов страны по коэффициентам локализации.
- 3) Выполнено разбиение отобранных регионов на группы.
- 4) Определена конкурентная специализация регионов.
- 5) Сформирована статистическая совокупность регионов-конкурентов на примере Амурской области за 2022 г.

Заключение

В статье предложен авторский подход решения проблемы формализации выбора регионов сравнения. Основой алгоритма выступает учет конкурентной специализации регионов, что позволяет проводить отбор соперников с учетом отраслевой структуры экономики. Помимо этого, с помощью усовершенствованного алгоритма можно выделить типологические группы конкурентной специализации регионов, благодаря которым появляется возможность определить степень выраженности признака.

Апробация предлагаемого методического подхода позволила эмпирически доказать необходимость отбора регионов-конкурентов для оценки конкурентоспособности, а не выполнять сравнение всех регионов со всеми.

Показано, что требованию превышения коэффициента локализации производства, равному единице, соответствуют лишь некоторые регионы, которые и участвовали в процедуре отбора.

Лидирующими видами экономической деятельности, в которых у Амурской области наблюдается устойчивая конкурентная позиция, являются «Строительство» (F), «Обеспечение электрической энергией» (D), «Транспортировка и хранение» (H). При составлении списка регионов-конкурентов с целью проведения оценки конкурентоспособности обязательным условием является учет специализации региона.

Направления дальнейших исследований

Направлениями дальнейших исследований являются:

- применение алгоритма для формирования статистической совокупности регионов-конкурентов Амурской области за 2016–2021 гг.;
- изучение изменения состава регионов-конкурентов в динамике; определение ближайших регионов-конкурентов области;
- оценка конкурентоспособности отобранных регионов, на основании которой можно выявить устойчивые конкурентные преимущества и слабые стороны региона.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Тарануха Ю.В. (2024) Экономическая природа и содержание конкурентоспособности региона: нарративный подход. *Экономика региона*, 20(1), 106–134. DOI: <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2024-1-8>
2. Кулик Е.И. (2024) Особенности конкурентоспособности региона в современных условиях. *Современная конкуренция*, 18 (3), 37–47. DOI: <https://doi.org/10.37791/2687-0657-2024-18-3-37-47>
3. Мишкова М.П. (2023) Концептуальные аспекты оценки конкурентоспособности региона. *Вестник Брестского университета. Серия 2: История. Экономика. Право*, 2, 67–75.
4. Голованов Е.Б., Башарова Д.М. (2023) Оценка уровня экономической уязвимости регионов с учетом фактора конкурентоспособности. *Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент»*, 17 (4), 12–28. DOI: <https://doi.org/10.14529/em230402>
5. Урасова А.А., Щеглов Е.В. (2023) Актуальные факторы стратегической конкурентоспособности промышленности субъектов Российской Федерации в новых условиях. *Экономика, предпринимательство и право*, 13 (2), 365–380. DOI: <https://doi.org/10.18334/epp.13.2.117171>
6. Важенина И.С., Важенин С.Г. (2022) Конкуренция территорий за будущее: особенности зарождения и становления. *Федерализм*, 27 (4), 21–36. DOI: <http://dx.doi.org/10.21686/2073-1051-2022-4-21-36>
7. Субачева Л.А. (2023) Теоретические подходы к определению и оценке конкурентоспособности экономики региона. *Проблемы и перспективы развития системы учета, аудита и государственного управления в условиях цифровой экономики*, 647–652.
8. Фахратов Э.Т., Слинкова О.К. (2023) Научные подходы к проведению маркетинговых исследований территории и ее конкурентоспособности. *Научный результат. Технологии бизнеса и сервиса*, 9 (1), 154–168. DOI: <https://doi.org/10.18413/2408-9346-2023-9-1-1-4>
9. Bahrami F., Shahmoradi B., Noori J., Turkina E., Bahrami H. (2023) Economic complexity and the dynamics of regional competitiveness a systematic review. *Competitiveness Review*, 33 (4), 711–744. DOI: <https://doi.org/10.1108/CR-06-2021-0083>
10. Bocci L., D’Urso P., Vicari D., Vitale V. (2024) A Regression Tree-Based Analysis of the European Regional Competitiveness. *Social Indicators Research*, 173, 137–167. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11205-021-02869-3>
11. Gwiazdzińska-Goraj M., Jezierska-Thöle A., Dudzińska M. (2022) Assessment of the Living Conditions in Polish and German Transborder Regions in the Context of Strengthening Territorial Cohesion in the European Union: Competitiveness or Complementation? *Social Indicators Research*, 163, 29–59. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11205-022-02889-7>
12. Karman A., Pawłowski M. (2022) Circular economy competitiveness evaluation model based on the catastrophe progression method. *Journal of Environmental Management*, 303, art. no. 114223. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.114223>
13. Oulehlova A., Kudlak A., Urban R., Hoke E. (2021) Competitiveness of the Regions in the Czech Republic from the Perspective of Disaster Risk Financing. *Journal of Competitiveness*, 13 (4), 115–131. DOI: <https://doi.org/10.7441/joc.2021.04.07>
14. Palinchak M., Tsalan M., Brenzovych K., Kucher A., Kajánek T., Grešš M. (2021) Competitiveness as the Basis of EU Regional Policy: Smart Specialization and Sustainability. *European Journal of Sustainable Development*, 10 (4), 227–239. DOI: <https://doi.org/10.14207/ejsd.2021.v10n4p227>
15. Коробкин А.З., Якимик А.Я., Скоромный А.С. (2023) Региональная конкурентоспособность как фактор конкурентоспособности государства. *Молодежь и наука*, 24–26.



16. Субботина Т.Н., Харламов М.Д. (2023) Конкурентоспособность региона: сущность, факторы и методика оценки российских регионов. *Экономика и бизнес: теория и практика*, 9 (103), 188–193. DOI: <https://doi.org/10.24412/2411-0450-2023-9-188-193>
17. Глотов Д.С. (2023) Оценка эффективности межрегионального взаимодействия в системе обеспечения конкурентоспособности региона. *Экономика. Информатика*, 50 (4), 735–742. DOI: <https://doi.org/10.52575/2687-0932-2023-50-4-735-742>
18. Флячинская Н.Н. (2023) Исследование методических подходов оценки конкурентоспособности региона. *Вестник Брестского государственного технического университета*, 2 (131), 174–177. DOI: <https://doi.org/10.36773/1818-1112-2023-131-2-174-177>
19. Цукерман В.А., Горячевская Е.С. (2022) Оценка конкурентоспособности регионов в контексте глобальной трансформации Арктики. *Друкерровский вестник*, 4, 133–153. DOI: <http://dx.doi.org/10.17213/2312-6469-2022-4-133-153>
20. Сафиуллин М.Р., Гатауллина А.А., Ильдарханова А.К., Кузьмишин И.А. (2023) Кластеризация регионов российской федерации по уровню развития высшей школы и конкурентоспособности экономики. *Университетское управление: практика и анализ*, 27 (4), 23–42. DOI: <https://doi.org/10.15826/umpra.2023.04.031>
21. Рутко Д.Ф. (2023) Оценка конкурентоспособности регионов Республики Беларусь в условиях устойчивого социально-экономического развития. *Экономика и управление: социальный, экономический и инженерный аспекты*, 1, 282–286.
22. Сибирская Е.В., Овешникова Л.В. (2023) Оценка конкурентоспособности и экономической безопасности субъектов Дальневосточного макрорегиона. *Федерализм*, 28 (3), 152–171. DOI: <https://doi.org/10.21686/2073-1051-2023-3-152-171>
23. Дугина Е.Л., Доржиева Е.В., Базарова О.В. (2023) Модель оценки конкурентоспособности регионального сельского хозяйства. *Вестник Удмуртского университета. Серия: Экономика и право*, 33 (1), 50–56. DOI: <https://doi.org/10.35634/2412-9593-2023-33-1-50-56>
24. Фридман Ю.А., Речко Г.Н., Писаров Ю.А. (2014) Алгоритм оценки конкурентоспособности региона. *Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Социально-экономические науки*, 14 (4), 111–124.
25. Антонов М.П. (2021) Конкурентные преимущества территории: поиск и оценка на примере Самарской области. *Известия института систем управления СГЭУ*, 2 (24), 224–228.
26. Голованова Л.А. (2022) Оценка конкурентоспособности региона в контексте ее регулирования. *Вестник ТОГУ*, 3 (66), 87–98.
27. Переpletчикова Д.М., Ёлкина О.С. (2023) Оценка конкурентоспособности региона на примере Республики Мордовия. *Экономическая безопасность в отраслях экономики: актуальные проблемы 2023 года*, сборник статей студентов, магистрантов, аспирантов (под ред. Р.В. Дронова, Е.В. Печерицы), СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 94–100.
28. Карачев И.А., Каплина О.В. (2022) Методические и практические аспекты оценки экспортной конкурентоспособности региона (на примере Ярославской области). *Вестник Самарского государственного экономического университета*, 6 (212), 9–22. DOI: <https://doi.org/10.46554/1993-0453-2022-6-212-9-22>
29. Васильева А.В. (2010) Методика формирования статистической совокупности регионов-конкурентов. *Практический маркетинг*, 3 (157), 30–36.
30. Белоусова А.В. (2021) Коэффициенты локализации: направления и методические аспекты использования (на примере Дальневосточных субъектов РФ). *Региональные проблемы преобразования экономики*, 12, 117–125. DOI: <https://doi.org/10.26726/1812-7096-2021-12-117-125>
31. Колмаков В.В., Полякова А.Г., Карпова С.В., Головина А.Н. (2019) Развитие кластеров на основе конкурентной специализации регионов. *Экономика региона*, 15 (1), 270–284. DOI: <https://doi.org/10.17059/2019-1-21>
32. Кормишкин Е.Д., Бикчурина К.Ю. (2023) Энергетическая безопасность региона как императив его устойчивого развития. *Контентус*, 2 (7S), 58–74.

REFERENCES

1. Taranukha Y. V. (2024) The Economic Nature and Essence of Regional Competitiveness: A Narrative Approach. *Economy of Regions*, 20(1), 106–134. DOI: <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2024-1-8>

2. Kulik E. (2024) Features of the Region's Competitiveness in Modern Conditions. *Journal of Modern Competition*, 18 (3), 37–47. DOI: <https://doi.org/10.37791/2687-0657-2024-18-3-37-47>
3. Mishkova M. (2023) Conceptual Aspects of Assessing the Competitiveness of the Region. *Vestnik of Brest University. Series 2: History. Economics. Law*, 2, 67–75.
4. Golovanov E.B., Basharova D.M. (2023) The economic vulnerability of regions taking into account the competitiveness factor. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Economics and Management*, 17 (4), 12–28. DOI: <https://doi.org/10.14529/em230402>
5. Urasova A.A., Shcheglov E.V. (2023) Topical factors of strategic industrial competitiveness of the constituent entities of the Russian Federation in the new environment. *Journal of Economics, Entrepreneurship and Law*, 13 (2), 365–380. DOI: <https://doi.org/10.18334/epp.13.2.117171>
6. Vazhenina I.S., Vazhenin S.G. (2022) Competition of Territories for the Future: Features of Origin and Formation. *Federalism*, 27 (4), 21–36. DOI: <http://dx.doi.org/10.21686/2073-1051-2022-4-21-36>
7. Subacheva L.A. (2023) Teoreticheskie podkhody k opredeleniiu i otsenke konkurentosposobnosti ekonomiki regiona [Theoretical approaches to defining and assessing the competitiveness of a region's economy]. *Problemy i perspektivy razvitiia sistemy ucheta, audita i gosudarstvennogo upravleniia v usloviakh tsifrovoy ekonomiki [Problems and prospects for the development of accounting, auditing and public administration systems in the context of the digital economy]*, 647–652.
8. Fakhratov E.T., Slinkova O.K. (2023) Scientific approaches to conducting marketing research of the territory and its competitiveness. *Research Result. Business and Service Technologies*, 9 (1), 154–168. DOI: <https://doi.org/10.18413/2408-9346-2023-9-1-1-4>
9. Bahrami F., Shahmoradi B., Noori J., Turkina E., Bahrami H. (2023) Economic complexity and the dynamics of regional competitiveness a systematic review. *Competitiveness Review*, 33 (4), 711–744. DOI: <https://doi.org/10.1108/CR-06-2021-0083>
10. Bocci L., D'Urso P., Vicari D., Vitale V. (2024) A Regression Tree-Based Analysis of the European Regional Competitiveness. *Social Indicators Research*, 173, 137–167. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11205-021-02869-3>
11. Gwiaździńska-Goraj M., Jezierska-Thöle A., Dudzińska M. (2022) Assessment of the Living Conditions in Polish and German Transborder Regions in the Context of Strengthening Territorial Cohesion in the European Union: Competitiveness or Complementation? *Social Indicators Research*, 163, 29–59. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11205-022-02889-7>
12. Karman A., Pawłowski M. (2022) Circular economy competitiveness evaluation model based on the catastrophe progression method. *Journal of Environmental Management*, 303, art. no. 114223. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.114223>
13. Oulehlova A., Kudlak A., Urban R., Hoke E. (2021) Competitiveness of the Regions in the Czech Republic from the Perspective of Disaster Risk Financing. *Journal of Competitiveness*, 13 (4), 115–131. DOI: <https://doi.org/10.7441/joc.2021.04.07>
14. Palinchak M., Tsalan M., Brenzovych K., Kucher A., Kajánek T., Grešš M. (2021) Competitiveness as the Basis of EU Regional Policy: Smart Specialization and Sustainability. *European Journal of Sustainable Development*, 10 (4), 227–239. DOI: <https://doi.org/10.14207/ejsd.2021.v10n4p227>
15. Karobkin A., Yakimik A., Skoromny A. (2023) Regional competitiveness as a factor of state competitiveness. *Molodezh' i nauka [Youth and Science]*, 24–26.
16. Subbotina T.N., Kharlamov M.D. (2023) Competitiveness of the Region: The Essence, Factors and Methodology of Assessing Russian Regions. *Economy and Business: Theory and Practice*, 9 (103), 188–193. DOI: <https://doi.org/10.24412/2411-0450-2023-9-188-193>
17. Glotov D.S. (2023) Assessment of the Effectiveness of Interregional Cooperation in the System of Ensuring the Competitiveness of the Region. *Economics. Information technologies*, 50 (4), 735–742. DOI: <https://doi.org/10.52575/2687-0932-2023-50-4-735-742>
18. Flyachinskaya N.N. (2023) Study of methodological approaches to assessing the competitiveness of a region. *Vestnik of Brest State Technical University*, 2 (131), 174–177. DOI: <https://doi.org/10.36773/1818-1112-2023-131-2-174-177>
19. Tsukerman V.A., Goryachevskaya E.S. (2022) Assessment of regional competitiveness in the context of global transformation of the Arctic. *Drukerovskij Vestnik*, 4, 133–153. DOI: <http://dx.doi.org/10.17213/2312-6469-2022-4-133-153>
20. Safiullin M.R., Gataullina A.A., Ildarkhanova A.K., Kuzmishin I.A. (2023) Russian Regions Clustering by the Level of Higher Education Development and Economic Competitiveness. *University Management: Practice and Analysis*, 27 (4), 23–42. DOI: <https://doi.org/10.15826/umpa.2023.04.031>



21. Rutko D.F. (2023) Assessment of competitiveness of the regions of the Republic of Belarus in the conditions of sustainable socio-economic development. *Ekonomika i upravlenie: sotsial'nyi, ekonomicheskii i inzhenernyi aspekty* [Economy and management: social, economic and engineering aspects], 1, 282–286.
22. Sibirskaya E.V., Oveshnikova L.V. (2023) Assessment of Competitiveness and Economic Security Far Eastern Macroregion Subjects. *Federalism*, 28 (3), 152–171. DOI: <https://doi.org/10.21686/2073-1051-2023-3-152-171>
23. Dugina E.L., Dorzhieva E.V., Bazarova O.V. (2023) Model for assessing the competitiveness of regional agriculture. *Bulletin of Udmurt University. Series Economics and Law*, 33 (1), 50–56. DOI: <https://doi.org/10.35634/2412-9593-2023-33-1-50-56>
24. Friedman Yu.A., Rechko G.N., Pizarov Yu.A. (2014) Algorithm for estimating of competitiveness a region. *Vestnik NSU. Series: Social and Economic Sciences*, 14 (4), 111–124.
25. Antonov M.P. (2021) Competitive advantages of the territory: Search and evaluation on the example of the Samara Region. *Izvestiia instituta sistem upravleniia SGEU* [News of the Institute of Control Systems of the Samara State University of Economics], 2 (24), 224–228.
26. Golovanova L.A. (2022) Assessment of the Competitiveness of the Region in the Context of its Regulation. *Vestnik Tikhookeanskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Pacific National University], 3 (66), 87–98.
27. Perepletchikova D.M., Elkina O.S. (2023) Otsenka konkurentosposobnosti regiona na primere Respubliki Mordoviia [Assessing the competitiveness of a region using the example of the Republic of Mordovia]. *Ekonomicheskaiia bezopasnost' v otrasliakh ekonomiki: aktual'nye problemy 2023 goda, sbornik statei studentov, magistrantov, aspirantov (pod red. R.V. Dronova, E.V. Pecheritsy)* [Economic security in economic sectors: current issues in 2023, a collection of articles by students, master's students, and postgraduates (edited by R.V. Dronov, E.V. Pecheritsa)], St. Petersburg: Izd-vo SPbGEU, 94–100.
28. Karachev I.A., Kaplina O.V. (2022) Methodological and practical aspects of assessing the export competitiveness of a region (on the example of the Yaroslavl Region). *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta* [Bulletin of Samara State University of Economics], 6 (212), 9–22. DOI: <https://doi.org/10.46554/1993-0453-2022-6-212-9-22>
29. Vasil'eva A.V. (2010) Metodika formirovaniia statisticheskoi sovokupnosti regionov-konkurentov [Methodology for forming a statistical population of competing regions]. *Practical Marketing*, 3(157), 30–36.
30. Belousova A.V. (2021) Localization Coefficients: Directions and Methodological Aspects of Use (On the Example of the Far Eastern Subjects of the Russian Federation). *Regional'nye problemy preobrazovaniia ekonomiki* [Regional problems of economic transformation], 12, 117–125. DOI: <https://doi.org/10.26726/1812-7096-2021-12-117-125>
31. Kolmakov V.V., Polyakova A.G., Karpova S.V., Golovina A.N. (2019) Cluster Development Based on Competitive Specialization of Regions. *Economy of Region*, 15 (1), 270–284. DOI: <https://doi.org/10.17059/2019-1-21>
32. Kormishkin E.D., Bikchurina K.Yu. (2023) Energy security of the region as an imperative of its sustainable development. *Kontentus*, 2 (7S), 58–74.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT AUTHOR

ВАСИЛЬЕВА Анжелика Валерьевна

E-mail: vavangel@mail.ru

Anzhelika V. VASILYEVA

E-mail: vavangel@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5703-6387>

Поступила: 17.01.2025; Одобрена: 25.02.2025; Принята: 26.02.2025.

Submitted: 17.01.2025; Approved: 25.02.2025; Accepted: 26.02.2025.

Научная статья

УДК 330.3

DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18107>

EDN: <https://elibrary/MMCCDH>



ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА РАЗВИТИЕ ИННОВАЦИЙ И ТРУДОВОГО ПОТЕНЦИАЛА В ЭКОНОМИКЕ КЫРГЫЗСТАНА

З.К. Самайбекова^{1,2} ✉

¹ Центр стратегических исследований Института математических исследований сложных систем МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Российская Федерация;

² Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

✉ zksamaybekova@mail.ru

Аннотация. В условиях динамично меняющегося глобального рынка и высоких темпов внешней миграции населения Кыргызстана особую значимость приобретает стратегическое управление инновациями в процессах развития трудового потенциала, что в целом способствует улучшению общего уровня жизни населения. В Кыргызстане инновационная деятельность начала активно развиваться сравнительно недавно, сталкиваясь с рядом вызовов и возможностей, обусловленных как внутренними экономическими изменениями, так и глобальными тенденциями. Поэтому целью исследования является анализ ключевых факторов, влияющих на развитие инноваций и трудового потенциала в экономике Кыргызстана. Исследование опирается на обширный обзор научных трудов российских и кыргызских исследователей. Информационной базой также послужили социально-экономические показатели национального статистического комитета Кыргызстана, гуманитарный портал центра гуманитарных технологий и другие интернет-ресурсы. В данной работе проведен сравнительный анализ стратегического управления инновациями и развития трудового потенциала России, Кыргызстана, Казахстана и Узбекистана в международных рейтингах. Основное внимание уделяется анализу ключевых факторов, таких как инвестиции на НИОКР, научный потенциал и финансирование исследований, миграционные процессы, изменения на рынке труда, государственная поддержка и другие, влияющих на эффективное стратегическое управление инновациями в процессах развития трудового потенциала Кыргызстана. Результаты исследования показывают, что эффективное стратегическое управление инновациями в Кыргызстане возможно при условии гибкости и инновационного реагирования на динамику трендов, а также активного взаимодействия всех участников инновационной экосистемы. Сделан вывод о необходимости: разработки стратегий управления инновациями, ориентированных на усиление взаимодействия науки и бизнеса, привлечение инвестиций и развитие исследовательской инфраструктуры; стратегического управления инновациями, направленного на сохранение и эффективное использование человеческого капитала, а также ориентированного на развитие трудового потенциала. Дальнейшее исследование необходимо направить на разработку системы показателей для измерения вклада трудового потенциала и методов оценки эффективности стратегического управления инновациями.

Ключевые слова: факторы и тенденции, инновации, трудовой потенциал, научный потенциал, миграция, рынок труда, стратегическое управление инновациями

Для цитирования: Самайбекова З.К. (2025) Исследование факторов, влияющих на развитие инноваций и трудового потенциала в экономике Кыргызстана. П-Economy, 18 (1), 124–138. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18107>

Research article

DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18107>

STUDY OF FACTORS INFLUENCING THE DEVELOPMENT OF INNOVATIONS AND LABOR POTENTIAL IN THE ECONOMY OF KYRGYZSTAN

Z.K. Samaybekova^{1,2} ✉

¹ Center for Strategic Studies of the Institute of Complex Systems Mathematical Research of Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation;

² Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov, Bishkek, Kyrgyz Republic

✉ samaibekova@mail.ru

Abstract. In the context of a dynamically changing global market and high rates of external migration of the population of Kyrgyzstan, strategic management of innovations in the processes of development of labor potential is of particular importance, which generally contributes to the improvement of the general standard of living of the population. In Kyrgyzstan, innovation activities began to develop relatively recently, facing a number of challenges and opportunities caused by both internal economic changes and global trends. Therefore, the purpose of the study is to analyze the key factors influencing the development of innovations and labor potential in the economy of Kyrgyzstan. The study is based on an extensive review of scientific works of Russian and Kyrgyz researchers. The information base also included socio-economic indicators of the National Statistical Committee of Kyrgyzstan, the humanitarian portal of the Center for Humanitarian Technologies and other Internet resources. This paper provides a comparative analysis of strategic management of innovations and development of labor potential in Russia, Kyrgyzstan, Kazakhstan and Uzbekistan in international rankings. The main attention is paid to the analysis of key factors, such as R&D investments, scientific potential and research funding, migration processes, changes in the labor market, state support and others, affecting the effective strategic management of innovations in the processes of development of labor potential of Kyrgyzstan. The results of the study show that effective strategic management of innovations in Kyrgyzstan is possible subject to flexibility and innovative response to the dynamics of trends, as well as active interaction of all participants in the innovation ecosystem. A conclusion is made on the need for: development of innovation management strategies aimed at strengthening the interaction of science and business, attracting investment and developing research infrastructure; strategic management of innovations aimed at preserving and effectively using human capital, as well as focused on the development of labor potential. Further research should be aimed at developing a system of indicators for measuring the contribution of labor potential and methods for assessing the effectiveness of strategic management of innovations.

Keywords: factors and trends, innovation, labor potential, scientific potential, migration, labor market, strategic management of innovation

Citation: Samaybekova Z.K. (2025) Study of factors influencing the development of innovations and labor potential in the economy of Kyrgyzstan. *П-Economy*, 18 (1), 124–138. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18107>

Введение

Исследование факторов и обзор трендов становится важным инструментом для разработки стратегий, направленных на оптимизацию инновационного процесса и преодоление вызовов, связанных с быстрыми темпами технологического прогресса [11, 12], тем более «стратегическое формирование и управление инновационным потенциалом стали более важными, чем когда-либо» [7]. По мнению И.В. Шацкой, «обзор глобальных трендов следует считать оправданным по причине повсеместного увеличения скорости инноваций и сокращения длительности инновационного цикла, а также нерешенности проблемы ограниченности ресурсов и обострения международной конкуренции за технологическое лидерство» [30].

Академик В.В. Окрепилов утверждает, что «в инновациях, а следовательно, в постоянном повышении качества, нуждаются все сферы экономики страны» [21]. В свою очередь, «инновационность привлекает высококвалифицированные кадры, инвестиции, что в целом повышает качество жизни населения» [17]. Поэтому необходимо исследование факторов, влияющих на развитие инноваций и трудового потенциала для достижения стратегических целей национального экономического развития.

Литературный обзор

Теоретическую и научно-методическую базу проводимого исследования составили труды российских и кыргызских ученых, касающихся глобальных и национальных факторов стратегического управления инновациями и развития трудового потенциала. Так, академики В.Л. Квинт [11, 12] и В.В. Окрепилов [21, 22] исследуют стратегическое управление на глобальном формирующемся рынке, качество жизни и ценности в национальных стратегиях развития.

В.В. Глухов, А.В. Бабкин и Е.В. Шкарупета [8] рассматривают концепцию цифрового стратегирования промышленных систем в условиях перехода к Индустрии 5.0 и подчеркивают важность интеграции экоиноваций и циркулярной экономики в стратегическое управление для обеспечения устойчивого развития и конкурентоспособности предприятий в новой индустриальной парадигме. А.В. Бабкин и В.И. Трысячный [6] рассматривают ключевые элементы системы управления экономической безопасностью, уделяя особое внимание укреплению экономической устойчивости региона через интеграцию инновационных подходов и повышение эффективности взаимодействия между государственными и частными структурами.

И.В. Новикова исследует концепцию стратегии занятости населения в цифровой экономике [19]. Работы И.В. Шацкой посвящены анализу глобальных тенденций, влияющих на кадровое обеспечение инновационной экономики [30], а также тому, как знания становятся доминирующим фактором в современном промышленном производстве и ключевым элементом для повышения конкурентоспособности предприятий, отраслей и страны в целом [31]. И.В. Манаева анализирует факторы, влияющие на динамичное развитие [17] и взаимосвязи между бедностью, демографией и экономическим ростом в российских регионах [18].

Вопросы развития инноваций и трудового потенциала в Кыргызстане рассмотрены в работах С.У. Астановой, А.М. Хамзаевой [3, 4], Э.К. Исакова¹. Проблемам развития цифровых технологий, занятости, безработицы, миграционных процессов и развития рынка труда в Кыргызстане посвящены труды А.А. Кочербаевой, Т.И. Турдиева, А.С. Алыбаева, К. Аскарбек кызы, М.В. Халиловой, Ж.К. Кадыркуловой, Ж.М. Кемелдиновой, А.С. Лукьянец, И.А. Рыскулова и других [1, 2, 10, 14–16, 25].

В 2023 году Кыргызстан занял 106-е место из 132 стран в Глобальном индексе инноваций (ГИИ)², что означает ухудшение позиций по сравнению с предыдущими годами. Согласно данным Всемирной организации интеллектуальной собственности, в 2023 году по развитости бизнеса Кыргызстан занял 114-е место – эта категория отражает знания и навыки работников, инновационные связи и усвоение знаний. Кыргызстан демонстрирует относительно хорошие показатели по проценту фирм, предлагающих формальное обучение (41,4%, 30-е место), но сотрудничество университетов и промышленности в области НИОКР слабое (127-е место). Знания и технологические результаты – 96-е место. Несмотря на общий рейтинг, Кыргызстан демонстрирует хорошие результаты в патентных заявках (30-е место) и полезных моделях (36-е место). Однако его способность извлекать выгоду из этих инноваций ограничена, о чем свидетельствует его низкий рейтинг по влиянию инноваций (125-е место)³.

¹ Исаков Э.К. (2010) *Теоретические основы развития трудового потенциала трансформирующейся экономики*, дис. ... канд. экон. наук, спец. 08.00.01 – Экономическая теория, Бишкек.

² Рейтинг стран мира по индексу инноваций. *Гуманитарный портал*. [online] Available at: <https://gtmarket.ru/ratings/global-innovation-index> [Accessed 19.02.2025]. (in Russian)

³ Global Innovation Index 2023: Innovation in the face of uncertainty (2023) *World Intellectual Property Organization (WIPO)*, Geneva: WIPO. DOI: <https://doi.org/10.34667/tind.48220>

В ГИ 2024 года Кыргызстан с индексом 20,4 занял 99-е место в мире, что свидетельствует о скромном улучшении инноваций по сравнению с 2023 годом, но он классифицируется как страна с уровнем дохода ниже среднего в регионе Центральной и Южной Азии (CSA).

Сравнительный анализ ключевых показателей инновационной деятельности Кыргызстана за 2023 и 2024 годы представлен в табл. 1.

Таблица 1. Сравнительный анализ инновационного развития Кыргызстана за 2023 и 2024 годы
Table 1. Comparative analysis of innovative development of Kyrgyzstan for 2023 and 2024

Показатели	2023	2024	Изменение
Рейтинг в Глобальном индексе инноваций	106	99	+7
Рейтинг «Развитость бизнеса»	114	117	– 3
Рейтинг «Знания и технологические результаты»	96	89	+ 7
Импорт высокотехнологичных товаров (% от общего объема торговли)	11,2	12,1	+ 0,9%
Компании, предлагающие формальное обучение (%)	41,4	24,1	– 17,3%
Рейтинг «Сотрудничество университетов и промышленности в области НИОКР»	127	119	+ 8
Рейтинг «Патенты по происхождению»	30	32	– 2

Источник: Global Innovation Index 2023: Innovation in the face of uncertainty (2023) World Intellectual Property Organization (WIPO), Geneva: WIPO. DOI: <https://doi.org/10.34667/tind.48220>; Global Innovation Index 2024: Unlocking the Promise of Social Entrepreneurship (2024) World Intellectual Property Organization (WIPO), Geneva: WIPO. DOI: <https://doi.org/10.34667/tind.50062>.

Как видно из табл. 1, в целом наблюдается положительная динамика, что свидетельствует об улучшении общего инновационного климата. Однако по показателю развитости бизнеса наблюдается снижение на 3 позиции (с 114-го на 117-е место), что может указывать на ухудшение условий для предпринимательства. Доля компаний, предлагающих формальное обучение, снизилась на 17,3% (с 41,4% до 24,1%), что свидетельствует о сокращении корпоративного обучения и может негативно повлиять на долгосрочное развитие трудового потенциала. Позиции четырех стран: России, Кыргызстана, Казахстана и Узбекистана – в международных рейтингах по ключевым показателям, характеризующих инновационную активность, развитие информационных технологий и уровень трудового потенциала, представлены в табл. 2 и на рис. 1.

Как видно из табл. 2 и рис. 1, по показателям инновационной активности и развития трудового потенциала Кыргызстан значительно отстает от соседних государств, что указывает на необходимость проведения системных реформ в этих сферах [23].

Цель данного исследования – проанализировать ключевые факторы, влияющие на развитие инноваций и трудового потенциала в экономике Кыргызстана.

Задачи исследования:

1. Провести анализ состояния научного потенциала и уровня финансирования на инновационную активность предприятий и общий уровень технологического развития Кыргызстана.
2. Исследовать влияние внешней миграции на формирование и развитие трудового потенциала в Кыргызстане.
3. Определить направления модернизации рынка труда для обеспечения его адаптивности к инновационным вызовам и повышения эффективности использования трудового потенциала.

Объектом исследования является система стратегического управления развитием инноваций и трудового потенциала в экономике Кыргызстана.

Предметом исследования выступают факторы и механизмы, определяющие развитие инноваций и трудового потенциала, а также их взаимосвязь и влияние на социально-экономическое и технологическое развитие Кыргызстана.

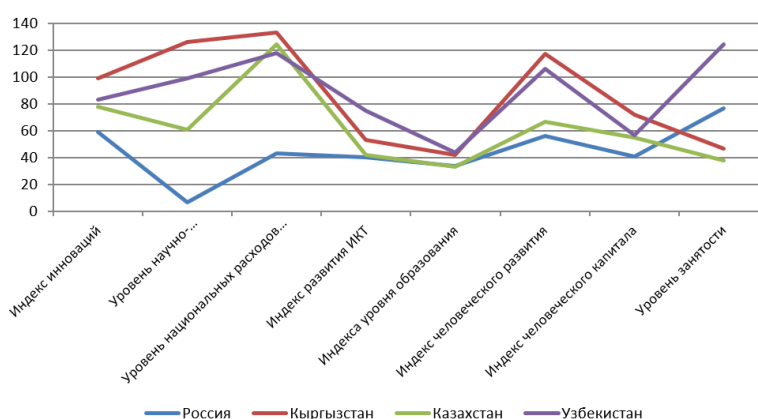


Рис. 1. Позиции России, Кыргызстана, Казахстана и Узбекистана в международных рейтингах

Fig. 1. Positions of Russia, Kyrgyzstan, Kazakhstan and Uzbekistan in international rankings

Таблица 2. Позиции России, Кыргызстана, Казахстана и Узбекистана в международных рейтингах
Table 2. Positions of Russia, Kyrgyzstan, Kazakhstan and Uzbekistan in international rankings

Показатель	Кол-во стран	Год	Россия	Кыргызстан	Казахстан	Узбекистан
			Место в рейтинге			
Индекс инноваций	133	2024	59	99	78	83
Уровень научно-исследовательской активности	197	2019	7	126	61	99
Уровень национальных расходов на НИОКР	151	2024	43	133	124	118
Индекс развития ИКТ	170	2024	40	53	42	75
Индекс уровня образования	193	2024	34	42	33	44
Индекс человеческого развития	193	2024	56	117	67	106
Индекс человеческого капитала	174	2020	41	72	55	57
Уровень безработицы	187	2024	142	124	107	112
Уровень занятости	187	2024	77	47	38	124

Источник: Исследования стран и регионов. Гуманитарный портал. [online] Available at: <https://gtmarket.ru/research/country-rankings> [Accessed 19.02.2025]. (in Russian)

Методы и материалы

В исследовании применены методы сравнительного анализа для выявления современных трендов стратегического управления инновациями и развития трудового потенциала Кыргызстана. Автор опирался на обширный обзор научных трудов российских и кыргызских ученых и исследователей, а также информационной базой послужили социально-экономические показатели Национального статистического комитета Кыргызской Республики, Гуманитарный портал Центра гуманитарных технологий и другие интернет-ресурсы.

Результаты и обсуждение

В период с 1996 по 2021 год объем инвестиций на НИОКР в Кыргызстане оставался на низком уровне по сравнению с мировыми стандартами. Согласно данным Всемирного банка, доля затрат на НИОКР от ВВП страны колебалась в пределах 1,97–2,62%⁴. В 2024 году, согласно данным института статистики ЮНЕСКО, расходы на НИОКР в Кыргызстане составили лишь 0,08 % от

⁴ Research and development expenditure (% of GDP). World Bank Group. [online] Available at: https://data.worldbank.org/indicator/GB.XPD.RSDV.GD.ZS?end=2022&name_desc=false&start=1996 [Accessed 19.02.2025]

ВВП (133-е место), что демонстрирует мизерный вклад в научно-технический прогресс и инновационное развитие экономики⁵, «а пороговым значением расходов на научные исследования по отношению к ВВП считается 2%, что, по мнению экспертов, является одним из показателей экономической безопасности» [1]. На протяжении этих лет Кыргызстан сталкивался с ограничениями в финансировании инноваций, что может быть связано с недостаточной государственной поддержкой и слабым развитием частного сектора в этой сфере. А.С. Алыбаев отмечает, что «исходя из мирового опыта, в странах с развитой экономикой наблюдается рост расходов на НИОКР, достигающий во многих странах 2,5–3,7% ВВП, при этом большую роль играет государство» [1]. Таким образом, уровень инвестиций в НИОКР остается недостаточным для обеспечения значительного роста инновационной деятельности в стране. Проблемы включают нехватку квалифицированных кадров и инфраструктуры для проведения исследований и разработок [2, 27], а «для успешного перехода страны на путь прорывного развития необходимо развивать НИОКР и человеческий потенциал» [1].

Научный потенциал также влияет на способность предприятий внедрять инновационные процессы и способствует подготовке квалифицированных специалистов, повышению уровня образования и развитию ключевых компетенций трудового потенциала [9, 29, 32]. Тем более «в информационную эпоху роль знания возрастает» [31], так как «интеллектуальный вклад человека становится решающим элементом развития экономики и общества» [22].

Структура научного потенциала и финансирования исследований в Кыргызстане за период 2010–2022 годы представлена в табл. 3.

Таблица 3. Структура научного потенциала в Кыргызстане
Table 3. Structure of scientific potential in Kyrgyzstan

Показатели	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022
Объем научных исследований и разработок, (млн сомов, в действующих ценах)	329,02	474,8	463,7	500,3	562,2	522,2	688,4
Численность работников, занятых в научных исследованиях и разработках (без совместителей), на конец отчетного года, человек	3129	3264	4242	4496	4480	4495	4260
<i>в том числе имеют ученую степень:</i>							
<i>доктора наук</i>	287	292	346	394	377	412	328
<i>кандидаты наук</i>	675	700	971	1144	1043	1120	1028
Численность научно-педагогических работников, выполнявших научные исследования и разработки наряду с педагогической деятельностью	2973	2104	928	2208	2351	2909	2841
Внутренние текущие затраты на научные исследования и разработки (в действующих ценах, млн сомов)	342,5	515,5	498,2	527,7	572,6	534,4	699,6

Источник: *Образование и наука в Кыргызской Республике, 2009–2013 (2014) 2013–2017 (2018) 2013–2022 (2023)* Бишкек: Национальный статистический комитет Кыргызской Республики.

Данные табл. 3 демонстрируют в целом положительные тенденции в развитии научного потенциала Кыргызстана. Основные проблемы включают снижение численности научно-педагогических работников в 2022 году (показатель снизился до 2841 человека), а наиболее низкое значение отмечено в 2014 году (928 человек), что также может быть связано с изменениями в системе высшего образования или финансирования. Однако значительный рост объема финансирования и расходов на исследования указывает на усилия государства в поддержке науки. Тем не

⁵ Уровень расходов на НИОКР в странах мира. *Гуманитарный портал*. [online] Available at: <https://gtmarket.ru/ratings/research-and-development-expenditure#kyrgyzstan> [Accessed 19.02.2025]. (in Russian)

менее Кыргызстану необходимо «ориентироваться на внедрение инноваций, развитие трудового потенциала, открытость экономики, что позволит расширить устойчивость экономического развития» [18]. Более того, стратегическое управление инновациями требует не только научных знаний, но и механизмов, поддерживающих обмен информацией и непрерывное обучение, что позволяет эффективно адаптироваться к технологическим изменениям и конкурировать на глобальном уровне⁶ [13].

В последние годы наблюдались некоторые изменения, связанные с ростом цифровизации и улучшением инфраструктуры, что частично способствовало увеличению экспорта высокотехнологичных товаров. Например, проекты по цифровой трансформации и поддержке стартапов, такие как «Digital CASA» и создание специализированных IT-парков, внесли вклад в развитие экспортного потенциала в области технологий [24]. Тем не менее доля таких товаров в экспорте остается незначительной, и основная часть торговли по-прежнему сосредоточена на низкотехнологичных товарах⁷. Для стимулирования роста высокотехнологичного экспорта Кыргызстан предпринимает меры по улучшению бизнес-среды и привлечению иностранных инвестиций. Однако переход от сырьевой модели к инновационной требует значительных вложений в НИ-ОКР, развитие науки и технологий, что делает процесс более долгосрочным [20].

Количество сертифицированных по международным стандартам предприятий в Кыргызстане увеличилось благодаря ряду инициатив, направленных на повышение качества и стандартизации производства. Основными международными стандартами, которые внедряются на предприятиях страны, являются ISO 9001 (системы менеджмента качества), ISO 14001 (системы экологического менеджмента) и ISO 22000 (безопасность пищевых продуктов)⁸.

С начала 2010-х годов в Кыргызстане активизировались усилия по совершенствованию трудового потенциала в связи с переходом к рыночной экономике и стремлением к более эффективному использованию человеческих ресурсов⁹. Важно было не только адаптировать трудовые навыки под изменяющиеся экономические условия, но и формировать систему обучения, ориентированную на потребности инновационного развития. Это включало как программы профессиональной переподготовки, так и развитие корпоративного обучения в партнерстве с международными организациями¹⁰. Трудовой потенциал Кыргызстана характеризуется неоднородностью и несбалансированностью, что проявляется в дефиците квалифицированных специалистов, низком уровне профессиональной подготовки и проблемах с адаптацией работников к требованиям современного рынка.

Миграция является одной из ключевых характеристик рынка труда Кыргызстана. Значительная часть трудоспособного населения, особенно молодежь и квалифицированные специалисты, уезжает на заработки в другие страны (табл. 4), что ограничивает возможности для инновационного развития.

⁶ Квинт В.Л., Новикова И.В., Алимуратов М.К., Аршинова А.И. [и др.] (2024) *Экономическая и финансовая стратегия*, учебник (под науч. ред. В.Л. Квинта), М.: Издательство Московского университета.

⁷ *Инновационная деятельность в экономике Кыргызской Республики: Обзорная информация* (2014) Бишкек. [online] Available at: <https://arch.kyrlibnet.kg/uploads/GPTB%20INNOVACIONNAYA%20DEYATELNOST%20V%20EKONOMIKE%20KR.pdf> [Accessed 19.02.2025]. (in Russian); Миллер Дж. Вунш-Винсент С. (2020) *В торговле высокотехнологичными товарами во второй половине 2020 г. наблюдался активный рост, что послужило интересам новых азиатских экспортеров*. [online] Available at: https://www.wipo.int/pressroom/ru/news/2021/news_0001.html [Accessed 19.02.2025]. (in Russian); Годовая статистика международной торговли товарами (HS). *TrendEconomy*. [online] Available at: <https://trendeconomy.ru/data/h2/KyrgyzRepublic/TOTAL> [Accessed 19.02.2025]. (in Russian)

⁸ Международные стандарты ИСО по обеспечению качества и управлению качеством (2022) *Автор24*. [online] Available at: https://spravochnik.ru/menedzhment/mezhdunarodnye_standarty_iso_po_obespecheniyu_kachestva_i_upravleniyu_kachestvom/ [Accessed 19.02.2025]. (in Russian); В Центре стандартизации и метрологии проходит тренинг по международным стандартам серии ISO (2023) *Министерство экономики и коммерции Кыргызской Республики*. [online] Available at: <https://mineconom.gov.kg/ru/post/9227> [Accessed 19.02.2025]. (in Russian)

⁹ Исаков Э.К. (2010) *Теоретические основы развития трудового потенциала трансформирующейся экономики*, дис. ... канд. экон. наук, спец. 08.00.01 – Экономическая теория, Бишкек.

¹⁰ Солтобаев А. (2020) *Анализ пробелов в сфере науки, технологий и инноваций (НТИ) в Кыргызстане*. [online] Available at: https://unesco.org/sites/default/files/2021-03/STI%20gap%20analysis_Kyrgyzstan%20Report_%20Aziz%20Soltobaev_RUS.pdf [Accessed 19.02.2025]. (in Russian)

Таблица 4. Внешняя миграция населения (человек)
Table 4. External migration of population (people)

	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022
Прибыло в Кыргызскую Республику	3903	5532	3928	3160	1687	961	12444
Выбыло из Кыргызской Республики	54531	13019	11685	7125	7077	5822	6527
Миграционный прирост, отток (–)	– 50628	– 7487	– 7757	– 3965	– 5390	– 4861	5917

Источник: *Статистический ежегодник Кыргызской Республики 2009–2013* (2015) *2011–2015* (2017) *2019–2023* (2024) Бишкек: Национальный статистический комитет Кыргызской Республики.

Большая часть мигрантов выезжала в Россию и Казахстан в поисках работы, что связано с высокими экономическими различиями и возможностями трудоустройства в этих странах [16]. Ж.М. Кемелдинова и Ж.Б. Алыбаев отмечают, что «из Кыргызстана в соседние страны уезжают квалифицированные специалисты из-за разницы выплаты заработной платы, из-за чего государство теряет в пользу внешней миграции трудоспособное население» [14]. Средний уровень заработной платы в Кыргызстане остается низким, что снижает привлекательность рабочих мест и мотивацию работников к повышению квалификации и это одна из причин миграции трудовых ресурсов за рубеж (табл. 5).

Таблица 5. Численность населения и среднемесячная заработная плата работников
Table 5. Population and average monthly wages of workers

Наименование показателей	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022
Численность постоянного населения (на конец года), тыс. человек <i>в том числе в возрасте</i>	5503,1	5663,1	5895,1	6019,5	6389,5	6636,8	7037,6
моложе трудоспособного (0–15 лет)	1780,8	1845,0	1949,2	2063,9	2188,5	2299,2	2431,0
трудоспособном (мужчины: 16–62 года; женщины: 16–57 лет)	3360,9	3439,7	3537,5	3628,4	3701,9	3787,8	3979,2
старше трудоспособного (мужчины: 63 года и старше; женщины: 58 лет и старше)	361,4	378,4	408,4	447,9	499,1	549,8	627,4
Среднемесячная номинальная начисленная заработная плата работников, сомов	7189	10726	12285	14492	16427	18493	26540

Источник: *Кыргызстан: краткий статистический справочник 2011–2013* (2014) *2014–2016* (2017) *2018–2020* (2021) *2021–2023* (2024). Бишкек: Национальный статистический комитет Кыргызской Республики.

По оценкам на 2022 год, около 16% населения временно отсутствовали на постоянном месте жительства, из них 80% мигрировали за пределы страны¹¹, так как «рынок труда не создает для них новых рабочих мест дома, а наоборот, число безработных увеличивается с каждым годом» [16]. Рынок труда, в интерпретации И.В. Новиковой, «это система взаимоотношений работника и работодателя, обладающая определенными параметрами входа и выхода, в которой происходит взаимосогласованный обмен результатов труда и полученного дохода» [19].

¹¹ Ситуационный отчет по миграции в Кыргызстане. По состоянию на декабрь 2023 г. (2024) *Международная организация по миграции (МОМ)*. [online] Available at: https://kyrgyzstan.iom.int/sites/g/files/tmzbd11321/files/documents/2024-06/compilation-report_apr_sep23_kyr_final-ru.pdf [Accessed 19.02.2025]. (in Russian)

Динамика занятых и безработных в Кыргызстане по уровню образования ВПО и СПО за 2013–2022 годы представлена на рис. 2 [26].

Доля безработных с высшим образованием в городских районах достигает 35,1%, что свидетельствует о проблеме несоответствия полученных знаний и реальных потребностей предприятий. В сельских районах ситуация несколько иная: 58,2% безработных имеют только общее среднее образование, что ограничивает их возможности для трудоустройства и участия в инновационных проектах¹².

Экономически активное население Кыргызстана в 2024 году составило около 2,5 млн человек, из которых 174 тыс. — безработные. При этом рост численности занятого населения происходит медленными темпами. За последние пять лет она увеличилась всего на 3,9%, что указывает на слабое использование трудового потенциала в национальной экономике¹³. Рабочая сила (экономически активное население) — это часть населения, обеспечивающая в рассматриваемый период предложение рабочей силы для производства товаров и услуг, и включает всех занятых в экономике и безработных¹⁴. В табл. 6 представлена численность рабочей силы в возрасте 15 лет и старше.

Таблица 6. Численность рабочей силы в возрасте 15 лет и старше, (тыс. человек)
Table 6. Labor force aged 15 years and over, (thousand people)

Наименование показателей	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022
Экономически активное население — всего <i>в том числе:</i>	2456,0	2496,8	2504,2	2547,4	2538,7	2595,4	2712,7
занятое население	2243,7	2286,4	2302,7	2363,7	2382,5	2445,2	2581,1
безработные	212,3	210,4	201,5	183,7	156,3	150,2	131,6
Экономически неактивное население	1372,2	1392,5	1511,9	1593,0	1703,6	1724,4	1803,7
Уровень экономической активности населения, %	64,2	64,2	62,4	61,5	59,8	60,1	60,1
Уровень занятости, %	58,6	58,8	57,3	57,1	52,6	56,6	57,1
Уровень общей безработицы, %	8,6	8,4	8,0	7,2	6,2	5,8	4,9

Источник: *Кыргызстан в цифрах: Статистический сборник* (2011, 2017, 2023) Бишкек: Национальный статистический комитет Кыргызской Республики.

Рынок труда в Кыргызстане характеризуется высоким уровнем структурной безработицы и дисбалансом между спросом и предложением рабочей силы [4]. По мнению Т.И. Турдиева, «в условиях пандемии многие трудовые мигранты вернулись обратно в Кыргызстан, поэтому открытие новых предприятий и создание новых рабочих мест приобретает стратегически важное значение» [28]. Также наблюдается высокий уровень структурной безработицы, особенно среди молодежи и женщин, что указывает на значительный разрыв между потребностями работодателей и квалификацией потенциальных сотрудников [3, 10]. Ж.К. Кадыркулова считает, что «ежегодный выход на рынок труда молодежи, каждое следующее поколение которой больше предыдущего, делает вопрос занятости ключевым» [10].

По состоянию на 1 мая 2024 года, общее численность населения составляет 7,14 млн человек, из них экономически активными являются 2712,7 тыс. человек. Уровень общей безработицы

¹² Айтбаев А. (2019) *Современное состояние рынка труда и производительности труда в Кыргызстане. Анализ*. [online] Available at: <https://economist.kg/ekonomika/2019/05/12/sovremennoe-sostoyaniye-rynka-truda-i-proizvoditelnosti-truda-v-kyrgyzstane-analiz/> [Accessed 19.02.2025]. (in Russian)

¹³ Анализ современного состояния рынка труда и производительности труда (2019) *Национальный статистический комитет Кыргызской Республики*. [online] Available at: <https://stat.gov.kg/ru/news/analiz-sovremennogo-sostoyaniya-rynka-truda-i-proizvoditelnosti-truda/> [Accessed 19.02.2025]. (in Russian)

¹⁴ *Кыргызстан в цифрах: Статистический сборник* (2023) Бишкек: Национальный статистический комитет Кыргызской Республики.

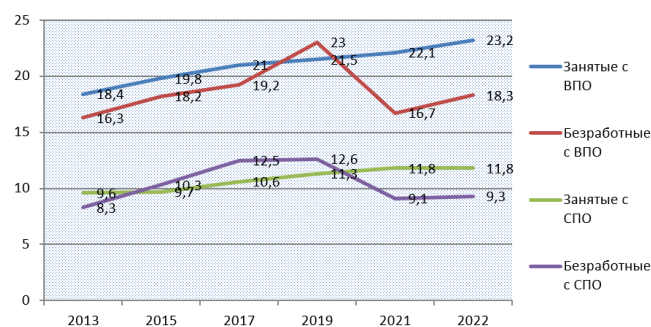


Рис. 2. Динамика занятых и безработных по уровню образования ВПО и СПО за 2013–2022 годы, %
 Fig. 2. Dynamics of employed and unemployed by level of education of higher vocational education and secondary vocational education for 2013–2022, %

составил 4,9% (131,6 тыс. человек), а уровень официальной безработицы – 2,2%. Численность граждан, зарегистрированных в службах занятости, составила 16317 человек, из которых 10555 получили консультации и поддержку по вопросам занятости. При этом на одно вакантное место приходится в среднем 13 человек, что указывает на значительное превышение предложения рабочей силы над спросом¹⁵.

Основной причиной безработицы, по мнению И.А. Рыскулова и Н.Б. Ильясовой, является «большое количество низкоквалифицированных рабочих мест и малая заработная плата, что связано с общим уровнем экономического кризиса» [25], и это может вызвать ряд значительных экономических и социальных последствий [26]:

- отсутствие специализированных навыков у низкоквалифицированных работников усложняет внедрение инновационных решений и современных технологий, что тормозит технологическое развитие экономики;
- высокая численность низкоквалифицированных безработных способствует увеличению доли населения с низким уровнем доходов, усиливая социальное неравенство и обостряя проблемы социального обеспечения;
- снижение уровня доходов населения приводит к ослаблению потребительского спроса, что негативно отражается на деятельности предприятий, а также уменьшает налоговые поступления в государственный бюджет, ограничивая возможности финансирования социальных и инфраструктурных проектов;
- недостаток возможностей для реализации потенциала низкоквалифицированных работников и их вовлечения в неквалифицированный труд приводит к утрате человеческого капитала, так как остаются неиспользованными ресурсы обучения, профессионального развития и участия в инновационных процессах;
- в долгосрочной перспективе отсутствие развития компетенций провоцирует дефицит высококвалифицированных специалистов, что создает серьезные проблемы для предприятий, нуждающихся в кадрах с высоким уровнем профессиональной подготовки.

На протяжении последнего десятилетия сельское хозяйство оставалось значимым сектором занятости, особенно в сельских регионах. Однако доля занятых в этом секторе уменьшилась в последние годы из-за миграции молодежи в города и за рубеж. В 2021 году экстремальные погодные условия и засуха привели к снижению объемов сельскохозяйственного производства на 5%¹⁶.

¹⁵ Рынок труда Кыргызстана по состоянию на 1 мая 2024 года (2024) *Новости Кыргызстана*. [online] Available at: <https://news.com.kg/ekonomika/gynok-truda-kyrgyzstana-po-sostoyaniyu-na-1-maya-2024-goda/> [Accessed 19.02.2025]. (in Russian)

¹⁶ С полей в рестораны. Четверть миллиона кыргызстанцев ушли из сельского хозяйства. (2024) *24KG: Новости Кыргызстана*. [online] Available at: https://24.kg/obschestvo/251999_spoley_vrestoranyi_chetvert_milliona_kyrgyzizstantsev_ushli_izselskogo_hozyaystva/ [Accessed 19.02.2025]. (in Russian)

Занятость в промышленном секторе сохранялась относительно стабильной, но вклад в ВВП оставался ограниченным. В 2024 году отмечено увеличение производства в обрабатывающих отраслях, таких как текстильное производство и фармацевтика¹⁷. При этом наибольший рост наблюдался в производстве нефти и нефтепродуктов, что способствовало увеличению занятости в этих направлениях.

Сфера услуг является ключевым драйвером экономического роста в Кыргызстане, занимая более 50% в структуре ВВП. Занятость в сфере услуг, особенно в оптовой и розничной торговле, увеличивалась с каждым годом. В 2024 году сектор торговли и гостинично-ресторанного бизнеса продемонстрировал рост более чем на 20%, что способствовало созданию новых рабочих мест¹⁸.

В последние годы строительство стало одним из быстрорастущих секторов с увеличением объемов на более чем 50% в 2024 году¹⁹. Это связано с реализацией крупных инфраструктурных проектов и развитием жилищного строительства [5]. Эти изменения в распределении занятости по секторам отражают стремление Кыргызстана диверсифицировать экономику и развивать новые направления для увеличения занятости, что особенно актуально в условиях миграционных процессов и роста численности населения.

Заключение

В ходе исследования факторов, влияющих на развитие инноваций и трудового потенциала, определены следующие результаты:

1. Ограниченность научного потенциала и недостаточное финансирование исследований в Кыргызстане требуют разработки стратегий управления инновациями, ориентированных на усиление взаимодействия науки и бизнеса, привлечение инвестиций и развитие исследовательской инфраструктуры. Это позволит повысить эффективность использования трудового потенциала и ускорить инновационное развитие страны.

2. Высокий уровень внешней миграции населения Кыргызстана создает значительные вызовы для развития трудового потенциала страны, что требует стратегического управления инновациями, направленного на сохранение и эффективное использование человеческого капитала. Внедрение программ повышения квалификации, создания привлекательных рабочих мест и развития инновационной экосистемы способно снизить негативное влияние миграции и укрепить национальный рынок труда.

3. Состояние рынка труда Кыргызстана, характеризующееся ограниченностью квалифицированных кадров и высокой миграцией, подчеркивает необходимость стратегического управления инновациями, ориентированного на развитие трудового потенциала. Это требует внедрения механизмов непрерывного обучения, повышения профессиональной компетенции и адаптации к быстро меняющимся условиям, что обеспечит инновационное развитие экономики и конкурентоспособность предприятий.

Направления дальнейших исследований

Для эффективного стратегического управления инновациями, где ограниченность ресурсов требует более эффективного использования трудового потенциала, необходим комплексный подход, сочетающий интеграцию инновационных процессов с развитием профессиональных компетенций сотрудников. Поэтому дальнейшее исследование необходимо направить на разработку системы показателей для измерения вклада трудового потенциала и методов оценки эффективности стратегического управления инновациями.

¹⁷ В январе-апреле 2024 года продолжалась тенденция роста показателей экономики (2024) *Национальный статистический комитет Кыргызской Республики*. [online] Available at: <https://stat.gov.kg/ru/news/v-yanvare-aprele-2024-goda-prodolzhalas-tendenciya-rostapokazatelej-ekonomiki/> [Accessed 19.02.2025]. (in Russian)

¹⁸ Краткая экспресс-информация по основным показателям социально-экономического развития Кыргызской Республики за январь-май 2024 года (2024) *Министерство экономики и коммерции Кыргызской Республики*. [online] Available at: <https://mineconom.gov.kg/ru/post/10341> [Accessed 19.02.2025]. (in Russian)

¹⁹ *Кыргызстан в цифрах: Статистический сборник* (2014) Бишкек: Национальный статистический комитет Кыргызской Республики.



СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Алыбаев А.С. (2022) Текущее состояние инноваций в экономике Кыргызской Республики и четвертичный сектор экономики. *Научное обозрение. Экономические науки*, 1, 27–33.
2. Аскарбек кызы К., Халилова М.В. (2020) Проблемы развития цифровых технологий. *Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана*, 7, 102–106. DOI: <https://doi.org/10.26104/NNTIK.2019.45.557>
3. Астанова С.У. (2024) Человеческое развитие и анализ трудового потенциала в Кыргызской Республике. *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*, 1–4 (88), 60–62. DOI: <https://doi.org/10.24412/2500-1000-2024-1-4-60-62>
4. Астанова С.У., Хамзаева А.М. (2024) Проблемы занятости, безработицы и развития рынка труда в Кыргызской Республике. *Вестник Сибирского государственного индустриального университета*, 1 (47), 163–170. DOI: [https://doi.org/10.57070/2304-4497-2024-1\(47\)-163-170](https://doi.org/10.57070/2304-4497-2024-1(47)-163-170)
5. Асылбаев А.Б. (2021) Жилищное строительство и социально-демографические особенности развития населения. *Наука в современном информационном обществе*, 157–164.
6. Бабкин А.В., Трысячный В.И. (2009) Стратегические направления совершенствования управления экономической безопасностью региона. *Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки*, 4 (81), 201–205.
7. Бабкин А.В., Чэнь Л. (2024) Разработка алгоритма формирования стратегии развития инновационного потенциала высокотехнологичной промышленности в условиях Индустрии 5.0. *Интеллектуальная инженерная экономика и Индустрия 5.0 (ИНПРОМ-2024)*, 1, 165–169. DOI: <https://doi.org/10.18720/IEP/2024.1/39>
8. Глухов В.В., Бабкин А.В., Шкарупета Е.В. (2022) Цифровое стратегирование промышленных систем на основе устойчивых экоинновационных и циркулярных бизнес-моделей в условиях перехода к Индустрии 5.0. *Экономика и управление*, 28 (10), 1006–1020. DOI: <https://doi.org/10.35854/1998-1627-2022-10-1006-1020>
9. Жеребов Е.Д., Бабкин А.В. (2009) Методика формирования производственной программы при стратегическом планировании развития промышленного предприятия. *Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки*, 4 (81), 145–150.
10. Кадыркулова Ж.К. (2018) Трудовая миграция в Кыргызстане. *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*, 2, 186–189.
11. Квинт В.Л. (2012) Глобальный формирующийся рынок – влияние на стратегию России и стратегическое развитие российских компаний. *Эффективное антикризисное управление*, 3 (72), 50–61.
12. Квинт В.Л. (2012) *Стратегическое управление и экономика на глобальном формирующемся рынке*, М.: Бизнес-Атлас.
13. 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>
14. Кемелдинова Ж.М., Алыбаев Ж.Б. (2022) Трудовая миграция в Кыргызской Республике. *Глобальные вызовы демографическому развитию*, 1, 376–381. DOI: <https://doi.org/10.17059/udf-2022-3-8>
15. Кочербоева А.А., Самайбекова З.К., Жолоочуев М.Ж. (2017) Как зависит успех организации от стратегии? *Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана*, 6, 86–88.
16. Лукьянец А.С., Тышкевич А.И. (2022) Миграционные процессы в Кыргызстане как фактор усиления интеграции на постсоветском пространстве. *Вестник Алтайской академии экономики и права*, 11 (1), 132–138. DOI: <https://doi.org/10.17513/vaael.2541>
17. Манаева И.В. (2022) Условия и факторы динамичного развития городов России: эмпирический анализ. *Экономика промышленности*, 15 (4), 453–465. DOI: <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2022-4-453-465>
18. Манаева И.В., Мельников В.В. (2024) Бедность, демографическое развитие и экономический рост в российских регионах: оценка взаимосвязи. *Проблемы развития территории*, 28 (4), 102–119. DOI: <https://doi.org/10.15838/ptd.2024.4.132.7>
19. Новикова И.В. (2020) *Концепция стратегии занятости населения в цифровой экономике*, демография (под науч. ред. В.Л. Квинта), Кемерово: КемГУ.

20. Новикова И.В., Самайбекова З.К. (2024) Современные технологии стратегического управления персоналом в условиях инновационного развития предпринимательских структур. *Управленческое консультирование*, 1 (181), 84–95. DOI: <https://doi.org/10.22394/1726-1139-2024-1-84-95>
21. Окрепилов В.В. (2016) Влияние качества на повышение эффективности использования ресурсов. *Управленческое консультирование*, 90 (6), 40–49.
22. Окрепилов В.В. (2023) Роль экономики качества в период инновационной трансформации социально-экономического развития. *Экономическое возрождение России*, 2 (76), 33–41. DOI: [https://doi.org/10.37930/1990-9780-2023-2\(76\)-33-41](https://doi.org/10.37930/1990-9780-2023-2(76)-33-41)
23. Оморов Р.О. (2018) Анализ показателей инновационного индекса Кыргызской Республики по данным глобального инновационного индекса ГИ. *E-Management*, 1 (1), 81–88. DOI: <https://doi.org/10.26425/2658-3445-2018-1-81-88>
24. Омурбекова М.О. (2021) Цифровизация как фактор роста конкурентоспособности страны. *Эпоха науки*, 25, 180–183. DOI: <https://doi.org/10.24412/2409-3203-2021-25-180-183>
25. Рыскулов И.А., Ильязова Н.Б. (2017) Современное состояние рынка труда и трудовая миграция в Кыргызской Республике. *Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 5: Экономика*, 1 (195), 116–123.
26. Самайбекова З.К., Кочербаяева А.А. (2023) Основные тренды на рынке труда в Кыргызстане. *Экономика устойчивого развития*, 4 (56), 311–315.
27. Самайбекова З.К., Кубанычбекова Н.К., Аманова А.А. (2017) Информационные технологии в экономике Кыргызстана: проблемы развития. *Вестник Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры им. Н. Исанова*, 3 (57), 242–247.
28. Турдиев Т.И. (2020) О некоторых факторах, влияющих на стратегию социально-экономического развития Кыргызстана. *Вестник филиала федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный социальный университет» в г. Ош Кыргызской Республики*, 2 (22), 105–109.
29. Чичканов В.П., Сухарев О.С. (2023) Возможности науки в инновационном развитии: «измерение технологий». *Экономика науки*, 9 (1), 36–44. DOI: <https://doi.org/10.22394/2410-132X-2023-9-1-36-44>
30. Шацкая И.В. (2022) Глобальные тренды совершенствования системы кадрового обеспечения инновационного развития. *Стратегирование: теория и практика*, 2 (2 (4)), 241–256. DOI: <https://doi.org/10.21603/2782-2435-2022-2-2-241-256>
31. Шацкая И.В., Шамин Р.В., Бурлаков В.В. (2024) Факторы развития промышленного производства в России. *Горизонты экономики*, 2 (82), 12–18.
32. Samaibekova Z., Galiullina G. (2023) Special regime “Territory of Advanced Development” in mono-profile municipal entities. *E3S Web of Conferences*, 435, art. no. 02002. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202343502002>

REFERENCES

1. Alybaev A.S. (2022) The current state of innovation in the economy of the Kyrgyz republic and the quaternary sector of the economy. *Scientific Review. Economic Sciences*, 1, 27–33.
2. Askarbek kyzy K., Khalilova M.V. (2020) Problems of digital technology development. *Science, New Technologies and Innovations in Kyrgyzstan*, 7, 102–106. DOI: <https://doi.org/10.26104/NN-TIK.2019.45.557>
3. Astanova S.U. (2024) Human development and labor potential analysis in the Kyrgyz Republic. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*, 1–4 (88), 60–62. DOI: <https://doi.org/10.24412/2500-1000-2024-1-4-60-62>
4. Astanova S.U., Khamzaeva A.M. (2024) Problems of employment, unemployment and labor market development of the Kyrgyz Republic. *Bulletin of the Siberian State Industrial University*, 1 (47), 163–170. DOI: [https://doi.org/10.57070/2304-4497-2024-1\(47\)-163-170](https://doi.org/10.57070/2304-4497-2024-1(47)-163-170)
5. Asylbaev A.B. (2021) Zhilishchnoe stroitel'stvo i sotsial'no-demograficheskie osobennosti razvitiia naseleniia [Housing construction and socio-demographic features of population development]. *Science in the modern information society*, 157–164.

6. Babkin A.V., Trysjachnyj V.I. (2009) Strategic directions of perfection of management of economic safety of region. *St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics*, 4 (81), 201–205.
7. Babkin A.V., Chen L. (2024) Development of an algorithm for forming a strategy for developing the innovation potential of high-tech industry in the context of Industry 5.0. *Intelligent Engineering Economics And Industry 5 (IEEI_5.0_INPROM)*, 1, 165–169. DOI: <https://doi.org/10.18720/IEP/2024.1/39>
8. Glukhov V.V., Babkin A.B., Shkarupeta E.V. (2022) Digital strategizing of industrial systems based on sustainable eco-innovation and circular business models in the context of the transition to Industry 5.0. *Economics and Management*, 28 (10), 1006–1020. DOI: <https://doi.org/10.35854/1998-1627-2022-10-1006-1020>
9. Zherebov E.D., Babkin A.B. (2009) The technique of formation of the production program at strategic planning of development of the industrial enterprise. *St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics*, 4 (81), 145–150.
10. Kadyrkulova J.K. (2018) Labor migration in Kyrgyzstan. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*, 2, 186–189.
11. Kvint V.L. (2012) Global'nyi formiruiushchiisia rynek – vliianie na strategiiu Rossii i strategicheskoe razvitie rossiiskikh kompanii [Global Emerging Market – Impact on Russia's Strategy and Strategic Development of Russian Companies]. *Effektivnoe antikrizisnoe upravlenie [Effective anti-crisis management]*, 3 (72), 50–61.
12. Kvint V.L. (2012) *Strategicheskoe upravlenie i ekonomika na global'nom formiruiushchemsia rynke [Strategic Management and Economics in a Global Emerging Market]*, Moscow: Biznes-Atlas.
13. 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 (165), 57–67. DOI: <https://doi.org/10.22394/1726-1139-2022-9-57-67>
14. Kemeldinova Zh.M., Alybaev Zh.B. (2022) Labor Migration in the Kyrgyz Republic. *Global'nye vyzovy demograficheskomu razvitiuu [Global challenges to demographic development]*, 1, 376–381. DOI: <https://doi.org/10.17059/udf-2022-3-8>
15. Kocherbaeva A.A., Samaibekova Z.K., Zhooloochuev M.Zh. (2017) How does success of organization depend from strategy? *Science, New Technologies and Innovations in Kyrgyzstan*, 6, 86–88.
16. Lukyanets A.S., Tyshkevich A.I. (2022) Migration processes in Kyrgyzstan as a factor of strengthening integration in the post-soviet space. *Vestnik Altaiskoi akademii ekonomiki i prava [Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law]*, 11 (1), 132–138. DOI: <https://doi.org/10.17513/vaael.2541>
17. Manaeva I.V. (2022) Conditions and factors of dynamic development of the towns and cities of Russia: empirical analysis. *Russian Journal of Industrial Economics*, 15 (4), 453–465. DOI: <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2022-4-453-465>
18. Manaeva I.V., Mel'nikov V.V. (2024). Poverty, demographic development and economic growth in Russian regions: Assessing interrelationships. *Problems of Territory's Development*, 28 (4), 102–119. DOI: <https://doi.org/10.15838/ptd.2024.4.132.7>
19. Novikova I.V. (2020) *Kontseptsiiia strategii zaniatosti naseleniia v tsifrovoi ekonomike [Concept of the strategy of employment of the population in the digital economy]*, monograph (pod nauch. red. V.L. Kvinta), Kemerovo: KemGU.
20. Novikova I.V., Samaibekova Z.K. (2024) Modern Technologies of Strategic HR Management in the Conditions of Innovative Development of Entrepreneurial Structures. *Administrative consulting*, 1 (181), 84–95. DOI: <https://doi.org/10.22394/1726-1139-2024-1-84-95>
21. Okrepilov V.V. (2016) Influence of Quality on Efficiency of Use of Resources Increase. *Administrative consulting*, 90 (6), 40–49.
22. Okrepilov V.V. (2023) The role of the economy of quality in the period of innovative transformation of socio-economic development. *Economic Revival of Russia*, 2 (76), 33–41. DOI: [https://doi.org/10.37930/1990-9780-2023-2\(76\)-33-41](https://doi.org/10.37930/1990-9780-2023-2(76)-33-41)
23. Omorov R.O. (2018) Analiz of indicators innovative index of the kyrgyz republic in data of Global Innovation Index GII 2018. *E-Management*, 1 (1), 81–88. DOI: <https://doi.org/10.26425/2658-3445-2018-1-81-88>
24. Omurbekova M.O. (2021) Digitalization as a factor of the country's competitiveness growth. *Epokha nauki [Era of Science]*, 25, 180–183. DOI: <https://doi.org/10.24412/2409-3203-2021-25-180-183>
25. Ryskulov I.A., Iliazova N.B. (2017) The current state of the labor market and labor migration in the Kyrgyz Republic. *The Bulletin of the Adyghe State University, Series "Economics"*, 1 (195), 116–123.

26. Samaibekova Z.K., Kocherbaeva A.A. (2023) Main trends in the labor market in Kyrgyzstan. *Economics of sustainable development*, 4 (56), 311–315.

27. Samaibekova Z.K., Kubanychbekova N.K., Amanova A.A. (2017) Information technologies in the economy of Kyrgyzstan: Problems of development. *The Herald of KRSU*, 3 (57), 242–247.

28. Turdiev T.I. (2020) O nekotorykh faktorakh, vliyaiushchikh na strategiiu sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiia Kyrgyzstana [On some factors influencing the strategy of socio-economic development of Kyrgyzstan]. *Bulletin of the Branch of the Russian State Social University in Osh, Kyrgyzstan*, 2 (22), 105–109.

29. Chichkanov V.P., Sukharev O.S. (2023) Possibilities of Science in Innovative Development: “Measuring Technologies”. *Economics of Science*, 9 (1), 36–44. DOI: <https://doi.org/10.22394/2410-132X-2023-9-1-36-44>

30. Shatskaya I.V. (2022) Global Trends in Improving the System of Personnel Support for Innovative Development. *Strategizing: Theory and Practice*, 2 (2 (4)), 241–256. DOI: <https://doi.org/10.21603/2782-2435-2022-2-2-241-256>

31. Shatskaya I.V., SHamin R.V., Burlakov V.V. (2024) Faktory razvitiia promyshlennogo proizvodstva v Rossii [Factors of industrial production development in Russia]. *Gorizonty ekonomiki [Horizons of Economics]*, 2 (82), 12–18.

32. Samaibekova Z., Galiullina G. (2023) Special regime “Territory of Advanced Development” in mono-profile municipal entities. *E3S Web of Conferences*, 435, art. no. 02002. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202343502002>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT AUTHOR

САМАЙБЕКОВА Зейнегул Кубатбековна

E-mail: samaibekova@mail.ru

Zeynegul K. SAMAYBEKOVA

E-mail: samaibekova@mail.ru

Поступила: 05.01.2025; Одобрена: 06.02.2025; Принята: 06.02.2025.

Submitted: 05.01.2025; Approved: 06.02.2025; Accepted: 06.02.2025.

Экономика и менеджмент предприятий и комплексов

Economy and management of enterprise and complexes

Научная статья

УДК 338

DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18108>

EDN: <https://elibrary/UBWBGM>



ОЦЕНКА УРОВНЯ ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ МЕТОДА НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

А.В. Веретёхин  

Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского,
Симферополь, Российская Федерация

 v_a_v_crimea@mail.ru

Аннотация. В современных турбулентных условиях формирования цифровой экосистемы важно оперативно принимать обоснованные управленческие решения по развитию промышленного предприятия. Предприятию для поддержания конкурентоспособности необходимо следовать тренду на цифровые преобразования. При этом использование ESG-подхода позволяет руководителю принимать стратегически обоснованные решения в вопросах цифровых изменений. В контексте широко признаваемой научно-экспертным сообществом важности оценки в процессе управления к настоящему моменту разработано множество разнообразных и разноплановых методов и моделей оценивания цифровых преобразований предприятий. Учеными и практиками используются различные наборы показателей и методики оценки. Однако, несмотря на многочисленность предложений, вопросам самооценки цифрового развития предприятия с учетом его ESG-устойчивости уделяется недостаточное внимание. *Цель настоящей работы* заключается в разработке достаточно универсального, применимого на практике инструментария оценки уровня цифрового развития промышленного предприятия. Основными методами исследования являются анализ и синтез, а также используются методы экспертных оценок и нечеткой логики, применяется теория нечетких множеств. *Основные результаты данного исследования:* определены требования, которым должна отвечать оценка уровня цифрового развития и ее информационно-аналитический инструментарий для пригодности в практическом использовании предприятиями; разработан соответствующий информационно-аналитический инструментарий оценки уровня цифрового развития предприятия; выполнена апробация инструментария оценки уровня цифрового развития. Надежность предложенного информационно-аналитического инструментария обеспечивается следующим: данное исследование базируется на научном и практическом опыте, накопленном в сфере оценивания уровня цифрового развития промышленного предприятия; в процессе оценки применяется количественно ограниченный набор легко определяемых показателей, основанных на открытых данных; в исследовании используются детально разработанные, апробированные и хорошо зарекомендовавшие себя на практике методы иерархии показателей и нечеткой логики; оригинальный программный продукт DigInfoLogicTool верифицирован на данных промышленных предприятий крымского региона. Применение этой авторской разработки позволит менеджменту оперативно принимать обоснованные решения по цифровому развитию, учитывая при этом ESG-показатели предприятия. Будущие исследования, нацеленные на разработку методических рекомендаций по выбору направления осуществления цифрового развития и по проведению цифровых преобразований промышленными предприятиями, могут основываться на результатах данной работы.

Ключевые слова: менеджмент организации, промышленное предприятие, цифровое развитие, цифровая трансформация, цифровизация, нечеткая логика, ESG

Для цитирования: Веретёхин А.В. (2025) Оценка уровня цифрового развития промышленного предприятия на основе метода нечеткой логики. *П-Экономика*, 18 (1), 139–159. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18108>

Research article

DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18108>



ASSESSMENT OF THE INDUSTRIAL ENTERPRISE DIGITAL DEVELOPMENT LEVEL BASED ON FUZZY LOGIC METHOD

A.V. Veretyokhin ✉ 

V.I. Vernadsky Crimean Federal University,
Simferopol, Russian Federation

✉ v_a_v_crimea@mail.ru

Abstract. In modern turbulent conditions of digital ecosystem formation, it is important to promptly make informed managerial decisions on the development of an industrial enterprise. To maintain competitiveness, an enterprise must follow the trend towards digital transformation. In doing so, the use of ESG approach allows the manager to make strategically informed decisions on digital change. In the context of the importance of assessment in the management process, widely recognized by the scientific and expert community, scholars have so far developed many diverse and varied methods and models for assessing the digital transformation of enterprises. Scientists and practitioners use different sets of indicators and assessment methodologies. However, despite the numerous proposals, scholars have paid insufficient attention to the self-assessment of the digital development of an enterprise, taking into account its ESG sustainability. *The purpose of this paper* is to develop a universal toolkit for assessing the level of digital development of an industrial enterprise that is applicable in practice. The main research methods are analysis and synthesis, as well as methods of expert assessments and fuzzy logic, and the theory of fuzzy sets. *The main results of the study* are as follows: the requirements that the assessment of the level of digital development and its information and analytical tools must meet for suitability for practical use by enterprises are determined; a corresponding information and analytical tool for assessing the level of digital development; the testing of the tool for assessment of the level of digital development. The reliability of the proposed information and analytical tool is ensured by the following: this study is based on scientific and practical experience accumulated in the field of assessing the level of digital development of an industrial enterprise; the assessment uses a quantitatively limited set of easily definable indicators based on open data; the assessment uses detailed, tested and well-proven methods of hierarchy of indicators and fuzzy logic; the original software product DigInfoLogicTool has been verified on the data of industrial enterprises of the Crimean region. The use of this proprietary development will allow management to promptly make informed decisions on digital development, taking into account the ESG indicators of the enterprise. The results of this work can be the basis for future research aimed at developing methodological recommendations for selecting the direction of digital development and industrial enterprise digital transformation.

Keywords: management of organization, industrial enterprise, digital development, digital transformation, digitalization, fuzzy logic, ESG

Citation: Veretyokhin A.V. (2025) Assessment of the industrial enterprise digital development level based on fuzzy logic method. *П-Экономика*, 18 (1), 139–159. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18108>

Введение

Актуальность исследования

Цифровое развитие, как, впрочем, и устойчивое развитие, промышленных предприятий является актуальным трендом эволюции производств, что отмечается зарубежными и российскими авторами [1–3]. Быстрое расширение цифровой экономики, особенно за счет внедрения

искусственного интеллекта и технологии блокчейн, уже стало новым драйвером национального экономического роста для многих государств [4]. В настоящее время практически все высокоразвитые и большинство развивающихся стран мира имеют государственные программы, способствующие цифровому и устойчивому развитию своей экономики и международной экономической кооперации [5]. В РФ национальными целями развития до 2036 г. среди прочего определены цифровая трансформация экономики и «устойчивая и динамичная экономика»¹.

По мнению многих экспертов, на сегодняшний день цифровые преобразования компаний представляют собой не только объективную реальность. Они для предприятий являются необходимым условием выживания в активно формирующейся цифровой экосистеме [6]. При этом устойчивое ESG-ориентированное развитие промышленных предприятий как обеспечивает будущее самим предприятиям, так и вносит существенный вклад в поддержание сравнительно благоприятного состояния среды обитания [7]. В цифровом развитии промышленного предприятия учеными и практиками отмечается важность принятия взвешенного управленческого решения и обоснования процесса его реализации, решающую роль в котором играет соответствующая оценка (оценивание) [8]. Особенно это проявляется в современных высоко турбулентных условиях.

Литературный обзор

Актуальность цифрового развития и процедур его оценки как элемента управления процессом цифрового преобразования на промышленном предприятии способствовала созданию многочисленных методик и методов соответствующей оценки, а также публикации работ по их обзору и обобщению. Подходы к оценке цифрового развития рассматриваются и анализируются во многих научных статьях российских и иностранных ученых, при этом особое внимание уделяется наиболее распространенным моделям оценки. Среди них, например, Е.В. Орлова выделяет следующие модели оценки: цифровой зрелости Национальной академией наук и техники Германии (Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina), трансформации бизнеса (компания Deloitte), индекса цифровой трансформации аналитического агентства Arthur D. Little и др. [9]. А.А. Чурсин и Т.В. Кокуйцева, помимо прочих, отмечают модели оценки цифровой зрелости Forrester 4.0 и компании KMDA, а также оценки цифровых способностей KPMG [10]. Это позволило авторам предложить свою модель оценки цифровой зрелости с учетом регионального аспекта. Она представляет собой свертку двух показателей, т.е. оценок уровня внутренней и внешней цифровой зрелости предприятия. Последняя вычисляется по показателям, которые являются важными как для самого предприятия, так и для региона его местонахождения. В оценке внутренней цифровой зрелости используются две группы факторов (научно-технические и производственные), а во внешней – четыре (кадры, финансы, потребители, инфраструктура). Всего рассчитываются два субиндекса и семь входных показателей. Инструментарий оценки верифицирован на данных российских промышленных наукоемких предприятий.

Один из наиболее представительных обзоров работ, опубликованных до 2023 г. по тематике настоящего исследования и проиндексированных в базах WOS и Scopus, выполнен авторами А. Арас и Г. Бююкозкан. Он содержит анализ 60 оригинальных моделей оценки цифрового развития (38 академических и 22 от консалтинговых компаний) [11]. Основываясь на систематическом анализе релевантной литературы, эти исследователи предлагают «целостную модель цифровой зрелости», не зависящую от сферы деятельности и размера компании. Оценка является интегральной и включает шесть групп показателей. Всего используются 24 параметра. Модель оценки отличается высокой теоретизованностью и, как результат, сложностью определения показателей на практике.

¹ О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года: Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2024 г. № 309 (2024) *Президент России*. [online] Available at: <http://kremlin.ru/events/president/news/73986> [Accessed 02.09.2024]. (in Russian).

В РФ особое место занимает оценка индекса цифровизации², включенная в цифровой паспорт промышленного предприятия, который администрирует (т.е. формирует и ведет соответствующий реестр) государственная информационная система промышленности (ГИСП) Минпромторга России. Указанная оценка является интегральной, она рассчитывается как среднее арифметическое трех компонент – уровней цифровизации основных (1) и вспомогательных (2) бизнес-процессов, а также уровня развития информационных технологий на предприятии (3). Основу методики составляет анкетирование. Анкета заполняется предприятием самостоятельно. Вопросы анкеты сгруппированы и охватывают несколько процессов, а именно: девять групп и 36 процессов (по основным бизнес-процессам), десять групп и 59 процессов (по вспомогательным/обеспечивающим бизнес-процессам), а также семь групп и 34 процесса (по развитию информационных технологий). Методика интенсивно совершенствуется. Ее основные концепты и практическая апробация подробно рассмотрены, например, в научной работе Е.В. Шкарупета. В настоящее время оценка индекса цифровизации проводится по 27 направлениям и 123 поднаправлениям [12].

Отметим, что, несмотря на важность устойчивого развития для функционирования промышленного предприятия, на практике сравнительно нечасто в оценивании цифрового развития присутствуют ESG-факторы. Как исключение, в этом смысле выделим работу авторов Е.А. Кулиной и К.И. Дементьева. Предложенная ими процедура оценки ESdiGital-трансформации предназначена для предприятий нефтегазовой промышленности России [13]. Результат оценки является сверткой двух показателей: ESG-трансформации (ESG-уровень) и Digital-трансформации (Digital-уровень). В данном случае оценка ESG-трансформации нефтегазовой компании соответствует рейтингу RAEX Europe. Оценка Digital-трансформации совпадает с индексом применения цифровых технологий в нефтегазовой компании на этапе поиска и освоения новых месторождений (индекс предложен и апробирован Р.Х. Азиевой [14]). Указанный индекс вычисляется по следующим показателям: удельный вес цифровых активов в структуре активов компании; удельный вес сотрудников с цифровыми компетенциями; соотношение капитальных затрат на цифровизацию деятельности к чистой прибыли компании; удельный вес новых освоенных месторождений с применением цифровых технологий; коэффициент рентабельности применения цифровых технологий.

В качестве одной из работ, наиболее полно учитывающих взаимосвязь уровней цифровой зрелости и устойчивого развития, выделим научный труд А.В. Бабкина, В.В. Глухова и Е.В. Шкарупета. Учеными предложена методика оценки цифровой зрелости отраслевых промышленных экосистем [15]. В ней предлагается проводить оценку по четырем проекциям: экологической (*E*), социальной (*S*), управленческой (*G*) и цифровой (*D*). Ранги по отраслям рассчитываются как среднее значение рангов компаний, входящих в каждую из отраслей. Авторами для определения оценки по проекциям *E*, *S* и *G* используется ESG-рэнкинг предприятия, предоставляемый компанией ООО «РАЭК-Аналитика». Данные по проекции *D* взяты из обследования предприятий РФ, выполненного компаниями SAP, Deloitte и iR & D Club по методике корпорации Deloitte (сведения получены в результате опроса предприятий и его обработки по пяти группам факторов: клиент, стратегия, технологии, операционная деятельность, организация).

Анализ работ демонстрирует многочисленность, многообразие и разнородность предлагаемых подходов к оцениванию уровня цифрового развития промышленного предприятия. В исследованиях в стремлении подчеркнуть определенную направленность применяемой методики нередко используются для оценки авторские названия. Среди них можно выделить оценки: цифровой зрелости, цифровой готовности, индекса цифровизации, уровня цифровой трансформации и др. [16].

² Минпромторг России. Основные принципы по оценке уровня цифровой зрелости, реализованные в рамках модуля ГИСП «Цифровой паспорт промышленных предприятий»: презентация. [online] Available at: https://finval.ru/news_images/present.pdf [Accessed 02.12.2024]. (in Russian).

Отметим, что дискуссионность отдельных понятий сферы цифровой экономики проявляется в методиках оценки цифрового развития промышленного предприятия. Показательным в этом смысле является толкование «цифровой зрелости» и «цифровой готовности». Многочисленные исследования демонстрируют разнородность точек зрения как на их содержание, так и на целесообразность их соотношения в методиках. Подробный анализ толкований цифровой зрелости выполнен, например, в работе Е.В. Попова и его коллег [17]. Ряд авторов (например, Е.В. Шкарупета) настаивает на принципиальном отличии «цифровой зрелости» и «цифровой готовности» и недопустимости их отождествления в оценках [12]. И.Н. Краковская, Ю.В. Корокошко и Ю.Ю. Слушкина, признавая взаимосвязь этих понятий, считают целесообразным разделять их при оценке [18]. Авторы делают свои выводы на основе анализа научно-практического опыта в оценке цифровой зрелости и цифровой готовности промышленных предприятий. Встречаются методики оценки, в которых рассматриваемые термины синонимичны или не разделяются. Это характерно для универсальных методик оценки цифрового развития предприятия, практически не зависящих от стадии цифровой трансформации/цифровизации организации. Примером универсальной оценки может служить оценка индекса цифровизации³, вычисляемая по анкетам цифрового паспорта в сервисе ГИСП.

Часть методик оценивания учитывает особенности и/или сферу деятельности предприятий (например, нефтехимических предприятий [19], нефтегазовых компаний [13] и др.). Авторы фокусируются на оценке стадии цифровизации/трансформации отдельных организаций или их функциональных элементов, подразделений, процессов [19, 20]. Такая детализация позволяет, с одной стороны, более полно учесть специфику объекта цифрового развития, а с другой стороны, существенно снижает возможность применения методики на других предприятиях. Последнее ограничение препятствует использованию такой методики оценки, например, в сравнительном анализе промышленных предприятий (например, в бенчмаркинге).

Многие исследователи отмечают в применяемых оценках преобладание качественных показателей, получаемых в результате анкетирования сотрудников предприятий или опроса экспертов в соответствующих областях [16, 21]. В этом случае можно учесть важные, но сложно определяемые факторы. Однако такой подход нельзя считать оптимальным из-за присутствия в нем некоторой субъективности. В классических работах Р.С. Каплана и Д.П. Нортон, а также их последователей показано, что оценка может быть эффективным инструментом стратегического контроля при соблюдении баланса между ее показателями, в частности, финансовыми и нефинансовыми, количественными и качественными, вычисляемыми и экспертными [22, 23].

Следует отметить, что часть методик (преимущественно от консалтинговых компаний) дает схематичное представление об используемых методах либо применяет достаточно сложные для неподготовленного пользователя методы. Последнее, как правило, характерно для академических работ. Например, используются методы машинного обучения, эмпирического и квалитетического оценивания, сравнения, а также индикативный, вероятностно-статистический, логический и другой специальный инструментарий [9, 10, 24, 25]. Это затрудняет проведение предлагаемых оценок предприятиями самостоятельно.

В то же время менеджменту предприятий при принятии решений необходимо руководствоваться результатами соответствующей оценки, например, по каждому этапу цифровой трансформации или другого вида цифрового развития [26]. Внедрение предприятием цифровых технологий – достаточно сложный, дорогостоящий и подчас слабо программируемый процесс из-за высокой турбулентности внешней среды [27]. Как следствие, менеджмент предприятия заинтересован в оперативной и хорошо обоснованной информации, но в заранее непредсказуемые или в плохо прогнозируемые/определяемые периоды времени. Оперативную оценку можно обеспечить только, выполняя оценку самостоятельно.

³ Там же.

Относительно используемых в оценивании факторов отметим их количественное и качественное многообразие. В то же время детальный анализ методик позволил ряду авторов прийти к выводу о преобладании определенных групп факторов. Так, Т.А. Гилева выделяет пять укрупненных направлений оценки цифровой зрелости: стратегия и бизнес-модель; потребители; организационная культура и персонал; операционные процессы; информационные технологии [8], а М.Л. Кричевский, Ю.А. Мартынова и С.В. Дмитриева – четыре: корпоративная культура (отношение организации к цифровым инновациям); технологии (применяемые компанией информационно-коммуникативные технологии); организация (сформулированная и реализуемая стратегия в части цифровой трансформации); инсайты (способ использования данных о внутренних бизнес-процессах при принятии решений) [25]. В работе О.П. Овчинниковой и М.М. Харламова оценка выполняется по четырем укрупненным процессам, затрагивающим цифровую трансформацию предприятия: организационные (организационная структура и система управления, система управления данными, инфраструктура и т.п.); производственные (производство и жизненный цикл продукции, продукты и сервисы, менеджмент качества и т.п.); кадровые (система управления знаниями и уникальными компетенциями, корпоративная культура, развитие человеческого капитала и т. п.); внешние факторы (система взаимодействия с внешней средой, степень открытости организации и т.п.) [24]. По мнению И.Н. Краковской, Ю.В. Корошко и Ю.Ю. Слушкиной, наиболее обоснованным и перспективным подходом из используемых в оценках цифровой готовности является комбинированный подход, в котором интегрированы технологические, компетентностные и процессные критерии оценки [18].

Множественность и вариативность предложений по методам оценки цифровых изменений свидетельствует как о важности, так и о сложности выполнения этой оценки. Приведенный краткий литературный обзор показывает отсутствие одной доминирующей точки зрения в этом вопросе и наличие разрывов в формирующемся соответствующем научном пространстве. Непосредственно самооценке, учитывающей ESG-деятельность промышленного предприятия, уделяется недостаточно внимания. В такой ситуации сложно не согласиться с мнением ряда ученых (например, И.Ю. Мерзлова, С. Найк, М. Сони, А.И. Шинкевича и др.) о том, что несмотря на многочисленность научных и практических работ по цифровому преобразованию предприятий и его оцениванию необходимость в разработке инструментария оценки текущего уровня цифрового развития остается актуальной [19, 21, 26].

Целью настоящей работы является разработка универсального, применимого на практике инструментария оценки уровня цифрового развития промышленного предприятия.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

- определить требования, которым должна отвечать оценка и ее информационно-аналитический инструментарий;
- разработать информационно-аналитический инструментарий оценки;
- апробировать информационно-аналитический инструментарий оценки в тестовом режиме и провести оценивание на данных промышленных предприятий.

Методы и материалы

В настоящем исследовании сочетаются различные научные методы. В работе с информацией, взятой из открытых академических и прикладных источников (эвристические и эмпирические научные изыскания, экспертные суждения, данные промышленных предприятий), используются методы анализа и синтеза, обобщения, группировки, сравнения. Разработка информационно-аналитического инструментария осуществляется на основе теории нечетких множеств и методов нечеткой логики, достаточно основательно разработанных и представленных в научной литературе (например, в монографии А.В. Леоненкова [28], а также в статьях В. Бартвал, В.Р. Диведи, В.Р. Сиссодия и др. [29]). Выбор такого подхода обусловлен тем, что нечеткие модели оценки

различных объектов и явлений хорошо зарекомендовали себя на практике и используются в научных исследованиях, в том числе экономической направленности [30].

В разработке качественных входных показателей оценки и модели нечеткого вывода применен, среди прочих, метод экспертных оценок. В исследовании использовано мнение семи экспертов – менеджеров ведущих промышленных предприятий крымского региона и представителей научного сообщества (в лице сотрудников Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского, задействованных в соответствующих научных изысканиях). Такой количественный и качественный состав экспертной группы соответствует теоретическим положениям метода экспертных оценок и сложившейся практике в решении подобных задач [31].

Каждый раз, применяя метод экспертных оценок, осуществлялась проверка согласованности мнений экспертов. Данная процедура составляла первый этап обработки соответствующих опросных листов. При этом использовался известный, хорошо апробированный подход, включающий вычисления по классическим формулам коэффициента вариации (KR) и коэффициента ранговой корреляции Кендалла (коэффициента конкордации, KK) [32]. Если результаты расчетов показывали, что экспертным суждениям можно доверять (т.е. $KR < 0,25$ и $KK > 0,75$), то по методу нахождения среднего арифметического с округлением до целых значений вычислялась величина, принимаемая в дальнейших рассуждениях как обобщенная экспертная оценка. В случае отсутствия согласованности в оценках использовалась процедура обработки консолидированного решения. Она заключалась в том, что экспертам, оценки которых значительно (на 25% и более) отличались от величины среднего арифметического оценок всех принявших в опросе респондентов, доводили результаты опроса для обсуждения и, возможно, для изменения суждения или его уточнения. При необходимости, когда достичь приемлемого результата в согласованности не представлялось возможным, предполагалась замена первоначального состава экспертов. Однако на практике она не проводилась.

Автоматизация вычисления оценки уровня цифрового развития промышленного предприятия выполнена с использованием инструментальных средств проектирования систем нечеткой логики в среде Fuzzy Logic системы автоматизированного проектирования MathCad.

В работе использовались результаты научных исследований российских и зарубежных авторов, опубликованные в высокорейтинговых изданиях, а также данные Росстата и промышленных предприятий.

Результаты и обсуждение

Требования, которым должна отвечать оценка и ее информационно-аналитический инструментарий

Выполненный литературный обзор показал целесообразность разработки такого инструментария оценки уровня цифрового развития, который промышленное предприятие могло бы применять самостоятельно. Следовательно, оценка должна включать только те входные данные, которые доступны предприятию или достаточно легко могут быть получены/определены. Количественно-качественный состав входных показателей оценки надлежит формировать из соображений разумной достаточности. Иными словами, их количество должно быть ограниченным, но при этом обеспечивать всесторонность и полноту рассмотрения оцениваемого объекта. Набор показателей должен включать расчетные/количественные и качественные входные данные. Обеспечение баланса между ними позволяет избежать абстрактизации и неточностей, а также достичь приемлемого уровня партикуляризации. Кроме того, необходимо, чтобы показатели оценки были информативными и значимыми для менеджмента, т.е. применимыми в обосновании управленческого решения по цифровому развитию в современных высоко турбулентных условиях. При этом самооценка должна помогать менеджменту оперативно контролировать не только наличествующую ситуацию по цифровому развитию предприятия, но и соответствие

этого развития ESG-факторам. Инструментарий оценки должен быть универсальным, т.е. независимым от отраслевой принадлежности промышленного предприятия.

Достижению вышеуказанных характеристик способствует автоматизация процесса вычисления величины оценки и значений ее показателей при выполнении определенных условий. В частности, должны отсутствовать трудновыполнимые требования к программно-аппаратному обеспечению оценки и его эксплуатации, а также к знаниям и навыкам пользователей. Турбулентность внешней среды может вызывать изменения на предприятии и трансформацию его экономических связей. Именно поэтому автоматизирующее оценку программное обеспечение (ПО) должно быть гибким, т.е. легко модернизироваться и настраиваться под новые нужды предприятия. Основные требования к оценке уровня цифрового развития промышленных предприятий, ее информационно-аналитическому инструментарию и обусловленные их выполнением атрибуты представлены в табл. 1.

Таблица 1. Основные требования к оценке уровня цифрового развития промышленных предприятий (ПП), ее информационно-аналитическому инструментарию и обусловленные ими атрибуты

Table 1. Basic requirements for the assessment of the digital development level of industrial enterprises (IE) and its information and analytical tools and the attributes determined by them

№ п/п	Требование к оценке и информационно-аналитическому инструментарию	Атрибут оценки
1	Возможность получить количественную и качественную величину уровня цифрового развития ПП	Измеримость
2	Независимость от отрасли принадлежности ПП	Универсальность
3	Возможность оценивания по мере необходимости	Самооценка
4	Обеспечение всесторонности и полноты рассмотрения оцениваемого ПП, включая его ESG-деятельность	Комплексность
5	Использование только легкодоступных для ПП данных	Достижимость
6	Использование количественно ограниченного набора показателей	Реалистичность
7	Использование только необходимых/обоснованных показателей	Необходимость
8	Использование только достаточно легко определяемых показателей	Своевременность
9	Возможность учесть финансовые и нефинансовые, а также количественные и качественные данные ПП	Сбалансированность
10	Возможность учесть изменения внешней и внутренней среды	Гибкость
11	Надежность информационно-аналитического аппарата оценки	Результативность
12	Нет необходимости в наличии у ПП специального ПО и оборудования, а также знаний и навыков у пользователей	Простота в использовании

Источник: составлено автором.

Требованиями табл. 1 будем руководствоваться при разработке информационно-аналитического инструментария оценки уровня цифрового развития промышленных предприятий и при валидации ПО, разработанного для этой оценки.

Разработка информационно-аналитического инструментария оценки уровня цифрового развития промышленных предприятий

Для обеспечения измеримости, комплексности и необходимости/обоснованности оценки (табл. 1) будем использовать интегральную оценку (R), которая определяется как свертка

составляющих ее интегральных оценок. В оценке учтем, что любое развитие предприятия (в том числе и цифровое) не должно вступать в конфронтацию с его ESG-устойчивостью [4]. Поскольку устойчивое развитие предприятия важно не только для самого предприятия, но и в глобальном масштабе [7], введем показатель V_1 «Внешнее цифровое развитие» для оценки цифровых преобразований предприятия в контексте ESG-устойчивого развития. Оценка V_1 определяется факторами по направлениям E (Y_1 – окружающая среда), S (Y_2 – социальная ответственность предприятия перед сотрудниками и обществом в целом) и G (Y_3 – ответственное управление, которое предполагает достижение предприятием устойчивых экономических показателей и качественного (открытого, прозрачного) управления).

Цифровое развитие промышленного предприятия априори осуществляется на основе цифровых технологий. Исходя из этого вторую составляющую R (т.е. V_2 – «Внутреннее цифровое развитие») введем для оценки степени использования предприятием цифровых технологий. Ее будем определять по группам факторов, соответствующим функциональным подсистемам предприятия: производство (Y_4), маркетинг (Y_5), финансы (Y_6), кадры (Y_7), организационно-управленческая подсистема (Y_8). Учет перечисленных подсистем обусловлен организационной структурой многих российских промышленных предприятий. Такой подход, соответственно, способствует сравнительно простому определению величин входных данных, т.е. достижимости оценки (табл. 1). Кроме того, в научных трудах (например, у А.А. Алабугина и его коллег) показано, что именно эти подсистемы являются основными, поскольку именно они наиболее существенно влияют на развитие предприятия [33].

Такой выбор направлений для V_1 и групп факторов для V_2 обеспечивает полноту рассмотрения оцениваемых объектов, поскольку, как выше указано, соответствует общепринятому перечню составляющих их подсистем. В принятии решения по включению в систему входных показателей оценки R мы руководствовались накопленным опытом в международной и российской практике релевантных оценок [3, 7, 8, 18, 24]. Такой подход аргументируется и нередко применяется в исследованиях [24]. Он позволяет из числа часто встречающихся в соответствующей литературе показателей сформировать количественно ограниченный, обоснованный, легко определяемый набор показателей, использующих только доступные для промышленного предприятия данные, что обеспечивает соответствие требованиям, принятым в настоящем исследовании (табл. 1). По направлениям и группам факторов Y_i , $i = 1, \dots, 8$ был составлен набор показателей X_i , $i = 1, \dots, 29$ (рис. 1). Полученный набор содержит только легко определяемые для предприятия показатели. Из них расчетных – 16 (т.е. X_i , $i = 1, 4, 5, 9–12, 14–17, 19, 20, 22, 24, 25$), а экспертных – 13 (т.е. X_i , $i = 2, 3, 6–8, 13, 18, 21, 23, 26–29$). Такое соотношение количества расчетных и экспертных входных показателей с точки зрения практики применения можно считать приемлемым и сбалансированным.

В системе нечеткого вывода используются только упорядоченные данные. В связи с этим величины входных показателей оценки необходимо определять таким образом, чтобы они были безразмерными, принадлежали отрезку $[0; 1]$ и при этом выполнялось утверждение: «Большее значение показателя оказывает большее положительное влияние на оценку». Отметим, что экспертами сразу задавались упорядоченные на отрезке $[0; 1]$ значения входных показателей X_i , $i = 2, 3, 6–8, 13, 18, 21, 23, 26–29$. Что касается расчетных показателей, то они определяются конкретными данными, имеющими различные как размерность, так и единицы измерения. В этой связи из соображений разумной достаточности для упорядочивания к ним применялся один из допустимых аналитических подходов. Так, там, где это возможно, для показателей вычислялись значения, демонстрирующие отношение части к целому. Результаты этих расчетов равны доли от числа, т.е. принадлежат отрезку $[0; 1]$. Такой подход использован для показателей X_i , $i = 11, 12, 14–17, 19, 20, 22, 24, 25$. Следовательно, они являются безразмерными и упорядоченными по определению. В качестве примера приведем формулу для показателя X_{11} (Цифровое производство):

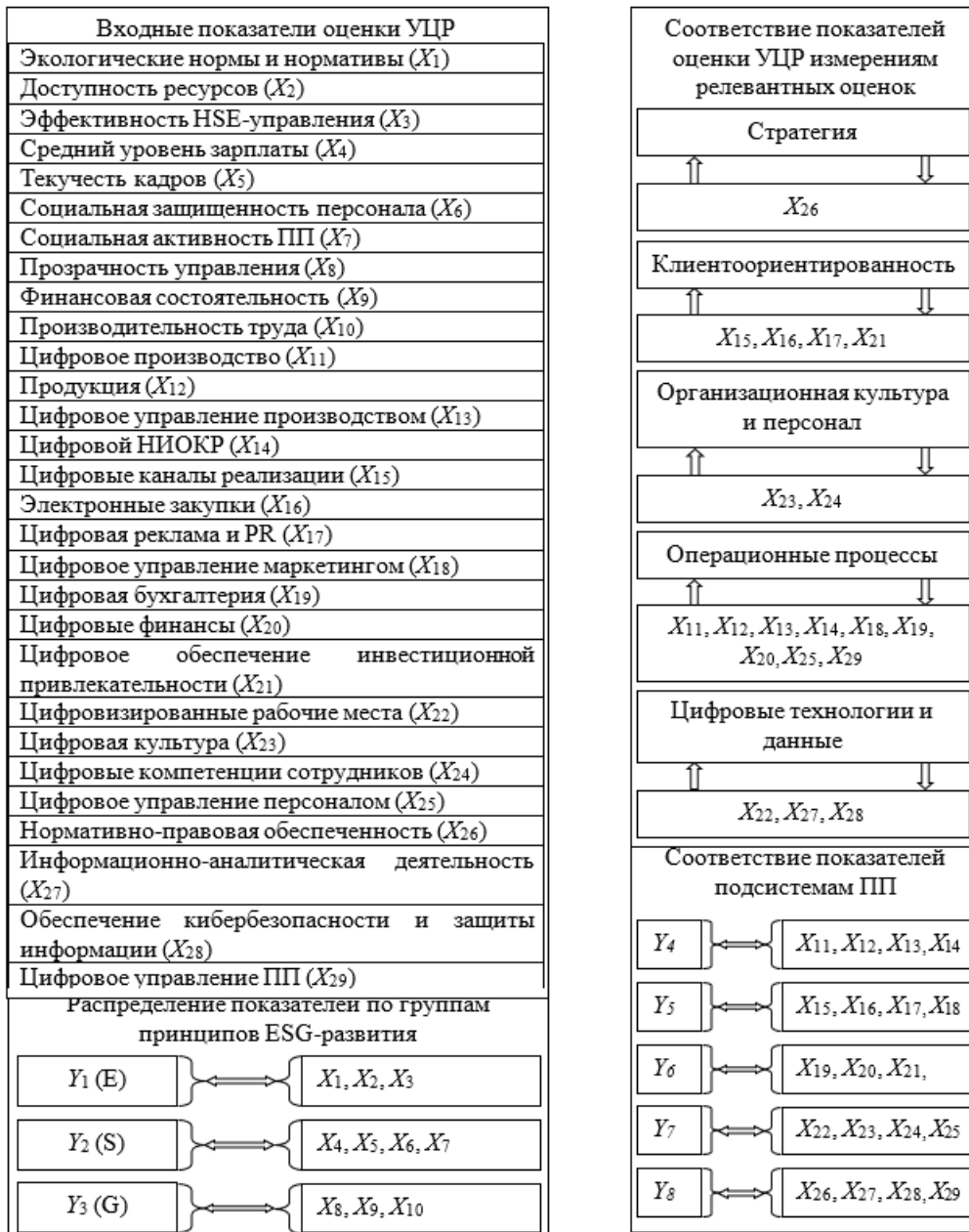


Рис. 1. Входные показатели оценки уровня цифрового развития (УЦР), их соответствие измерениям релевантных оценок, подсистемам ПП и принципам ESG-развития

Fig. 1. Input indicators for assessing the level of digital development (LDD), their compliance with the measurements of relevant assessments, IE subsystems and ESG development principles

Источник: составлено автором.

$$X_{11} = X_{11, np_цт} / X_{11, np_общ}$$

где $X_{11, np_цт}$ – количество производственных технологий, с использованием цифровых технологий, шт.; $X_{11, np_общ}$ – общее количество производственных технологий, шт.

Показатель определяет долю производственных технологий, использующих цифровые инструменты, в общем количестве производственных технологий промышленного предприятия. Он является безразмерным и стремится к 1.

Для показателей X_i , $i = 1, 4, 5, 9, 10$ с целью их упорядочивания будем применять функцию нормирования $F(s)$, построенную специальным образом. Она ($F(s)$) должна отображать все неотрицательные действительные числа на отрезок $[0; 1]$ таким образом, чтобы большее значение показателя оказывало большее влияние на результат; нулевое значение показателя соответствует отсутствию влияния на результат (т.е. $F(0) = 0$); заданное значение показателя (s_0) преобразуется точно в число $0,5$. Последнее правило позволяет в качестве показателей X_i , $i = 1, 4, 5, 9, 10$ применять относительные показатели, индикаторами которых являются соответствующие нормативные или среднеотраслевые величины (s_0). Следовательно, $F(s)$ должна быть непрерывной и удовлетворять следующим свойствам⁴:

1. Если $s_1 > s_2$, то $F(s_1) > F(s_2)$ для всех значений переменной из интервала определения, т.е. $F(s)$ – непрерывная, монотонно возрастающая функция (ее первая производная является положительной величиной: $F'(s) > 0$);

2. Значение функции $F(s)$ в точке $s = 0$ равно нулю ($F(0) = 0$);

3. Для определенного значения переменной $s = s_0$ справедливы утверждения: если $s < s_0$, то $0 < F(s) < 0,5$; $F(s_0) = 0,5$ и если $s > s_0$, то $0,5 < F(s) < 1$.

В качестве функции нормирования $F(s)$ выберем следующую функцию:

$$F(s) = \begin{cases} \frac{1}{2} \frac{s}{s_0}, & 0 \leq s < s_0 \\ 1 - \frac{1}{2} \frac{s_0}{s}, & s \geq s_0 \end{cases}.$$

Как пример применения функции нормирования $F(s)$ приведем формулы расчета показателя X_{10} (Производительность труда):

$$X_{10} = \begin{cases} \frac{1}{2} \frac{X_{10,P}}{X_{10,O}}, & X_{10,P} < X_{10,O} \\ 1 - \frac{1}{2} \frac{X_{10,O}}{X_{10,P}}, & X_{10,P} \geq X_{10,O} \end{cases},$$

где $X_{10,П} = X_{10,П,t} / X_{10,П,t-1} * 100\%$; $X_{10,П,t} = \Theta_t / T_t$; $X_{10,П,t-1} = \Theta_{t-1} / T_{t-1}$; $X_{10,П}$ – индекс производительности труда на предприятии; $X_{10,О}$ – индекс производительности труда в отрасли; $X_{10,П,t}$ и $X_{10,П,t-1}$ – производительность труда на предприятии, соответственно, в период t и предыдущий год ($t - 1$); Θ_t и Θ_{t-1} – добавленная стоимость за соответствующие периоды t и $t - 1$; T_t и T_{t-1} – среднегодовая численность сотрудников на предприятии, соответственно в год оценки t и предыдущий год ($t - 1$).

В вычислении X_{10} использован индекс производительности труда⁵ на предприятии, поскольку его отраслевое значение есть в открытом доступе на сайте Росстата.

Иерархия системы показателей оценки R представлена на рис. 2. Все V_1, V_2 и $Y_i, i = 1, \dots, 8$ являются интегральными показателями.

Сформируем систему нечеткого вывода. Введем в рассмотрение лингвистические переменные, наименование и содержание которых отвечают показателям оценки уровня цифрового развития

⁴ Разработано автором с использованием материалов [34].

⁵ Расчетные формулы составлены согласно: Приказ Минэкономразвития России от 28.12.2018 N 748 (ред. от 02.05.2023) «Об утверждении Методики расчета показателей производительности труда предприятия, отрасли, субъекта Российской Федерации и Методики расчета отдельных показателей национального проекта «Производительность труда и поддержка занятости» (2024) КонсультантПлюс [online] Available at: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_315668/ [Accessed 02.12.2024]. (in Russian).

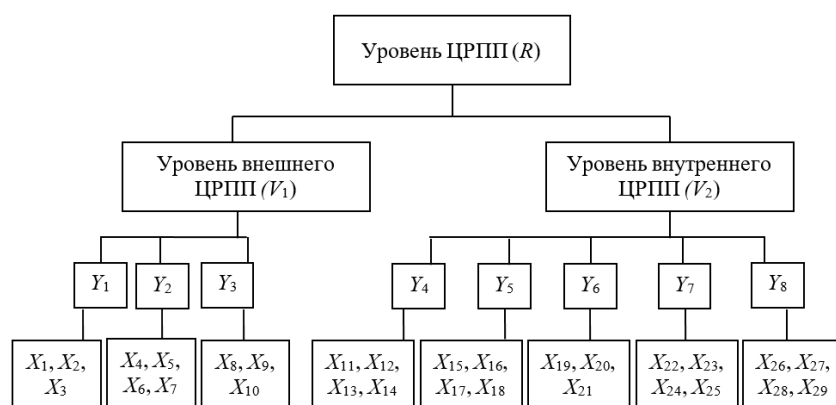


Рис. 2. Иерархия системы показателей УЦРПП
 Fig. 2. Hierarchy of the system of indicators for the LDD of an IE
 Источник: составлено автором.

промышленного предприятия: $X_i, i = 1, \dots, 29$; $Y_i, i = 1, \dots, 8$; V_1, V_2 ; R . Базовые терм-множества определим следующим образом:

$$T_R = \{\text{«низкий»}, \text{«ниже среднего»}, \text{«средний»}, \text{«выше среднего»}, \text{«высокий»}\}, R = \{R\};$$

$$T_A = \{\text{«низкий»}, \text{«средний»}, \text{«высокий»}\}, A = \{X_i, i = 1, \dots, 29; Y_i, i = 1, \dots, 8; V_i, i = 1, 2\}.$$

Функции принадлежности выбраны трапецевидные, так как они сравнительно легко конструируются, часто используются на практике и имеются данные о близком к линейному поведению объектов управления на небольших промежутках значений входных и выходных переменных [35]. Функции принадлежности (MF) сформированы методом экспертных оценок с последующей корректировкой на основе анализа поверхности нечеткого вывода. Такая корректировка понадобилась только для MF лингвистических переменных $V_i, i = 1, 2$. Результаты представлены в табл. 2.

В оценивании цифровой зрелости предприятия для интерпретации результата используются в основном шкалы Харрингтона или группировка по равным интервалам. Будем применять последнюю как наиболее простую и обоснованную [10]. Следовательно, четкое значение длины интервала равно 0,2 (для R) и 0,33 (для входных переменных).

В построении системы нечеткого вывода будем руководствоваться иерархией системы показателей (рис. 2), рассматривая ее блоки ($Y_i, i = 1, \dots, 8$; $V_1; V_2; R$) как узлы нечеткого вывода. Система содержит 11 таких узлов. Причем каждый узел представляет собой тоже систему нечеткого вывода, входными нечеткими переменными которой являются соответствующие выходные переменные предыдущего уровня иерархии.

В каждом из 11 узлов используется классическая схема принятия решения на основе нечеткой логики [28–30]. Применяется алгоритм Мамдани. Схема состоит из трех основных блоков: Фаззификатор (ФЗ (англ. Fuzzifier), преобразователь входных четких величин в нечеткие), Механизм Вывода (МВ, англ. Inference Engine) и Дефаззификатор (ДФЗ (англ. Defuzzifier), преобразователь выходных нечетких величин в четкие) (рис. 3). Как видно из рисунка, Фаззификатор основывается на функциях принадлежности, которые в нашем случае имеют вид трапеций. Механизм Вывода включает операции: Агрегирование подусловий, Активизация (или композиция) подзаключений и Аккумуляция заключений в нечетких правилах продукций. В агрегировании используется нечеткая операция «И», а в активизации и аккумуляции – методы, соответственно, min-активизации и max-объединения [28]. В Дефаззификаторе реализован метод центра тяжести.

База знаний состоит из нечетких продукционных правил, например, для узла наивысшего уровня иерархии: IF (V_1, V_2) THEN (R). В нашем случае для каждого узла (т.е. системы нечеткого

вывода) выходная переменная – одна, а количество входных переменных (i) может быть 2, 3, 4 или 5 (рис. 2). Поэтому размерность соответствующей базы знаний системы нечеткого вывода равна 9 ($i = 2$), 27 ($i = 3$), 81 ($i = 4$) или 243 ($i = 5$). База знаний для узла наивысшего уровня иерархии представлена в табл. 3.

Таблица 2. Значения лингвистических переменных оценки УЦР в соответствии со степенью уверенности экспертов
Table 2. Values of the linguistic variables for assessing of the DDL according to the degree of confidence of experts

Лингвистические переменные	Нечеткие значения	Интервалы значений		
		Степень уверенности экспертов (q)		
		$q = 1$	$0 < q < 1$	$q = 0$
$X_i, i = 1-29;$ $Y_i, i = 1-8$	Низкий	[0; 0,2)	[0,2; 0,4)	[0,4; 1,0]
	Средний	[0,4; 0,6)	[0,2; 0,4); [0,6; 0,8)	[0; 0,2); (0,8; 1,0]
	Высокий	[0,8; 1,0]	[0,6; 0,8)	[0; 0,6)
$V_i, i = 1, 2$	Низкий	[0; 0,2)	[0,2; 0,499)	[0,499; 1,0]
	Средний	[0,499; 0,501)	[0,2; 0,499); [0,501; 0,8)	[0; 0,2); (0,8; 1,0]
	Высокий	[0,8; 1,0]	[0,501; 0,8)	[0; 0,501)
R	Низкий	[0; 0,15)	[0,15; 0,25)	[0,25; 1,0]
	Ниже среднего	[0,25; 0,35)	[0,15; 0,25); [0,35; 0,45)	[0; 0,15); [0,45; 1,0]
	Средний	[0,45; 0,55)	[0,35; 0,45); [0,55; 0,65)	[0; 0,35); [0,65; 1,0]
	Выше среднего	[0,65; 0,75)	[0,55; 0,65); [0,75; 0,85)	[0; 0,55); [0,85; 1,0]
	Высокий	[0,85; 1,0]	[0,75; 0,85)	[0; 0,75)

Источник: составлено автором на основе экспертных оценок и расчетов поверхности нечеткого вывода в авторской программе DigInfoLogicTool (на базе MathCad).

Процесс оценивания уровня цифрового развития промышленного предприятия автоматизирован. Авторская программа DigInfoLogicTool разработана в среде Fuzzy Logic системы автоматизированного проектирования MathCad (на базе десктопной версии). Для придания оценке таких необходимых атрибутов, как «Гибкость», «Результативность» и «Простота в использовании» (табл. 1), DigInfoLogicTool создана с соблюдением принципов открытого кода и модульности. Эта программа не требует специальных, труднодоступных, дорогих оборудования и ПО, а также особых знаний и уникальных навыков у пользователей. Для ее эксплуатации достаточно иметь персональный компьютер, среду Fuzzy Logic (инженерно-математическое ПО MathCad) и минимальный опыт работы с текстами.

Апробация предложенного инструментария оценки уровня цифрового развития промышленного предприятия

Апробация предложенного инструментария осуществлялась как в тестовом режиме, так и на реальных данных промышленных предприятий. По мнению экспертов, тесты продемонстрировали приемлемую реакцию результирующего показателя (R) на возмущения всех остальных показателей оценки.

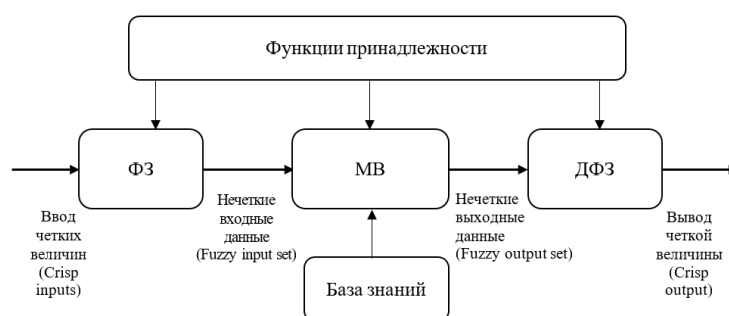


Рис. 3. Схема системы принятия решений на основе нечеткой логики (ФЗ – фаззификатор; МВ – Механизм Вывода; ДФЗ – Дефаззификатор)

Fig. 3. Scheme of decision-making system based on fuzzy logic (ФЗ – Fuzzifier; МВ – Inference Engine; ДФЗ – Defuzzifier)

Источник: адаптировано автором по [29, 30].

Таблица 3. База знаний наивысшего уровня иерархии
Table 3. Knowledge base of the highest hierarchy level

№ правила	Значения лингвистических переменных		
	входных		выходной (R)
	V_1	V_2	
1	низкий	низкий	низкий
2	низкий	средний	ниже среднего
3	средний	низкий	ниже среднего
4	средний	средний	средний
5	высокий	средний	выше среднего
6	средний	высокий	выше среднего
7	высокий	высокий	высокий
8	низкий	высокий	средний
9	высокий	низкий	ниже среднего

Источник: составлено автором на основе экспертных оценок и расчетов в авторской программе DigInfoLogic-Tool (на базе MathCad).

Программный продукт DigInfoLogicTool верифицирован на данных промышленных предприятий крымского региона. Результаты расчетов удовлетворили экспертов и менеджмент обследуемых предприятий. Дополнительно выполнено сравнение оценки использования цифровых технологий (V_2) и индекса цифровизации (I_c) по цифровому паспорту предприятия. Процент отклонения оказался менее 6%, что с точки зрения практики является приемлемым. Например, для АО «Завод „Фиолент“» абсолютное ($D_{абс.}$) и относительное ($D_{отн.}$) отклонения составили:

$$D_{абс.} = (V_2 - I_c) * 100\% = (0,68 - 0,6398) * 100\% = 4,02\%;$$

$$D_{отн.} = ((V_2 - I_c) / V_2) * 100\% = ((0,68 - 0,6398) / 0,68) * 100\% = 5,91\%.$$

Отметим, что для крымской экономики промышленность достаточно важна. Согласно оперативным данным Правительства Республики Крым по итогам 2024 г. промышленный комплекс региона демонстрирует стабильный рост⁶. Индекс промышленного производства в 2024 г. составил 102%. В регионе работают более 1000 промышленных предприятий, из них 967 – в сфере обрабатывающей промышленности. За 2024 г. промышленный комплекс региона обеспечил 1/3 поступлений в консолидированный бюджет республики.

Приведем результаты, полученные с помощью DigInfoLogicTool для машиностроительных предприятий Крыма: АО «Завод „Фиолент“» (№ 1), АО «Симферопольсельмаш» (№ 2), АО «Пневматика» (№ 3) (рис. 4). В вычислениях использованы данные, представленные в табл. 4.

Таблица 4. Входные данные в вычислениях оценки УЦР ПП (№ 1–3)
Table 4. Input data in calculations of the DDL assessment of IE (No. 1–3)

X_i , $i = 1, \dots, 15$	Предприятия			X_i , $i = 16, \dots, 29$	Предприятия		
	№ 1	№ 2	№ 3		№ 1	№ 2	№ 3
X_1	0,62	0,51	0,50	X_{16}	0,70	0,40	0,35
X_2	0,58	0,56	0,46	X_{17}	0,60	0,42	0,28
X_3	0,79	0,51	0,45	X_{18}	0,55	0,43	0,35
X_4	0,39	0,48	0,73	X_{19}	0,65	0,54	0,5
X_5	0,65	0,44	0,55	X_{20}	0,56	0,5	0,5
X_6	0,8	0,57	0,46	X_{21}	0,8	0,5	0,35
X_7	0,79	0,45	0,26	X_{22}	0,48	0,33	0,31
X_8	0,75	0,6	0,45	X_{23}	0,79	0,41	0,3
X_9	0,72	0,56	0,50	X_{24}	0,45	0,4	0,38
X_{10}	0,63	0,51	0,5	X_{25}	0,72	0,55	0,51
X_{11}	0,45	0,32	0,4	X_{26}	0,75	0,52	0,48
X_{12}	0,89	0,35	0,4	X_{27}	0,85	0,59	0,35
X_{13}	0,76	0,35	0,38	X_{28}	0,84	0,58	0,42
X_{14}	0,89	0,41	0,32	X_{29}	0,71	0,45	0,38
X_{15}	0,60	0,38	0,29	–	–	–	–

Источник: составлено автором по данным предприятий и экспертных оценок.

Отметим, что проведенные для отдельных крымских машиностроительных предприятий вычисления позволили определить уровни их цифрового развития: АО «Завод „Фиолент“» – «выше среднего»; АО «Симферопольсельмаш» и АО «Пневматика» – «среднее». Более детальный анализ показателей оценки выявил в обследуемых предприятиях основные проблемы и направления их преодоления. Так, у АО «Завод „Фиолент“» наибольшие трудности связаны с отсутствием в достаточном количестве необходимого (по знаниям, умениям и квалификации) персонала. Эта проблема во многом связана со структурными особенностями региональных трудовых ресурсов (X_2). В то же время на этом предприятии самый низкий уровень средней заработной платы из всех обследуемых заводов (X_4 , табл. 4). Два других предприятия имеют

⁶ Что ждет промышленность Крыма в ближайшие годы: планы и возможности (2025) *Лента новостей Крыма*. [online] Available at: <https://crimea-news.com/society/2025/01/14/1565839.html> [Accessed 02.12.2024]. (in Russian).

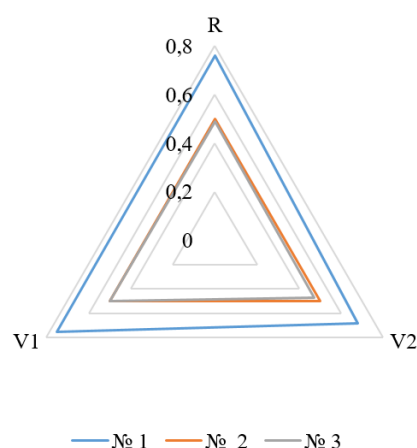


Рис. 4. Оценка уровня цифрового развития (R) и ее составляющих V_1 и V_2 для машиностроительных предприятий № 1–3
 Fig. 4. Assessment of the digital development level (R) and its components V_1 and V_2 for machine-building enterprises Nos. 1–3

Источник: расчеты выполнены по данным предприятий и экспертных оценок
 (применен оригинальный программный продукт DigInfoLogicTool).

сравнительно близкие результаты (R и ее составляющих V_1 и V_2 , рис. 4). Однако АО «Симферопольсельмаш» выделяется слабым использованием цифровых технологий в производстве (Y_4), а АО «Пневматика» – в маркетинге (Y_5). Значения соответствующих входных показателей даны в табл. 4. Следовательно, руководство предприятий должно обратить внимание на цифровое развитие выявленных с помощью оценивания наиболее проблематичных функциональных подсистем предприятий.

Заключение

Глобальный тренд на цифровизацию предприятий и важность обоснования управленческого решения в этой сфере побудили ученых и практиков к разработке методов и моделей оценки цифрового развития промышленного предприятия. Однако, несмотря на многочисленность и разноплановость подобных предложений, можно отметить, что вопросам самооценки цифрового развития предприятия с учетом его ESG-устойчивости уделяется недостаточное внимание. В то же время именно самооценка предоставляет менеджменту оперативную информацию. При этом использование ESG-подхода позволяет руководителю принимать стратегически обоснованные решения. Это очень важно не только для цифровых преобразований, но и для функционирования предприятия как в настоящем, так и в будущем.

Выполненное исследование позволило получить следующие результаты:

- определены требования, которым должна отвечать оценка уровня цифрового развития и ее информационно-аналитический инструментарий для их использования предприятиями на практике;
- разработан информационно-аналитический инструментарий оценки уровня цифрового развития, отвечающий требованиям, необходимым для его применения на практике;
- выполнена апробация информационно-аналитического инструментария оценки уровня цифрового развития (в тестовом режиме и на данных промышленных предприятий крымского региона).

Надежность предложенного информационно-аналитического инструментария обеспечивается следующими причинами:

- 1) он базируется на накопленном опыте в сфере оценивания уровня цифрового развития промышленного предприятия;

2) в определении оценки применяется количественно ограниченный набор легко определяемых показателей, основанных на открытых данных;

3) в нем используются хорошо разработанные и апробированные на практике методы иерархии показателей и нечеткой логики;

4) авторский программный продукт DigInfoLogicTool верифицирован на реальных данных промышленных предприятий.

Применение авторской разработки позволит менеджменту оперативно принимать обоснованные решения по цифровому развитию, учитывая при этом ESG-показатели предприятия.

Направления дальнейших исследований

Будущие исследования, нацеленные на разработку методических рекомендаций по выбору направления осуществления цифрового развития и проведению цифровых преобразований промышленными предприятиями, могут основываться на результатах данной работы.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Кузин Д.В. (2019) Проблемы цифровой зрелости в современном бизнесе. *Мир новой экономики*, 3, 89–99. DOI: <https://doi.org/10.26794/2220-6469-2019-13-3-89-99>

2. Долганова О.И., Деева Е.А. (2019) Готовность компании к цифровым преобразованиям: проблемы и диагностика. *Бизнес-информатика*, 13 (2), 59–72. DOI: <https://doi.org/10.17323/1998-0663.2019.2.59.72>

3. Zimek M., Baumgartner R.J. (2024) Systemic sustainability assessment: Analyzing environmental and social impacts of actions on sustainable development. *Cleaner Production Letters*, 7, art. no. 100064. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clpl.2024.100064>

4. Pang S.L., Liu H., Hua G.H. (2024) How does digital finance drive the green economic growth? New discoveries of spatial threshold effect and attenuation possibility boundary. *International Review of Economics & Finance*, 89 (A), 561–581. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.iref.2023.07.014>

5. Liang S., Tan Q. (2024) Can the digital economy accelerates China's export technology upgrading? Based on the perspective of export technology complexity. *Technological Forecasting and Social Change*, 199, art. no. 123052. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.123052>

6. Китова О.В., Брускин С.Н. (2017) Цифровая трансформация бизнеса. *Цифровая экономика*, 1 (1), 20–25. DOI: <https://doi.org/10.34706/DE-2018-01-02>

7. Ahmad H., Yaqub M., Lee S.H. (2024) Environmental-, social-, and governance-related factors for business investment and sustainability: a scientometric review of global trends. *Environment, Development and Sustainability*, 26, 2965–2987. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10668-023-02921-x>

8. Гилева Т.А. (2019) Цифровая зрелость предприятия: методы оценки и управления. *Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. Серия: Экономика*, 1, 38–52. DOI: <https://doi.org/10.17122/2541-8904-2019-1-27-38-52>

9. Орлова Е.В. (2023) Акселерация процессов цифровой трансформации предприятия на основе двухуровневой модели оценки его цифровой зрелости. *Экономика промышленности*, 16 (4), 456–467. DOI: <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2023-4-1229>

10. Чурсин А.А., Кокуйцева Т.В. (2022) Развитие методов оценки цифровой зрелости организации с учетом регионального аспекта. *Экономика региона*, 18 (2), 450–463. DOI: <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-11>

11. Aras A., Büyüközkan G. (2023) Digital Transformation Journey Guidance: A Holistic Digital Maturity Model Based on a Systematic Literature Review. *Systems*, 11 (4), art. no. 213. DOI: <https://doi.org/10.3390/systems11040213>

12. Шкарупета Е.В. (2023) Практические аспекты оценки цифровой зрелости промышленных предприятий в условиях пилотирования инноваций в цифровых сервисах ГИСП. *Информатизация в цифровой экономике*, 4 (1), 9–22. DOI: <https://doi.org/10.18334/ide.4.1.117048>

13. Куклина Е.А., Дементьев К.И. (2023) ESdiGital-трансформация российских нефтегазовых компаний: риски и оценки. *Управленческое консультирование*, 7, 53–71. DOI: <https://doi.org/10.22394/1726-1139-2023-7-53-71>

14. Азиева Р.Х. (2021) Поиск и освоение новых месторождений: методологический подход экономической оценки применения цифровых технологий в нефтегазовой отрасли. *Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. Серия: Экономика*, 3 (37), 53–66. DOI: <https://doi.org/10.17122/2541-8904-2021-3-37-53-66>
15. Бабкин А.В., Глухов В.В., Шкарупета Е.В. (2022) Методика оценки цифровой зрелости отраслевых промышленных экосистем. *Организатор производства*, 30 (3), 7–20.
16. Веретёхин А.В., Киселев Р.О. (2023) Оценка цифровой трансформации: виды и применение в управлении организацией. *Актуальные проблемы экономики и менеджмента*, 2 (38), 107–115.
17. Попов Е.В., Симонова В.Л., Черепанов В.В. (2021) Уровни цифровой зрелости промышленного предприятия. *Journal of New Economy*, 22 (2), 88–109. DOI: <https://doi.org/10.29141/2658-5081-2021-22-2-5>
18. Краковская И.Н., Корокошко Ю.В., Слушкина Ю.Ю. (2024) Цифровая зрелость промышленных предприятий: опыт оценки. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика*, 40 (3), 433–459. DOI: <https://doi.org/10.21638/spbu05.2024.305>
19. Шинкевич А.И., Надеждина М.Е. (2021) Методика оценки эффективности цифровизации производственных процессов нефтехимического предприятия. *Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия: Машиностроение*, 2 (137), 72–84. DOI: <https://doi.org/10.18698/0236-3941-2021-2-72-84>
20. Мустафин И.Р., Надеждина М.Е., Шинкевич М.В. (2022) Диагностика развития цифрового производства ОАО «Эксмаш». *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*, 24 (4), 42–48. DOI: <https://doi.org/10.37313/1990-5378-2022-24-4-42-48>
21. Мерзлов И.Ю. (2022) Методы оценки цифровой зрелости: обзор международной практики. *Креативная экономика*, 16 (2), 503–520. DOI: <https://doi.org/10.18334/ce.16.2.114163>
22. Kaplan R.S., Norton D.P. (1992) The Balanced Scorecard—Measures that Drive Performance. *Harvard Business Review*, January–February.
23. Taufik D.A., Purba H.N., Hasbullah H. (2021) Balanced scorecard: Literature review and implementation in organization. *Operations Excellence: Journal of Applied Industrial Engineering*, 13 (1), 111–123. DOI: <https://doi.org/10.22441/oe.2021.v13.i1.012>
24. Овчинникова О.П., Харламов М.М. (2022). Цифровая зрелость градообразующего предприятия: оценка и влияние на развитие территории. *Экономика региона*, 18 (4), 1249–1262. DOI: <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-4-20>
25. Кричевский М.Л., Мартынова Ю.А., Дмитриева С.В. (2022) Оценка цифровой зрелости предприятия. *Вопросы инновационной экономики*, 12 (4), 2545–2560. DOI: <https://doi.org/10.18334/vines.12.4.116786>
26. Sony M., Naik S. (2020) Key ingredients for evaluating Industry 4.0 readiness for organizations: a literature review. *Benchmarking: An International Journal*, 27 (7), 2213–2232. DOI: <https://doi.org/10.1108/BIJ-09-2018-0284>
27. Ferreira D.V., de Gusmão A.P.H., de Almeida J.A. (2024) A multicriteria model for assessing maturity in industry 4.0 context. *Journal of Industrial Information Integration*, 38, art. no. 100579. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jii.2024.100579>
28. Леоненков А.В. (2005) *Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH*, монография, СПб.: БХВ Петербург.
29. Sissodia R., Rauthan M.S., Barthwal V., Dwivedi V. (2025). Fuzzy Logic. In: *Recent Theories and Applications for Multi-Criteria Decision-Making* (eds. S. Aouadni, I. Aouadni), IGI Global Scientific Publishing, 279–310. DOI: <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-6502-1.ch010>
30. Farahani M.Y.J., Saberi S., Rostam T.B. (2024) Recognizing Behavior Patterns in Financial Markets based on Candlestick Charts and Fuzzy Logic. *Journal of Electrical Systems*, 20 (3), 6628–6640. DOI: <https://doi.org/10.52783/jes.6982>
31. Omol E.J. (2023) Organizational digital transformation: from evolution to future trends. *Digital Transformation and Society*, 3 (3), 240–256. DOI: <https://doi.org/10.1108/DTS-08-2023-0061>
32. Salkind N.J. (2010) *Encyclopedia of Research Design*, monograph, SAGE Publications Inc. DOI: <https://doi.org/10.4135/9781412961288>
33. Алабугин А.А., Орешкина Н.С. (2019) Концептуальное представление структуры подсистем предприятия в процессах перехода к экономике постиндустриального типа. *Вестник Челябинского государственного университета*, 9 (431), 175–181. DOI: <https://doi.org/10.24411/1994-2796-2019-10919>
34. Peterson J.K. (2020) *Basic Analysis I: Functions of a Real Variable*, monograph, New York: Chapman and Hall/CRC. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781315166254>

35. Терелянский П.В., Костикова А.В. (2013) Разработка методики построения динамических нечетких моделей для оценки качества жизни населения. *Аудит и финансовый анализ*, 4, 449–460.

REFERENCES

1. Kuzin D.V. (2019) Problems of Digital Maturity in Modern Business. *The World of New Economy*, 3, 89–99. DOI: <https://doi.org/10.26794/2220-6469-2019-13-3-89-99>
2. Dolganova O.I., Deeva E.A. (2019) Company readiness for digital transformations: problems and diagnosis. *Business Informatics*, 13 (2), 59–72. DOI: <https://doi.org/10.17323/1998-0663.2019.2.59.72>
3. Zimek M., Baumgartner R.J. (2024) Systemic sustainability assessment: Analyzing environmental and social impacts of actions on sustainable development. *Cleaner Production Letters*, 7, art. no. 100064. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clpl.2024.100064>
4. Pang S.L., Liu H., Hua G.H. (2024) How does digital finance drive the green economic growth? New discoveries of spatial threshold effect and attenuation possibility boundary. *International Review of Economics & Finance*, 89 (A), 561–581. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.iref.2023.07.014>
5. Liang S., Tan Q. (2024) Can the digital economy accelerates China's export technology upgrading? Based on the perspective of export technology complexity. *Technological Forecasting and Social Change*, 199, art. no. 123052. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.123052>
6. Kitova O.V., Bruskin S.N. (2017) Digital Transformation of Business. *Digital Economy*, 1 (1), 20–25. DOI: <https://doi.org/10.34706/DE-2018-01-02>
7. Ahmad H., Yaqub M., Lee S.H. (2024) Environmental-, social-, and governance-related factors for business investment and sustainability: a scientometric review of global trends. *Environment, Development and Sustainability*, 26, 2965–2987. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10668-023-02921-x>
8. Gileva T.A. (2019) Digital maturity of the enterprise: methods of assessment and management. *Bulletin USPTU. Science, Education, Economy. Series Economy*, 1, 38–52. DOI: <https://doi.org/10.17122/2541-8904-2019-1-27-38-52>
9. Orlova E.V. (2023) Acceleration of enterprise digital transformation processes based on the two-level digital maturity assessment model. *Russian Journal of Industrial Economics*, 16 (4), 456–467. DOI: <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2023-4-1229>
10. Chursin A.A., Kokuytseva T.V. (2022) Development of methods for assessing the digital maturity of organisations considering the regional aspect. *Economy of Region*, 18 (2), 450–463. DOI: <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-11>
11. Aras A., Büyüközkan G. (2023) Digital transformation journey guidance: A holistic digital maturity model based on a systematic literature review. *Systems*, 11 (4), art. no. 213. DOI: <https://doi.org/10.3390/systems11040213>
12. Shkarupeta E.V. (2023) Practical aspects of assessing the digital maturity of industrial companies in the context of piloting innovation in digital services of the State Industry Information System. *Informatization in the Digital Economy*, 4 (1), 9–22. DOI: <https://doi.org/10.18334/ide.4.1.117048>
13. Kuklina E.A., Dementiev K.I. (2023) ESdiGital-transformation of Russian oil and gas companies: Risks and assessments. *Administrative Consulting*, 7, 53–71. DOI: <https://doi.org/10.22394/1726-1139-2023-7-53-71>
14. Azieva R.Kh. (2021) Search and development of new deposits: Methodological approach to economic assessment of application in the oil and gas industry digital technologies. *Bulletin USPTU. Science, education, economy. Series economy*, 3 (37), 53–66. DOI: <https://doi.org/10.17122/2541-8904-2021-3-37-53-66>
15. Babkin A.V., Glukhov V.V., Shkarupeta E.V. (2022) Methodology of assessing the digital maturity of industrial ecosystems. *Organizer of Production*, 30 (3), 7–20.
16. Veretyokhin A.V., Kiselev R.O. (2023) Assessing digital transformation: types and application in management of an organisation. *Actual Problems of Economics and Management*, 2 (38), 107–115.
17. Popov E.V., Simonova V.L., Cherepanov V.V. (2021) Digital maturity levels of an industrial enterprise. *Journal of New Economy*, 22 (2), 88–109. DOI: <https://doi.org/10.29141/2658-5081-2021-22-2-5>
18. Krakovskaya I., Korokoshko J., Slushkina Y. (2024) Digital maturity of industrial enterprises: Evaluation experience. *St. Petersburg University Journal of Economic Studies*, 40 (3), 433–459. DOI: <https://doi.org/10.21638/spbu05.2024.305>

19. Shinkevich A.I., Nadezhdina M.E. (2021) Methodology for assessing the efficiency of digitalization of production processes of a petrochemical enterprise. *Herald of the Bauman Moscow State Technical University. Series Mechanical Engineering*, 2 (137), 72–84. DOI: <https://doi.org/10.18698/0236-3941-2021-2-72-84>
20. Mustafin I.R., Nadezhdina M.E., Shinkevich M.V. (2022) Diagnostics of digital production development OJSC “EKSMASH”. *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 24 (4), 42–48. DOI: <https://doi.org/10.37313/1990-5378-2022-24-4-42-48>
21. Merzlov I.Y. (2022) Methods for assessing digital maturity: an overview of international practice. *Creative Economy*, 16 (2), 503–520. DOI: <https://doi.org/10.18334/ce.16.2.114163>
22. Kaplan R.S., Norton D.P. (1992) The Balanced Scorecard—Measures that Drive Performance. *Harvard Business Review*, January–February.
23. Taufik D.A., Purba H.H., Hasbullah H. (2021) Balanced scorecard: Literature review and implementation in organization. *Operations Excellence: Journal of Applied Industrial Engineering*, 13 (1), 111–123. DOI: <https://doi.org/10.22441/oe.2021.v13.i1.012>
24. Ovchinnikova O.P., Kharlamov M.M. (2022) Digital maturity of core enterprises: Assessment and impact on territorial development. *Economy of regions*, 18 (4), 1249–1262. DOI: <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-4-20>
25. Krichevskiy M.L., Martynova Y.A., Dmitrieva S.V. (2022) Assessment of the enterprise's digital maturity. *Russian Journal of Innovation Economics*, 12 (4), 2545–2560. DOI: <https://doi.org/10.18334/vinec.12.4.116786>
26. Sony M., Naik S. (2020) Key ingredients for evaluating Industry 4.0 readiness for organizations: a literature review. *Benchmarking: An International Journal*, 27 (7), 2213–2232. DOI: <https://doi.org/10.1108/BIJ-09-2018-0284>
27. Ferreira D.V., de Gusmão A.P.H., de Almeida J.A. (2024) A multicriteria model for assessing maturity in industry 4.0 context. *Journal of Industrial Information Integration*, 38, art. no. 100579. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jii.2024.100579>
28. Leonenkov A.V. (2005) *Nechetkoe modelirovanie v srede MATLAB i fuzzyTECH [Fuzzy Modeling in MATLAB and fuzzyTECH]*, monograph, St. Petersburg: BKHV Peterburg.
29. Sissodia R., Rauthan M.S., Barthwal V., Dwivedi V. (2025). Fuzzy Logic. In: *Recent Theories and Applications for Multi-Criteria Decision-Making* (eds. S. Aouadni, I. Aouadni), IGI Global Scientific Publishing, 279–310. DOI: <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-6502-1.ch010>
30. Farahani M.Y.J., Saberi S., Rostam T.B. (2024) Recognizing behavior patterns in financial markets based on candlestick charts and fuzzy logic. *Journal of Electrical Systems*, 20 (3), 6628–6640. DOI: <https://doi.org/10.52783/jes.6982>
31. Omol E.J. (2023) Organizational digital transformation: from evolution to future trends. *Digital Transformation and Society*, 3 (3), 240–256. DOI: <https://doi.org/10.1108/DTS-08-2023-0061>
32. Salkind N.J. (2010) *Encyclopedia of Research Design*, monograph, SAGE Publications Inc. DOI: <https://doi.org/10.4135/9781412961288>
33. Alabugin A.A., Oreshkina N.S. (2019) A conceptual representation of the structure of enterprise subsystems and an assessment of the degree of their relationship in the processes of transition. *Bulletin of Chelyabinsk State University*, 9 (431), 175–181. DOI: <https://doi.org/10.24411/1994-2796-2019-10919>
34. Peterson J.K. (2020) *Basic Analysis I: Functions of a Real Variable*, monograph, New York: Chapman and Hall/CRC. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781315166254>
35. Tereliansky P.V., Kostikova A.V. (2013) Development method of fuzzy dynamic models construction for life quality evaluation. *Audit and financial analysis*, 4, 449–460.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT AUTHOR

ВЕРЕТЁХИН Андрей Васильевич

E-mail: v_a_v_crimea@mail.ru

Andrey V. VERETYOKHIN

E-mail: v_a_v_crimea@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6287-4091>

Поступила: 29.01.2025; Одобрена: 20.02.2025; Принята: 20.02.2025.

Submitted: 29.01.2025; Approved: 20.02.2025; Accepted: 20.02.2025.

Экономико-математические методы и модели Economic & mathematical methods and models

Научная статья

УДК 330.4

DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18109>

EDN: <https://elibrary/VKOTSG>



АДАПТАЦИЯ K-MEANS КАК СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СЛАБОСТРУКТУРИРУЕМЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДИНАМИКИ

Л.К. Дунская , Е.В. Попова 

Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина,
г. Краснодар, Российская Федерация

 dunskai.l@edu.kubsau.ru

Аннотация. В условиях растущего объема данных и увеличения сложности экономических взаимодействий возникает необходимость в применении более совершенных методов анализа и междисциплинарных подходов к исследованию систем со смешанным поведением. Интеллектуальные методы анализа, применяемые при машинном или глубоком обучении, позволяют учитывать сложные паттерны и нелинейные зависимости в данных. Методы прикладной статистики предоставляют надежные подходы к проверке гипотез, оценки параметров моделей и интерпретации результатов. При рассмотрении разных систем со сложным поведением выявлено, что экономические процессы часто характеризуются нелинейностью, нестационарностью и наличием скрытых зависимостей. Кроме того, применение методов машинного обучения и глубокого анализа данных позволяет не только повысить точность прогнозов, но и выявить скрытые закономерности, которые могут быть упущены при использовании традиционных статистических подходов. Это особенно важно при исследовании финансовых рынков, где динамика изменений может быть крайне нестабильной и подверженной влиянию множества внешних факторов. Внедрение таких методов способствует повышению эффективности принятия решений в условиях неопределенности, что делает их незаменимыми инструментами для современных экономических исследований. Таким образом, исследования в данной области являются актуальным направлением, что подтверждается не только природой ряда, но и необходимостью поиска более совершенных методов анализа и прогнозирования. В статье приводится предварительный анализ, а также построение прогноза на базе линейного клеточного автомата. Методы прикладной статистики и интеллектуального анализа данных выступают инструментами в части анализа временного ряда, а также применяются в вопросе адаптации методов кластеризации как средства автоматизации прогнозной модели. Использование и встраивание в алгоритм линейного клеточного автомата известных методов кластеризации позволяют, как показано авторами, выявить закономерности и повысить качество прогноза. Объектом исследования является временной ряд финансового рынка, поскольку данные экономические ряды демонстрируют влияние множества сложновывявляемых (по степени воздействия) факторов, таких как внешние шоки, сезонные колебания и долгосрочные тренды. По результатам исследования выяснено, что использование алгоритмов интеллектуального анализа позволяет автоматизировать процесс перевода числовых показателей временного ряда в лингвистический аналог для получения прогнозного значения без потери качества.

Ключевые слова: прогноз, интеллектуальный анализ данных, методы прикладной статистики, линейный клеточный автомат

Для цитирования: Дунская Л.К., Попова Е.В. (2025) Адаптация k-means как средства автоматизации процесса прогнозирования слабоструктурируемых временных рядов экономической динамики. П-Economy, 18 (1), 160–177. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18109>

Research article

DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18109>

ADAPTATION OF K-MEANS TO AUTOMATED FORECASTING OF POORLY STRUCTURED TIME SERIES OF ECONOMIC DYNAMICS

L.K. Dunskaja  , E.V. Popova 

Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin,
Krasnodar, Russian Federation

✉ dunskaja.l@edu.kubsau.ru

Abstract. With the growing volume of data and increasing complexity of economic interactions, more advanced analysis methods and interdisciplinary approaches should be applied to study of systems with mixed behavior. Data mining methods used in machine learning or deep learning allow to take into account complex patterns and nonlinear dependencies in the data. Applied statistics methods provide reliable approaches to hypothesis testing, model parameter estimation and interpretation of results. It was established for different systems with complex behavior that economic processes are often characterized by nonlinearity, instability, and the presence of hidden dependencies. Furthermore, machine learning and deep data analysis methods allow not only to improve the forecasting accuracy but also to identify hidden patterns that may be overlooked by traditional statistical approaches. This is especially important in the study of financial markets, where the dynamics of change can be extremely unstable and influenced by many external factors. Such methods help to increase the effectiveness of decision-making in conditions of uncertainty, serving as indispensable tools for modern economic research. Thus, research in this area is urgent, as confirmed not only by the nature of the series, but also by the need to find more advanced methods of analysis and forecasting. The article provides preliminary analysis, additionally constructing a forecast based on a linear cellular automaton. Applied statistics and data mining tools were used for time series analysis as well as for adaptation of clustering methods as a means for automating the predictive model. We confirmed that use and integration of well-known clustering methods into the linear cellular automaton algorithm allows to identify patterns and improve the quality of the forecast. The object of the study is the time series of the financial market, since these economic series are influenced by a variety of factors that are hard to detect (in terms of their influence), such as external shocks, seasonal fluctuations and long-term trends. Our findings indicate that data mining algorithms make it possible to automate the process of translating numerical indicators of a time series into a linguistic equivalent to obtain predictive values without loss of quality.

Keywords: forecasting, data mining, methods of applied statistics, linear cellular automaton

Citation: Dunskaja L.K., Popova E.V. (2025) Adaptation of k-means to automated forecasting of poorly structured time series of economic dynamics. *П-Economy*, 18 (1), 160–177. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18109>

Введение

Актуальность

При появлении новых вычислительных мощностей, технологии интернета вещей и множества устройств, способных собирать данные в реальном времени, мир исследователей столкнулся с таким феноменом как большие данные (Big Data). Объемы информации растут в геометрической прогрессии, а массив информации, собираемый в рамках одной системы, становится все более разнообразным за счет фиксации наблюдений по новым показателям. Это говорит о том, что анализ систем становится более сложным и требует применения новых методов моделирования и прогнозирования.

Современные системы сами по себе демонстрируют сложное поведение, которое необходимо учитывать в исследованиях для получения более достоверных прогнозов. Так, например, для стохастических систем характерны элементы случайности, выражающиеся в непредсказуемом

поведении, для динамических систем – периодические или сезонные изменения по определенным законам, а для детерминированных систем возможно прогнозирование будущих состояний при определенно заданных начальных условиях¹.

В рамках данного исследования рассмотрен подход к анализу и прогнозированию системы, демонстрирующей сложное и многогранное поведение, связанное со специфической природой временного ряда и зависимостью от множества внутренних и внешних факторов воздействия [1, 2]. Работа включает предпрогнозный анализ ряда, а также комбинацию инструмента прогнозирования с методом кластеризации данных для выявления скрытых паттернов поведения.

Литературный обзор

В исследовании проводится прогнозирование по временному ряду – комплексу зафиксированных через равные промежутки времени состояний системы². Авторами предлагается провести работу над измерениями системы, показывающую стохастическую природу, реакцию на мало выявленные факторы, зависящие от исторических и социальных событий – экономический временной ряд финансового рынка [3].

Прикладные статистические исследования играют ключевую роль в анализе, прогнозировании и моделировании сложных систем. В контексте анализа складывающейся конъюнктуры и перспективных вариантов развития ученые выявляют закономерности, измеряют ключевые параметры и в дальнейшем строят прогнозы на основе изменения данных параметров с целью разработки сценариев оптимального управления системой в целом. Таким образом, минимальное исследование экономических рядов включает определение сезонной и трендовой компонент³. Данные компоненты являются основными, поскольку сезонность выявляет предсказуемые колебания, а тренд показывает долгосрочное направление изменения данных, что необходимо учитывать при построении прогноза [4].

Инструментом из области математического моделирования, связанным с теорией сложных систем, является линейный клеточный автомат. Несмотря на сложность прогнозирования описываемых систем, данный инструмент показывает возможность построения прогноза для систем любого вида при малой ошибке прогноза [5]. Подробное описание алгоритма прогнозирования линейным клеточным автоматом представлено в работе [6].

Несмотря на то, что линейный клеточный автомат применим в построении прогнозов разных систем, при его построении есть шаги, которые сложны в автоматизации программными средствами. Такие шаги требуют ручного ввода параметров от эксперта, который строит прогноз. В рамках данной работы таким шагом является перевод числовых показателей в лингвистический временной ряд.

Перевод происходит следующим образом:

1) определение множества термов, которые характеризуют каждое значение временного ряда. Оптимальным множеством считается $\bar{U} = \{H, C, B\}$, где H – низкий, C – средний и B – высокий, определяющие низкие, средние и высокие значения соответственно;

2) перевод значения в лингвистические термы согласно множеству \bar{U} . Вручную данный этап происходит через шаги, которые задает исследователь, например:

а) выбор максимальных и минимальных значений ряда, определенных на всем протяжении графика, т.е. в процессе визуального анализа эксперт определяет такие точки на основе поведения временного ряда во времени;

б) построение линий по выбранным точкам, которые называются НОЛ и ВОЛ – нижняя и верхняя огибающие линии (соответственно). Данные линии на графике выглядят как коридор и, в свою очередь, делятся на три дорожки, в которые попадают значения ряда и определяются

¹ Чернышов В.Н., Чернышов А.В. (2008) *Теория систем и системный анализ: учебное пособие*, Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та.

² Афанасьев В.Н., Юзбашев М.М. (2001) *Анализ временных рядов и прогнозирование: учебник*, М.: Финансы и статистика.

³ Музыка О.А. (2011) Бифуркации в природе и обществе: естественнонаучный и социосинергетический аспект. *Современные наукоемкие технологии*, 1, 87–91.



в соответствии с термами (средние, низкие и высокие значения). Таким образом, значения, расположенные ниже коридора или попадающие в зону нижних значений, определяются термом H ; значения, находящиеся в центральной зоне коридора, соответствуют средним значениям и маркируются термом C ; остальным значениям, входящим в верхнюю зону коридора или находящимся выше него, присваивается значение B .

Описанный выбор точек для построения коридора значений не является исключительно верным для каждого ряда. Исследования показали, что необходимо применять разные подходы для построения ВОЛ и НОЛ [7].

Авторами предлагается рассмотреть методы интеллектуального анализа данных в части распределения значений по подмножествам термов [8–11]. Обоснованием выбора инструментов данной области является следующее: если в массиве данных присутствует информация о скрытых влияниях на систему, то они могут быть выявлены в рамках кластеризации, поскольку данный подход используется в рамках анализа больших данных именно с этой целью [12–14].

Исходя из актуальности и литературного обзора, целью исследования является разработка комбинированного подхода к прогнозированию временных рядов, основанного на интеграции линейного клеточного автомата с методом кластеризации k -means (метод k -средних) для повышения точности и интерпретируемости предсказаний в сложных системах [15–19].

В рамках работы поставлены следующие задачи:

- 1) исследование динамических свойств системы путем определения сезонности и тренда методами автокорреляции и скользящим средним;
- 2) подготовка ряда к процессу кластеризации методом k -means;
- 3) проведение кластеризации через определение евклидова расстояния между векторами признаков;
- 4) перевод показателей в лингвистический ряд на основе результатов кластеризации;
- 5) построение прогноза с использованием линейного клеточного автомата с применением кластеризации и через ручной ввод точек границ коридора значений.

Объектом исследования является финансовый временной ряд СПБ Биржи по ценам закрытия месяца акций компании Cisco.

Предметом исследования выступают статистические методы, модель построения прогноза систем смешанного поведения и метод интеллектуального анализа данных – кластеризация.

Методы и материалы

Первый этап исследования посвящен анализу выявления такого свойства, как тренд-сезонность временного ряда, с использованием методологии расчета скользящих средних и автокорреляции.

Автокорреляция (ACF) – мера зависимости между значениями временного ряда на разных временных интервалах, называемых шагами или лагами (k) [17, 18]. Уравнение автокорреляции представлено в формуле (1).

Исходя из определения, автокорреляция позволяет вычислить то, на сколько текущие значения временного ряда зависят от предыдущих. Таким образом, можно выявить скрытые зависимости, которые влияют на наличие тренда и сезонности в определенные периоды исследуемой системы. Интерпретация результатов происходит при сравнении полученного динамического показателя по его нахождению относительно 0. Высокая автокорреляция на больших лагах показывает наличие растущего тренда. С точки зрения сезонности чем выше автокорреляция, тем большую зависимость имеет ряд в конкретный исследуемый шаг.

$$ACF(k) = \frac{\sum_{t=k+1}^T (x_t - \bar{x})(x_{t-k} - \bar{x})}{\sum_{t=1}^T (x_t - \bar{x})^2}, \quad (1)$$

где x_t – значение временного ряда в момент времени t , \bar{x} – среднее значение временного ряда, k – лаг (разница во времени между наблюдениями), T – общее количество наблюдений в ряду.

Скользящая средняя – метод сглаживания временного ряда, при котором выявляются долгосрочные тенденции и сезонные колебания [20–23]. В рамках исследования рассмотрены два типа скользящих, представленных в уравнениях (2) и (3) соответственно:

– простая скользящая средняя (*SMA*) – вычисляется среднее значение временного ряда за определенный период (t);

– взвешенная скользящая средняя (*WMA*) – вычисляется как сумма взвешенных значений временного ряда, где каждому значению присваивается вес (ω) в зависимости от его значимости. Эти веса могут быть различны в рамках одного периода времени (t). Затем эта сумма делится на сумму весов для нормализации значений:

$$SMA_t = \frac{1}{n} \sum_{i=t-n+1}^t x_i, \quad (2)$$

$$WMA_t = \frac{\sum_{i=t-n+1}^t \omega_i x_i}{\sum_{i=t-n+1}^t \omega_i}, \quad (3)$$

где x_i – значение временного ряда в момент времени i , n – размер так называемого окна – определенное и фиксированное количество точек, ω – вес, присвоенный соответствующему значению.

Вторым этапом исследования является подготовка временного ряда к процессу кластеризации. Поскольку методы кластеризации при работе с временными рядами сами по себе не могут выявлять зависимость таких периодов, как кварталы, года и т.д., и соотносить их с поведением ряда, необходимо добавить критерии по их идентификации [23].

Также необходимо учитывать, что экономические временные ряды часто характеризуются высокой волатильностью и наличием случайных процессов, а ряды по состоянию финансовых рынков часто показывают нелинейные и нестационарные характеристики. Таким образом, в качестве дополнительного определения характера значений ряда с целью распределения их на кластеры по сезонным и трендовым компонентам необходимо внедрить несколько дополнительных показателей.

Учитывая сложность интерпретации финансовых рядов, авторы предлагают добавить дополнительную шкалу оценки каждого значения по поведенческой принадлежности показателей ряда в зависимости от сезона и сезонного тренда. Принятая оценка по шкале поведение-сезон выражена числовым значением для каждой строки в закрытом полуинтервале $[0, K]$, где K – количество показателей шкалы.

При комплексном использовании результатов первого этапа и полученных выводов о показателе автокорреляции идентификатор части «сезон» основывается на результатах первого шага исследования, а критерий «поведение» выявляется благодаря визуальному анализу по графику временного ряда и определению отрезков роста и спада значений.

В рамках гармонического анализа разложение ряда на синусоидальные и косинусоидальные компоненты призвано учесть регулярные колебания, например годовые или квартальные сезонные эффекты, экономические циклы и т.п. [21, 22]:

$$x_{\sin e} = \sin\left(\frac{2\pi x}{N}\right), \quad (4)$$

$$x_{\cos e} = \cos\left(\frac{2\pi x}{N}\right), \quad (5)$$

где $x_{\sin e}$ – синусоидальное представление значения ряда, $x_{\cos e}$ – косинусоидальное представление значения ряда, x – значение ряда, N – количество значений во временном ряду.

По итогу второго этапа исследования временной ряд в виде [«Дата», «Показатель»] преобразуется в массив данных с содержанием [«Дата», «Показатель», «Поведение-сезон», «Синус-компонента», «Косинус-компонента»].

В дальнейших расчетах используется матрица размерности 62×4 , где каждая строка представляет собой вектор, описывающий показатель и три его характеристики:

$$A = \{a_i = (x_{i,1}, x_{i,2}, x_{i,3}, x_{i,4}) \mid i = 1, \dots, 62\}, \quad (6)$$

где a_i – i -й вектор строки, $x_{i,1}$ – показатель, $x_{i,2}, x_{i,3}, x_{i,4}$ – характеристики показателя (поведение-сезон, синус- и косинус-компоненты).

Третий этап исследования посвящен кластеризации данных. Интеллектуальный анализ данных предоставляет различные модели для проведения этого этапа. Модели кластеризации имеют принципиальные различия не только в том, для данных какой области они применяются, а также в том, какой алгоритм или подход заложен в процесс разбиения данных по кластерам. В рамках исследования принято решение рассматривать методы, основанные на плотности распределения, связанности данных и методы, алгоритмы которых связаны с определением расстояний.

В качестве метода на основе плотности распределения, применяемого к финансовым рядам, рассматривался DBSCAN. В результате кластеризации эксперту предоставляется результат в виде двух типов объектов: кластеры, характеризующиеся высокой плотностью значений по заданным параметрам; шум – области, которые демонстрируют низкую плотность распределения, когда конкретные точки не принадлежат ни одному кластеру. Для настройки модели необходимо предварительно вывести такие обязательные параметры, как радиус окрестности поиска соседних точек и минимальное количество точек в окрестности выявленного радиуса. Можно говорить о том, что основной целью кластеризации можно считать выявление кластеров произвольной формы и эффективной фильтрации шума [24, 25]. Данное направление не связано с задачами текущего исследования, но может использоваться в работе по уменьшению ошибки прогнозного значения в рамках дальнейших исследований.

С точки зрения исследования связанности данных рассматривался метод Agglomerative Clustering. В результате работы алгоритма эксперту предоставляется дендрограмма – вид диаграммы, демонстрирующий древовидное распределение данных по кластерам, где по горизонтальной оси располагаются точки данных, а по вертикальной приводится мера расстояний между кластерами. Визуальный анализ дендрограммы дает возможность показать, какое число кластеров позволит оптимально разбить данные и сформировать группы по наибольшему уровню схожести, обобщенно – выявить иерархическую зависимость между объектами [26, 27]. Данное исследование также не преследует цели этой работы, смещая фокус внимания на поиск оптимального числа кластеров, характеризующих схожесть объекта, и глубокое исследование взаимосвязей данных в принципе. Исследование в части оптимального числа кластеров для уменьшения ошибки прогноза тоже может быть проведено в рамках последующих работ.

Рассматривая приведенные методы кластеризации, авторы выделили определенные критерии для поиска:

- Доступность интерпретации математических уравнений кластерного анализа для поддержания прозрачности вычислительного процесса. Этот критерий говорит о том, что упор делается не в сторону поиска подходящих кластеров, а в сторону прозрачности научного исследования в части возможности практического применения кластеризации в части малых временных срезов данных;

– Исходя из доступности интерпретации, необходимым моментом будет считаться факт уменьшения вероятности появления ошибок в результате расчета без использования программных продуктов. Например, при проведении иерархической кластеризации необходимо проводить процесс последовательного вычисления метрик расстояний между всеми парами объектов в пространстве признаков, а также интеграции этих расстояний для формирования новой иерархической структуры классов на каждой возможной итерации. Вручную такие итерации занимают много времени, а кроме того, приводят к появлению других субъективных факторов, что влечет потерю качества исследования.

– Модель должна поддерживать анализ объектов по временным рядам небольшой протяженности. Исходя из концепции того, что временные ряды отражают информацию как о действии системы, так и о ее реакции на влияние окружающего мира, исключение шумов и аномалий не рассматривается.

Таким образом, в рамках данного исследования выбран метод k-means. Данный метод характеризуется простотой и прозрачностью расчетов, способностью быстро и эффективно работать с компактными кластерами. Модель не требует тонкой настройки параметров, принимая на вход только число и характеристики центроидов. Исследуемый ряд показывает наличие сезонности и выраженного тренда, что метод кластеризации может адекватно обработать.

Принимая во внимание специфику построения прогноза линейным клеточным автоматом с использованием распределения значений по трем лингвистическим термам, соответствующим высоким, средним и низким значениям, авторы приняли решение кластеризовать данные вокруг трех центроидов (распределить по трем кластерам).

Процесс кластеризации состоит из итерационного повторения следующих шагов [28–30]:

- 1) инициализация (определение) центроидов кластеров – средних значений всех точек в соответствующем кластере (C_1, C_2, C_3);
- 2) распределение точек по кластерам:
 - а) расчет евклидова расстояния ($d_{C_m,j}$) между показателем ($x_{j,1}$) и его характеристиками ($x_{i,2}, x_{i,3}, x_{i,4}$) по j -й строке и соответствующим средним значением каждого кластера ($c_{m,j}$):

$$d_{C_m,j} = \sqrt{(x_{i,1} - c_{m,1})^2 + (x_{i,2} - c_{m,2})^2 + (x_{i,3} - c_{m,3})^2 + (x_{i,4} - c_{m,4})^2}; \quad (7)$$

- б) Присвоение точки тому кластеру, центр которого находится ближе всего к ней. Для этого при сравнении расстояний бралось минимальное значение из трех;

- 3) пересчет центроидов кластеров – рассчитывается среднее значение всех точек, входящих в кластер.

Выходом из цикла служит проверка дельт показателей центроидов в виде $|C_i^{t+1} - C_i^t|$ на минимальное отклонение. В данной формуле t – обозначение центра кластера предыдущей итерации, $t + 1$ – обозначение центра кластера в рассчитываемой (новой) итерации. За минимально значимое изменение (*tol*) принят порог, обозначающий изменение, равный не менее 0,01%. Такими порогами стали значения пересчитанных центров кластера после первой итерации, определенные на уровне 1×10^{-4} . С учетом того, что в расчетах присутствуют компоненты синуса и косинуса, авторами произведено сравнение с использованием знака нечеткого равенства, т.е. по формуле $|C_i^{t+1} - C_i^t| \leq tol$.

В части перехода к построению прогноза линейным клеточным автоматом принято решение построить две модели: на основе ручного перевода лингвистических переменных и с автоматизацией данного шага через применение кластеризации. Первый вариант, удовлетворяющий критерию достоверности (малой ошибке прогноза), использован в качестве эталона при сравнении результатов.



Оценка построенного прогноза определяется путем вывода отношения неугаданных значений к общему количеству точек ряда в процентном соотношении [31, 32].

Адаптация методов кластеризации считается успешной при условии получения ошибки прогноза менее показателя ошибки эталонной модели или не более 25%.

Объектом исследования выступает финансовый ряд ежемесячных значений закрытия цены⁴ по акциям Cisco СПб Биржи за период с апреля 2013 г. по май 2018 г.

Результаты и обсуждения

На первом этапе исследования необходимо определить параметры лага для расчета автокорреляции. Поскольку временной ряд состоит из фиксации значений по месяцам, предлагается рассматривать шаги, равные 2, 3, 6 и 12 месяцам. Графики простой скользящей средней с шагами 2, 3, 6 и 12 приведены на рис. 1.

При построении скользящего среднего по предложенным лагам выявлено, что шаг в 2 месяца показывает достаточно выраженное колебание, что говорит о недостаточном сглаживании значения, в то время как при шагах в 6 и 12, напротив, видно избыточное усреднение значений. Таким образом, в промежутке между лагами 3 и 6 происходит потеря влияния прошлых значений на будущее. В рамках данного предположения принято выявить дополнительный коэффициент автокорреляции для шага в 4 месяца. В табл. 1 приведены рассчитанные коэффициенты для исследуемого ряда.

Таблица 1. Коэффициенты автокорреляции для финансового ряда ежемесячных показателей закрытия цен на акции компании Cisco

Table 1. Autocorrelation coefficients for financial series of monthly stock closing prices for Cisco

№	Лаг (число месяцев)	Показатель
1	2	0,538
2	3	0,409
3	4	0,197
4	6	0,063
5	12	-0,297

По результатам определения коэффициентов видно, что лаги 2, 6 и 12 недостаточно выявляют динамические особенности ряда.

Рассчитанные дельты для лагов под номерами 1–2, 2–3 и 3–4 дают значения в 0,129, 0,212 и 0,134 соответственно. Самый большой показатель разности между значениями зафиксирован для лага, равного шагу в 3 месяца (0,212), что говорит о выраженной сезонности по кварталам. Этот вывод является результатом первого этапа работы.

На втором этапе исследования выведем шкалу, по которой будет возможен процесс присвоения каждому значению ряда характеристики в рамках поведение-сезон, а также модифицируем временной ряд в матрицу показателей и векторов его характеристик.

В данном исследовании в качестве поведения экономического ряда приняты обозначения: спад – для определения тенденции к падению цены, рост – для определения роста этого показателя. Для фиксации периодов конкретного поведения построен график по усредненным значениям скользящей средней для лага 6, вертикальными линиями обозначены точки изменения поведения. Полученное изображение для анализа приведено на рис. 2.

⁴ Источник данных: www.finam.ru.



Рис. 1. Показатели автокорреляции по финансовому ряду цен акций Cisco с лагом:

A – 2 месяца, B – 3 месяца, C – 6 месяцев, D – 12 месяцев

Fig. 1. Autocorrelation indicators for financial series of Cisco stock prices with lags:

2 months (A), 3 months (B), 6 months (C), 12 months (D)

В результате визуального анализа представлено следующее поведение системы: до 01.03.2014 – спад, до 01.07.2015 – рост, до 01.04.2016 – спад, до 01.04.2017 – рост, до 01.01.2018 – спад, остальные значения – рост.

Учитывая результаты предыдущего шага о влиянии сезонности на ряд, в части определения «сезона» в показателе поведение-сезон принято использовать множество вида {весна, лето, осень, зима}.

После построения лингвистических определений в формате поведение-сезон каждой строке присвоен числовой показатель в диапазоне положительных значений целых чисел. Результат построения шкалы характеристики показателей приведен в табл. 2.

Таблица 2. Характеристики значений ряда с учетом поведения и сезонной составляющей в виде лингвистического и числового показателей

Table 2. Characteristics of series values accounting for behavioral and seasonal components as linguistic and numerical indicators

Определение вида поведение-сезон	Числовое представление
рост весна	0
спад весна	1
рост осень	2
спад осень	3
рост зима	4
спад зима	5
рост лето	6
спад лето	7

В качестве дополнительной идентификации динамических характеристик произведено преобразование дискретного значения по столбцу показателей закрытия цены месяца путем добавления синусоидальных и косинусоидальных компонент, рассчитанных по формулам (4) и (5).

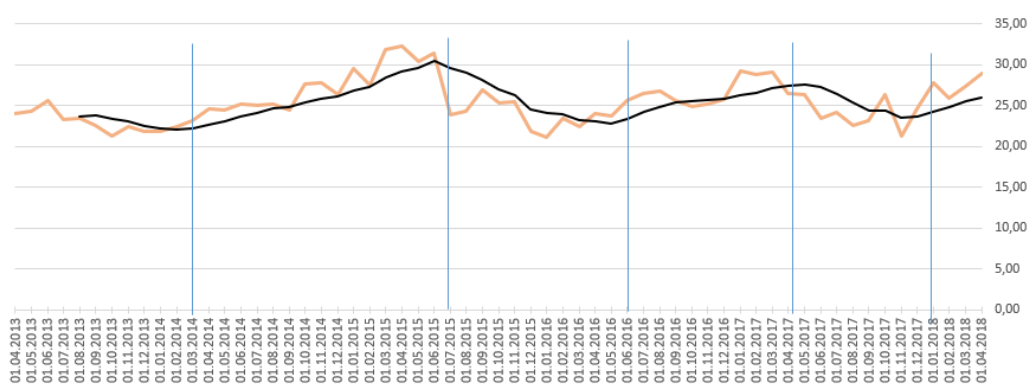


Рис. 2. Определение периодов роста и спада временного ряда цен закрытия на акции по скользящей средней с лагом 6
 Fig. 2. Identification of growth and decline periods in time series for stock closing price based on 6-month lag moving average

Итоговая таблица значений с результатами преобразования ряда динамического показателя в числовое представление поведение-сезон и расчета компонент синуса и косинуса представлены в столбцах 2–5 в табл. 4.

В рамках кластеризации расчет по столбцам дат проводиться не будет.

Переходим к построению прогноза по «классическому» переводу временного ряда в соответствующие термы через определение коридора значений. Для наглядности столбцы раскрашены в соответствии с принадлежностью к множеству низких (красные), средних (желтые) и высоких (зеленые) значений. Результат раскраски ряда представлен на рис. 3.

При переходе к этапу кластеризации предполагается использование усредненных значений центроидов, которые должны отображать логическое соответствие термам $\bar{U} = \{H, C, B\}$.

В рамках определения начальных центров взяты показатели по возрастанию, исходя из множества всех значений по каждому столбцу, таким образом, чтобы кластеры C1, C2 и C3 описывали низкие, средние и высокие значения соответственно.

По итогам проведения циклических расчетов методом k-means выявлено отсутствие минимально значимых изменений на 6-й итерации.

Начальные и нормализованные (после обновления) центры кластеров приведены в табл. 3.

Таблица 3. Начальные и нормализованные значения центроидов кластеров C1, C2, C3
Table 3. Initial and normalized values of centroids for clusters C1, C2, C3

	Центроид	Закрытие цены	Число	Синус	Косинус
Начальные значения центроидов	C1	20	2	0	0
	C2	23	3	0,7	0,7
	C3	29	6	1	1
Окончательная 6-итерация пересчета центроидов	C1	23,68	1,70	0,62	0,13
	C2	24,14	5,71	-0,69	-0,15
	C3	28,67	2,17	0,12	0,13

Итоговое распределение точек по соответствующим кластерам приведено в табл. 4, столбец «Принадлежность к кластеру». Для дальнейшего построения прогноза произведен перевод показателей временного ряда в лингвистический аналог в зависимости от принадлежности к кластеру, где C1 соответствует терму H, C2 – терму C, C3 – терму B. Результат присвоения соответствующего терма приведен в табл. 4, столбец «Терм».

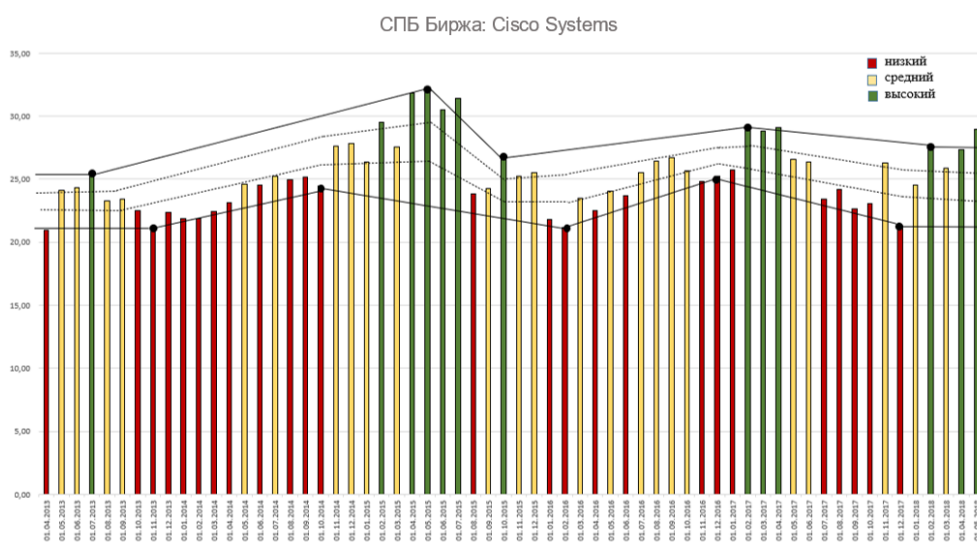


Рис. 3. Гистограмма перевода ряда в лингвистический аналог через использование коридора значений.

Принадлежность точек к соответствующему множеству определено цветом

Fig. 3. Histogram for translation of the series to linguistic equivalent using a value corridor.

Colors of the points correspond to the sets that the points belong to

На рис. 4 представлена гистограмма, на которой разными принтами обозначена принадлежность показателя к определенному кластеру, где темным цветом закрашены низкие значения, белым – высокие, значения с принтом – средние.

Построение прогноза линейным клеточным автоматом через «классическое определение» лингвистического временного ряда дало следующие результаты: ошибка прогноза равна 19%; прогноз говорит о том, что показатель ожидается высоким (соответствует терму В) и будет приближен к значению 26,52.

Результат построения прогноза через внедрение методов кластеризации: ошибка 15%; построенный прогноз говорит о принадлежности к средним значениям с приближением к показателю в 25,23.

Заключение

Отдельно отметим, что получение результата со значительным улучшением уровня ошибки в вероятностной оценке на предложенной авторами малой выборке подтверждает гипотезу о необходимости дальнейшего исследования возможностей кластеризации при обучении линейного клеточного автомата в направлении увеличения числа кластеров, не ограничиваясь тремя кластерами.

Таким образом, анализ полученных результатов выявил, что предложенные к встраиванию в модель линейного клеточного автомата методы кластеризации не только позволяют автоматизировать этап, который ранее требовал участия эксперта или лица, принимающего решение, но и существенно улучшить значение ошибки прогноза. Таким образом подтверждается:

- целесообразность и возможность встраивания методов кластеризации в методы прогнозирования нелинейных систем;
- возможность автоматизации этапа «обучения» линейного клеточного автомата без участия эксперта;
- универсальность применения инструмента линейного клеточного автомата к прогнозированию сложных систем.

Таблица 4. Итог преобразования временного ряда в массив данных, содержащих показатели и векторы параметров, отражающие сезонные и поведенческие компоненты
Table 4. Time series transformed into data array containing indicators and parameter vectors reflecting seasonal and behavioral components

Дата	Показатель (цена закрытия)	Числовой параметр поведение-сезон	Синус-компонента	Косинус-компонента	Принадлежность к кластеру	Терм
1	2	3	4	5	6	7
01.04.2013	20,93	1	0,852	-0,523	C1	H
01.05.2013	24,09	1	0,644	-0,765	C1	H
01.06.2013	24,30	7	0,628	-0,778	C2	C
01.07.2013	25,56	7	0,524	-0,852	C2	C
01.08.2013	23,31	7	0,703	-0,711	C2	C
01.09.2013	23,43	3	0,694	-0,720	C1	H
01.10.2013	22,51	3	0,758	-0,652	C1	H
01.11.2013	21,25	3	0,835	-0,550	C1	H
01.12.2013	22,40	5	0,765	-0,644	C2	C
01.01.2014	21,89	5	0,798	-0,603	C2	C
01.02.2014	21,84	5	0,801	-0,599	C2	C
01.03.2014	22,41	1	0,765	-0,644	C1	H
01.04.2014	23,11	0	0,717	-0,697	C1	H
01.05.2014	24,62	0	0,602	-0,798	C1	H
01.06.2014	24,52	6	0,611	-0,792	C2	C
01.07.2014	25,24	6	0,551	-0,834	C2	C
01.08.2014	24,98	6	0,573	-0,820	C2	C
01.09.2014	25,18	2	0,556	-0,831	C1	H
01.10.2014	24,45	2	0,616	-0,788	C1	H
01.11.2014	27,65	2	0,333	-0,943	C3	B
01.12.2014	27,81	4	0,318	-0,948	C3	B
01.01.2015	26,37	4	0,452	-0,892	C2	C
01.02.2015	29,51	4	0,150	-0,989	C3	B
01.03.2015	27,52	0	0,345	-0,938	C3	B
01.04.2015	31,83	0	-0,084	-0,996	C3	B
01.05.2015	32,32	0	-0,133	-0,991	C3	B
01.06.2015	30,47	6	0,054	-0,999	C3	B
01.07.2015	31,43	6	-0,044	-0,999	C3	B
01.08.2015	23,87	7	0,661	-0,750	C2	C
01.09.2015	24,24	3	0,633	-0,774	C1	H
01.10.2015	26,87	3	0,406	-0,914	C3	B
01.11.2015	25,27	3	0,549	-0,836	C1	H
01.12.2015	25,53	5	0,526	-0,850	C2	C
01.01.2016	21,78	5	0,804	-0,594	C2	C
01.02.2016	21,18	5	0,839	-0,544	C2	C
01.03.2016	23,48	1	0,690	-0,723	C1	H

Окончание таблицы 4

Дата	Показатель (цена закрытия)	Числовой параметр поведение-сезон	Синус- компонента	Косинус- компонента	Принадлежность к кластеру	Терм
1	2	3	4	5	6	7
01.04.2016	22,48	1	0,760	-0,650	C1	H
01.05.2016	24,04	0	0,648	-0,761	C1	H
01.06.2016	23,69	6	0,675	-0,738	C2	C
01.07.2016	25,55	6	0,525	-0,851	C2	C
01.08.2016	26,44	6	0,446	-0,895	C2	C
01.09.2016	26,72	2	0,420	-0,907	C3	B
01.10.2016	25,68	2	0,513	-0,858	C1	H
01.11.2016	24,85	2	0,584	-0,812	C1	H
01.12.2016	25,22	4	0,553	-0,833	C2	C
01.01.2017	25,72	4	0,510	-0,860	C2	C
01.02.2017	29,18	4	0,183	-0,983	C3	B
01.03.2017	28,79	0	0,222	-0,975	C3	B
01.04.2017	29,07	0	0,194	-0,981	C3	B
01.05.2017	26,56	1	0,435	-0,900	C3	B
01.06.2017	26,33	7	0,456	-0,890	C2	C
01.07.2017	23,45	7	0,693	-0,721	C2	C
01.08.2017	24,21	7	0,635	-0,772	C2	C
01.09.2017	22,63	3	0,750	-0,661	C1	H
01.10.2017	23,10	3	0,718	-0,696	C1	H
01.11.2017	26,31	3	0,458	-0,889	C3	B
01.12.2017	21,29	5	0,833	-0,554	C2	C
01.01.2018	24,57	5	0,606	-0,795	C2	C
01.02.2018	27,79	4	0,320	-0,948	C3	B
01.03.2018	25,85	0	0,499	-0,867	C1	H
01.04.2018	27,35	0	0,362	-0,932	C3	B
01.05.2018	28,93	0	0,208	-0,978	C3	B

Направление дальнейших исследований

Учитывая факт того, что при внедрении методов кластеризации в процесс «обучения» линейного клеточного автомата значение рассчитанной ошибки прогноза имеет тенденцию к уменьшению, нельзя не отметить следующее наблюдение: значительное смещение неугаданных значений в конец временного ряда.

Приведем пример сравнения лингвистических рядов, полученных: по результатам кластеризации; по результатам построения линейного клеточного автомата (рис. 5).

Такое поведение подтверждает вывод, что прогнозная модель имеет тенденцию к переобучению на ранних исторических данных временного ряда, что, в свою очередь, приводит к появлению большого числа неугаданных значений при прогнозировании более поздних по временной шкале показателей и влияет на ошибку достоверности прогноза.

В качестве дальнейшего исследования предлагается поставить цель в увеличении точности предсказания ряда (в случае наиболее близких показателей к прогнозным значениям) через следующие задачи и направления:

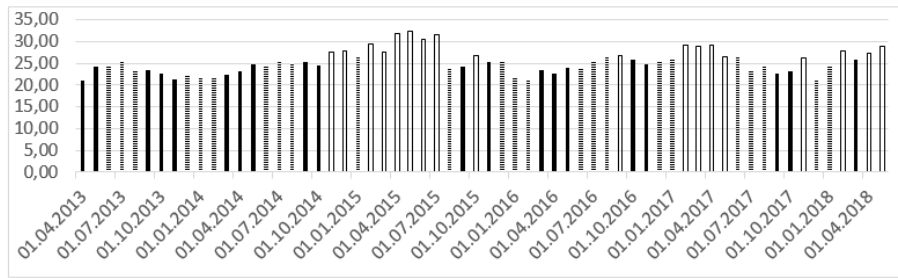


Рис. 4. Гистограмма с раскраской значений по результатам кластеризации
Fig. 4. Histogram with color-coded values based on clustering results

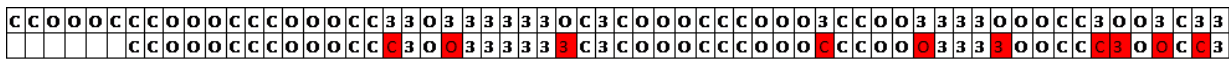


Рис. 5. Сравнение лингвистических рядов перевода ряда цен закрытия акций через кластеризацию (верхний)
и по результатам линейного клеточного автомата (нижний)

Fig. 5. Comparison of linguistic series for translation of stock closing price series obtained by clustering (top)
and linear cellular automaton (bottom)

- рассмотрение возможности использования методологии присвоения весов значимости значениям, расположенным ближе к концу временного ряда при анализе, кластеризации или построении прогноза;
- определение оптимального числа кластеров с наименьшей ошибкой прогноза;
- исследование аномалий и компонент временного ряда, фиксация которых переобучает модель.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Nicolis G. (1995) *Introduction to Nonlinear Science*, Cambridge, UK: Cambridge University Press.
2. Jagadev A.K., Routra N.K., Sarangi P.P., Patra S.K., Paikaray B.K. (in press) (2024) Fuzzy inventory modelling: addressing uncertainty in economic order quantity analysis within nonlinear science. *International Journal of Applied Nonlinear Science*. DOI: <https://doi.org/10.1504/ijans.2024.10066705>
3. Кумратова А.М., Попова Е.В., Савинская Д.Н., Курносоева Н.С. (2015) Комплексная методика анализа экономических временных рядов методами нелинейной динамики. *Современная экономика: проблемы и решения*, 8 (68), 35–43. DOI: <https://doi.org/10.17308/meps.2015.8/1292>
4. Савинская Д.Н., Великанова Л.О., Дунская Л.К., Попова М.И. (2020) Предпрогнозный анализ временного ряда с выявлением тренд-сезонных компонент методом Четверикова с использованием средств MS Excel. *Современная экономика: проблемы и решения*, 10 (130), 18–25. DOI: <https://doi.org/10.17308/meps.2020.10/2445>
5. Кумратова А.М., Попова Е.В., Костенко И.В., Дунская Л.К. (2019) Адаптация линейного клеточного автомата для решения задач прогнозирования на базе природно-экономических временных рядов. *Современная экономика: проблемы и решения*, 9 (117), 8–17. DOI: <https://doi.org/10.17308/meps.2019.9/2196>
6. Кумратова А.М., Попова Е.В., Биджиев А.З. (2014) *Экономико-математическое моделирование риска в задачах управления ресурсами здравоохранения*, Краснодар: КубГАУ.
7. Дунская Л.К., Любченко А.А. (2019) Особенности проведения валидации модели при построении прогноза с использованием клеточно-автоматной теории. *Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сборник статей по материалам XII Всероссийской конференции молодых ученых*, 87–88.

8. Яковлев С.С. (2023) Сравнительный анализ интеллектуальных методов анализа данных. *Информационные технологии, энергетика и экономика: труды XX Международной научно-технической конференции студентов и аспирантов*, 2, 98–103.
9. Зеленков Ю.А., Анисичкина Е.А. (2021) Динамика исследований в области интеллектуального анализа данных: тематический анализ публикаций за 20 лет. *Бизнес-информатика*, 151 (1), 30–46. DOI: <https://doi.org/10.17323/2587-814X.2021.1.30.46>
10. Будникова И.К., Плетенева Е.В. (2022) Кластерный анализ как функция интеллектуального анализа данных. *Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах*, 1 (27), 25–28.
11. Чернышева Ю.Г., Хирная А.В., Головкин А.А. (2023) Интеллектуальный анализ данных (Data Mining) и его применение в бизнес-анализе. *Бухгалтерский учет, анализ, аудит и статистика: информационные инструменты достижения целей устойчивого развития экономики: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Учетно-экономического факультета*, 212–217.
12. Корсакова С.К., Русина Н.В., Бондарик В.М. (2024) Прогнозирование временного ряда в Python с помощью метода Хольта-Уинтерса. *BIG DATA и анализ высокого уровня: сборник научных статей X Международной научно-практической конференции*, 438–443.
13. Tay F.E.H., Shen L. (2002) Economic and financial prediction using rough sets model. *European Journal of Operational Research*, 141 (3), 641–659. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(01\)00259-4](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(01)00259-4)
14. Cao L., Yang Q., Yu Ph.S (2021) Data science and AI in FinTech: an overview. *International Journal of Data Science and Analytics*, 12 (2), 81–99. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41060-021-00278-w>
15. Midoun M., Belbachir H. (2022) A new process for mining spatial databases: combining spatial data mining and visual data mining. *International Journal of Business Information Systems*, 39 (1), 17–51. DOI: <https://doi.org/10.1504/IJBIS.2022.120366>
16. García-Saiz D., Zorrilla M., Bosque J.L. (2017) A clustering-based knowledge discovery process for data centre infrastructure management. *The Journal of Supercomputing*, 73 (1), 215–226. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11227-016-1693-z>
17. Ienco D., Bordogna G. (2018) Fuzzy extensions of the DBScan clustering algorithm. *Soft Computing – A Fusion of Foundations, Methodologies and Applications*, 22 (5), 1719–1730. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00500-016-2435-0>
18. Sass J., Thös A.K. (2024) Risk reduction and portfolio optimization using clustering methods. *Econometrics and Statistics*, 32, 1–16. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecosta.2021.11.010>
19. Дунская Л.К., Попова Е.В. (2024) Интеллектуальный анализ данных: кластеризация временных рядов как способ выявления скрытых паттернов поведения. *Цифровизация экономики: направления, методы, инструменты: сборник материалов VI Всероссийской научно-практической конференции*, 112–113.
20. Тотмянин Н.Р., Бондарчук Д.О. (2025) Сравнительный анализ методов анализа данных: корреляция, регрессия, временные ряды. *Славянский форум*, 1 (47), 33–38.
21. Трубицына О.А. (2024) Использование адаптивных методов прогнозирования в эконометрических исследованиях. *Планирование, проведение и толкование итогов научных исследований: сборник статей Международной научно-практической конференции*, 93–96.
22. Клячкин В.Н. (2024) Многомерный статистический контроль процессов. *Стандарты и качество*, 13, 70–81.
23. Петров А.Н. (2024) Прогнозирование на временных рядах с привлечением машинного обучения. *Научно-технический вестник Поволжья*, 1, 136–139.
24. Hossain Md.Z., Islam Md.Ja., Miah Md.W.R., Rony Ja.H., Begum M. (2021) Develop a dynamic dbscan algorithm for solving initial parameter selection problem of the DBSCAN algorithm. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 23 (3), 1602–1610. DOI: <http://doi.org/10.11591/ijeecs.v23.i3.pp1602-1610>
25. Gholizadeh N., Saadatfar H., Hanafi N. (2021) K-DBSCAN: an improved DBSCAN algorithm for BIG DATA. *The Journal of Supercomputing*, 77, 6214–6235. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11227-020-03524-3>
26. Ramos Emmendorfer L., de Paula Canuto A.M. (2021) A generalized average linkage criterion for hierarchical agglomerative clustering. *Applied Soft Computing*, 100, art. no. 106990. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2020.106990>



27. Ackermann M.R., Blömer J., Kuntze D., Sohler Ch. (2014) Analysis of Agglomerative Clustering. *Algorithmica*, 69 (1), 184–215. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00453-012-9717-4>
28. Seniwati E., Sidauruk A., Haryoko H., Lukman A. (2023) Clustering Performance Between K-Means and Bisecting K-Means for Students Interest in Senior High School. *Building of Informatics, Technology and Science*, 5 (1), 308–316. DOI: <https://doi.org/10.47065/bits.v5i1.3624>
29. Дядюнов Д.А. (2025) Машинное обучение для риск-менеджмента в банке: возможности и вызовы. *Вестник науки*, 1 (1 (82)), 265–273.
30. Джаррар Ф.Ш. (2024) К вопросу об использовании методов обнаружения аномалий при анализе Bigdata. *Цифровая трансформация социальных и экономических систем: материалы международной научно-практической конференции*, 800–805.
31. Купряшин Е.В., Врабие И.В., Сыресин Д.Е. (2021) Подход к оценке достоверности прогноза дебитов в задачах виртуальной расходомерии. *Интеллектуальный анализ данных в нефтегазовой отрасли: материалы II региональной конференции EAGE в России и странах СНГ*, 24. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.202156032>
32. Шайхетдинова А.Р., Лутфуллин Ю.Р. (2023) Оценка качества прогнозов в экономической статистике. *Генезис и онтология инновационно ориентированной деятельности в условиях цифровизации: сборник статей Всероссийской научно-практической конференции с международным участием*, 158–160.

REFERENCES

1. Nicolis G. (1995) *Introduction to Nonlinear Science*, Cambridge, UK: Cambridge University Press.
2. Jagadev A.K., Routra N.K., Sarangi P.P., Patra S.K., Paikaray B.K. (in press) (2024) Fuzzy inventory modelling: addressing uncertainty in economic order quantity analysis within nonlinear science. *International Journal of Applied Nonlinear Science*. DOI: <https://doi.org/10.1504/ijans.2024.10066705>
3. Kumratova A.M., Popova E.V., Savinskaya D.N., Kurnosova N.S. (2015) Kompleksnaya metodika analiza ekonomicheskikh vremennykh ryadov metodami nelineinoy dinamiki. *Sovremennaya ekonomika: problemy i resheniya*, 8 (68), 35–43. DOI: <https://doi.org/10.17308/meps.2015.8/1292>
4. Savinskaya D.N., Velikanova L.O., Dunskey L.K., Popova M.I. (2020) Predprognoznnyy analiz vremennogo ryada s vyyavleniem trend-sezonnykh komponent metodom Chetverikova s ispol'zovaniem sredstv MS Excel. *Sovremennaya ekonomika: problemy i resheniya*, 10 (130), 18–25. DOI: <https://doi.org/10.17308/meps.2020.10/2445>
5. Kumratova A.M., Popova E.V., Kostenko I.V., Dunskey L.K. (2019) Adaptatsiya lineinogo kletchnogo avtomata dlya resheniya zadach prognozirovaniya na baze prirodno-ekonomicheskikh vremennykh ryadov. *Sovremennaya ekonomika: problemy i resheniya*, 9 (117), 8–17. DOI: <https://doi.org/10.17308/meps.2019.9/2196>
6. Kumratova A.M., Popova E.V., Bidzhiev A.Z. (2014) *Экономико-математическое моделирование риска в задачах управления ресурсами здравоохранения*, Краснодар: KubGAU.
7. Dunskey L.K., Lyubchenko A.A. (2019) Osobennosti provedeniya validatsii modeli pri postroenii prognoza s ispol'zovaniem kletchno-avtomatnoi teorii. *Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa: sbornik statei po materialam XII Vserossiiskoi konferentsii molodykh uchenykh*, 87–88.
8. Yakovlev S.S. (2023) Sravnitel'nyi analiz intellektual'nykh metodov analiza dannykh. *Informatsionnye tekhnologii, energetika i ekonomika: trudy XX Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii studentov i aspirantov*, 2, 98–103.
9. Zelenkov Yu.A., Anisichkina E.A. (2021) Dinamika issledovaniy v oblasti intellektual'nogo analiza dannykh: tematischeeskii analiz publikatsii za 20 let. *Biznes-informatika*, 151 (1), 30–46. DOI: <https://doi.org/10.17323/2587-814X.2021.1.30.46>
10. Budnikova I.K., Pleteneva E.V. (2022) Klasternyy analiz kak funktsiya intellektual'nogo analiza dannykh. *Informatsionnye tekhnologii v stroitel'nykh, sotsial'nykh i ekonomicheskikh sistemakh*, 1 (27), 25–28.
11. Chernysheva Yu.G., Khirnaya A.V., Golovko A.A. (2023) Intellektual'nyi analiz dannykh (Data Mining) i ego primeneniye v biznes-analize. *Bukhgalterskii uchet, analiz, audit i statistika: informatsionnye instrumenty dostizheniya tselei ustoichivogo razvitiya ekonomiki: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 70-letiyu Uchetno-ekonomicheskogo fakul'teta*, 212–217.

12. Korsakova S.K., Rusina N.V., Bondarik V.M. (2024) Prognozirovanie vremennogo ryada v Python s pomoshch'yu metoda Khol'ta-Uintersa. *BIG DATA i analiz vysokogo urovnya: sbornik nauchnykh statei X Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*, 438–443.
13. Tay F.E.H., Shen L. (2002) Economic and financial prediction using rough sets model. *European Journal of Operational Research*, 141 (3), 641–659. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(01\)00259-4](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(01)00259-4)
14. Cao L., Yang Q., Yu Ph.S (2021) Data science and AI in FinTech: an overview. *International Journal of Data Science and Analytics*, 12 (2), 81–99. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41060-021-00278-w>
15. Midoun M., Belbachir H. (2022) A new process for mining spatial databases: combining spatial data mining and visual data mining. *International Journal of Business Information Systems*, 39 (1), 17–51. DOI: <https://doi.org/10.1504/IJBIS.2022.120366>
16. García-Saiz D., Zorrilla M., Bosque J.L. (2017) A clustering-based knowledge discovery process for data centre infrastructure management. *The Journal of Supercomputing*, 73 (1), 215–226. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11227-016-1693-z>
17. Ienco D., Bordogna G. (2018) Fuzzy extensions of the DBScan clustering algorithm. *Soft Computing – A Fusion of Foundations, Methodologies and Applications*, 22 (5), 1719–1730. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00500-016-2435-0>
18. Sass J., Thös A.K. (2024) Risk reduction and portfolio optimization using clustering methods, *Econometrics and Statistics*, 32, 1–16. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecosta.2021.11.010>
19. Dunskey L.K., Popova E.V. (2024) Intel'ktual'nyi analiz dannykh: klasterizatsiya vremennykh ryadov kak sposob vyavleniya skrytykh patternov povedeniya. *Tsifrovizatsiya ekonomiki: napravleniya, metody, instrumenty: sbornik materialov VI Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*, 112–113.
20. Totmyanin N.R., Bondarchuk D.O. (2025) Sravnitel'nyi analiz metodov analiza dannykh: korrelyatsiya, regressiya, vremennyye ryady. *Slavyanskii forum*, 1 (47), 33–38.
21. Trubitsyna O.A. (2024) Ispol'zovanie adaptivnykh metodov prognozirovaniya v ekonometricheskikh issledovaniyakh. *Planirovanie, provedenie i tolkovanie itogov nauchnykh issledovaniy: sbornik statei Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*, 93–96.
22. Klyachkin V.N. (2024) Mnogomernyi statisticheskii kontrol' protsessov. *Standarty i kachestvo*, 13, 70–81.
23. Petrov A.N. (2024) Prognozirovanie na vremennykh ryadakh s privilecheniem mashinnogo obucheniya. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik Povolzh'ya*, 1, 136–139.
24. Hossain Md.Z., Islam Md.Ja., Miah Md.W.R., Rony Ja.H., Begum M. (2021) Develop a dynamic dbscan algorithm for solving initial parameter selection problem of the DBSCAN algorithm. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 23 (3), 1602–1610. DOI: <http://doi.org/10.11591/ijeecs.v23.i3.pp1602-1610>
25. Gholizadeh N., Saadatfar H., Hanafi N. (2021) K-DBSCAN: an improved DBSCAN algorithm for BIG DATA. *The Journal of Supercomputing*, 77, 6214–6235. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11227-020-03524-3>
26. Ramos Emmendorfer L., de Paula Canuto A.M. (2021) A generalized average linkage criterion for hierarchical agglomerative clustering. *Applied Soft Computing*, 100, art. no. 106990. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2020.106990>
27. Ackermann M.R., Blömer J., Kuntze D., Sohler Ch. (2014) Analysis of Agglomerative Clustering. *Algorithmica*, 69 (1), 184–215. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00453-012-9717-4>
28. Seniwati E., Sidauruk A., Haryoko H., Lukman A. (2023) Clustering Performance Between K-Means and Bisecting K-Means for Students Interest in Senior High School. *Building of Informatics, Technology and Science*, 5 (1), 308–316. DOI: <https://doi.org/10.47065/bits.v5i1.3624>
29. Dyadyunov D.A. (2025) Mashinnoe obuchenie dlya risk-menedzhmenta v banke: vozmozhnosti i vyzovy. *Vestnik nauki*, 1 (1 (82)), 265–273.
30. Dzharrar F.Sh. (2024) K voprosu ob ispol'zovanii metodov obnaruzheniya anomalii pri analize Bigdata. *Tsifrovaya transformatsiya sotsial'nykh i ekonomicheskikh sistem: materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*, 800–805.
31. Kupryashin E.V., Vrabie I.V., Syresin D.E. (2021) Podkhod k otsenke dostovernosti prognoza debitov v zadachakh virtual'noi raskhodometrii. *Intel'ktual'nyi analiz dannykh v neftegazovoi otrasli: materialy II regional'noi konferentsii EAGE v Rossii i stranakh SNG*, 24. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.202156032>



32. Shaikhetdinova A.R., Lutfullin Yu.R. (2023) Otsenka kachestva prognozov v ekonomicheskoi statistike. *Genezis i ontologiya innovatsionno orientirovannoi deyatel'nosti v usloviyakh tsifrovizatsii: sbornik statei Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem*, 158–160.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT AUTHORS

ДУНСКАЯ Лада Константиновна

E-mail: dunskaia.l@edu.kubsau.ru

Lada K. DUNSKAIA

E-mail: dunskaia.l@edu.kubsau.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-1844-2620>

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: 09.01.2025; Одобрена: 15.02.2025; Принята: 16.02.2025.

Submitted: 09.01.2025; Approved: 15.02.2025; Accepted: 16.02.2025.

Научная статья

УДК 330.322, 330.341, 334.02, 336.6

DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18110>

EDN: <https://elibrary/ZAYFMR>



ФОРМИРОВАНИЕ ИНВЕСТИЦИОННОГО КАНАЛА: ДЕТЕРМИНАЦИЯ, ФАКТОРЫ ФИНАНСОВОЙ ПОЛИТИКИ И СТРАТЕГИЧЕСКИЙ ПОДХОД

Т.Н. Красюк  

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

 actualbil@gmail.com

Аннотация. *Актуальность* данного научного исследования обосновывается тем, что интеграционный управленческий подход поможет объединить и сфокусировать разнородный инструментальный механизм регуляторного воздействия на инвестиционные процессы для достижения стратегических целей, в частности развития в России экономики предложения. Без радикального изменения инвестиционной политики, увеличения объемов инвестиций в реальный сектор экономики, в частности наращивания производства средств производства, снижения уровня износа основных фондов, не могут быть решены важнейшие проблемы реструктуризации экономики и промышленности, конкурентоспособности продукции и технологического уровня производства. Жесткая денежно-кредитная политика не объективизирует инвестиционный канал, а реализуемые в ее рамках меры не приводят к росту предложения и конкурентоспособности экономики, не развивают инвестиционный спрос. Актуальность формирования инвестиционного канала обоснована целью изменения вектора развития и формирования экономики предложения, а также адаптации к внешним экономическим шокам. *Цель* научного исследования – разработка интегрированного управленческого подхода к выявлению инвестиционных триггеров, максимально полного спектра факторов формирования инвестиционного канала в основной производственный капитал экономики. В работе впервые выдвинуты определения интегрированного стратегического инвестиционного менеджмента, инвестиционного канала, инвестиционного триггера. Проведен анализ научных взглядов относительно влияния финансовой и денежно-кредитной политики на экономику предложения и инвестиционные процессы с учетом разного периода и уровня развития экономики. Проведен экономико-математический анализ отдельных факторов источников формирования инвестиций в основной капитал и производственной базы экономики предложения и их взаимосвязей. Сделаны *выводы* о том, что уровень и стадия развития экономики, институциональная структура и структура финансовой системы играют основополагающую роль в формировании взаимосвязи между кредитным плечом фирмы и инвестициями в экономике, а текущий набор эндогенных и экзогенных факторов приводит к необходимости отказа от ранее применяемых стандартных шаблонов денежно-кредитной политики и методов развития экономики и инвестиционного потенциала. Разработана структурная модель формирования инвестиционного канала для экономики предложения. Данный подход формирует концептуальные основы поиска инвестиционных импульсов и триггеров и выработки методологических решений на основе интеграции инструментов стратегического, инвестиционного и финансового менеджмента.

Ключевые слова: инвестиционный канал, инвестиционные триггеры, денежно-кредитная политика, основные производственные фонды, стратегический подход, экономика предложения, производство средств производства, износ основных средств

Для цитирования: Красюк Т.Н. (2025) Формирование инвестиционного канала: детерминация, факторы финансовой политики и стратегический подход. П-Economy, 18 (1), 178–198. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18110>



Research article

DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18110>

FORMATION OF AN INVESTMENT CHANNEL: DETERMINATION, FINANCIAL POLICY FACTORS AND STRATEGIC APPROACH

T.N. Krasnyuk  

National Research University "Higher School of Economics",
St. Petersburg, Russian Federation

 actualbil@gmail.com

Abstract. The *relevance* of this research is substantiated by the fact that the integrated management approach will help to unite and focus the heterogeneous instrumental mechanism of regulatory influence on investment processes to achieve strategic goals, in particular, the development of the supply-side economy in Russia. Without a radical change in investment policy, an increase in the volume of investment in the real sector of the economy, in particular, an increase in the production of means of production, a decrease in the level of depreciation of fixed assets, the most important problems of restructuring the economy and industry, the competitiveness of products and the technological level of production cannot be solved. A tight monetary policy does not objectify the investment channel, and the measures implemented within its framework do not lead to an increase in supply and competitiveness of the economy, do not develop investment demand. The relevance of forming an investment channel is justified by the goal of changing the vector of development and the formation of a supply-side economy, as well as adapting to external economic shocks. The *purpose* of the research is to develop an integrated management approach to identifying investment triggers, the most complete range of factors for the formation of an investment channel in the main production capital of the economy. The paper presents for the first time the definitions of integrated strategic investment management, investment channel, and investment trigger. The analysis of scientific views on the impact of financial and monetary policy on the supply-side economy and investment processes, taking into account different periods and levels of economic development, is carried out. An economic and mathematical analysis of individual factors of the sources of investment in fixed assets and the production base of the supply-side economy and their interrelations is carried out. *Conclusions* are made that the level and stage of economic development, the institutional structure and the structure of the financial system play a fundamental role in the formation of the relationship between the firm's leverage and investments in the economy, and the current set of endogenous and exogenous factors leads to the need to abandon the standard previously used patterns of monetary policy and methods for the development of the economy and investment potential. A structural model for the formation of an investment channel for the supply economy has been developed. The proposed approach forms the conceptual basis for the investment impulses and triggers search and the development of methodological solutions based on the integration of strategic, investment and financial management tools.

Keywords: investment channel, investment triggers, monetary policy, fixed production assets, strategic approach, supply-side economics, production of means of production, depreciation of fixed assets

Citation: Krasnyuk T.N. (2025) Formation of an investment channel: determination, financial policy factors and strategic approach. *П-Economy*, 18 (1), 178–198. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18110>

Введение

Инвестиции необходимы экономике как базовый фактор формирования процессов воспроизводства, сохранения конкурентоспособности, обеспечения безопасности производственных процессов и удовлетворения существующих и новых возникающих потребностей на актуальном качественном уровне.

Среди всех многочисленных определений сущности инвестиций стоит выделить следующее: «Экономическая природа категории “инвестиции” состоит в опосредовании отношений, возникающих между участниками инвестиционного процесса по поводу формирования и использования инвестиционных ресурсов в целях расширения и совершенствования производства» [1].

Законодатель определяет инвестиционную деятельность как вложение инвестиций и осуществление практических действий в целях получения прибыли и (или) достижения иного полезного эффекта¹. При этом в законодательном поле не используется термин *Инвестиционный менеджмент*. Экономисты, аналитики, регуляторы и институты развития оперируют разными показателями в зависимости от сферы ответственности, среди которых – инвестиции в основной капитал, финансовые и нефинансовые активы, строительство, инвестиции на фондовом рынке, капитализация российского рынка акций, объем капитальных вложений, прямых инвестиций и т.д., которые ведут себя по-разному и показывают разные результаты от регуляторного воздействия. Например, в соответствии с действующим инвестиционным законодательством, «капитальные вложения – инвестиции в основной капитал (основные средства), в том числе затраты на новое строительство, реконструкцию и техническое перевооружение действующих предприятий, приобретение машин, оборудования, инструмента, инвентаря, проектно-изыскательские работы и другие затраты»², а к прямым иностранным инвестициям относятся как инвестиции в основной капитал, так и покупка не менее 10% акций (долей) российской компании³. При этом динамика иностранных инвестиций и капитальных вложений может иметь разный характер, отдельные виды инвестиций могут иметь друг по отношению к другу эндогенный и экзогенный характер. Инвестиционный менеджмент в отличие от понятия и процесса *Управления инвестициями* опирается на терминологию менеджмента именно как научного способа управления. В ряде научных источников предлагается такое понимание инвестиционного менеджмента: «совокупность методов, принципов управления процессом инвестирования, управления движением ресурсов инвестиций с целью получения дохода (прибыли) в дальнейшем при условии минимизации затрат» [2]. Инвестиционный менеджмент как система управления инвестиционной деятельностью является частью общей системы менеджмента и тесно связана с такими функциональными системами управления, как операционный менеджмент, финансовый менеджмент, инновационный менеджмент, теория принятия решения и др. Инвестиционный менеджмент является интегрированным результатом развития финансового менеджмента, теории инвестиций и теории научного управления, представляет собой целенаправленный процесс и может осуществляться на макро-, мезо- и микроэкономическом уровне. Инвестиционный, как и стратегический менеджмент, базируется на теории разработки и принятия решений [3, 4]. Связь инвестиционного менеджмента с системой операционного менеджмента проявляется в совместном управлении формированием и воспроизводством операционных внеоборотных активов. С системой финансового менеджмента инвестиционный менеджмент связан посредством формирования инвестиционных ресурсов за счет собственных, привлеченных и заемных источников⁴.

Цель настоящего исследования заключается в формулировании и аналитической проверке гипотезы о том, что формирование эффективного инвестиционного канала, поиск инвестиционных триггеров и создание инвестиционных импульсов могут быть основаны на интегрированном стратегическом менеджменте макро- и мезоуровня экономики. Именно методология стратегического рыночного менеджмента позволит включать в процесс управления инвестициями, в частности управления капиталовложениями, адаптационные механизмы, а также инструменты стратегического анализа максимально полного спектра значимых эндогенных и экзогенных факторов внешней и внутренней среды при целенаправленной деятельности по развитию конкурентоспособной экономики.

Задачи исследования:

¹ Федеральный закон от 25 февраля 1999 г. № 39-ФЗ «Об инвестиционной деятельности в Российской Федерации, осуществляемой в форме капитальных вложений» (с изменениями и дополнениями), статья 1.

² Там же.

³ Федеральный закон от 9 июля 1999 г. № 160-ФЗ (ред. от 8 августа 2024 г.) «Об иностранных инвестициях в Российской Федерации», статья 2.

⁴ Лахметкина Н.И. (2023) *Инвестиционный менеджмент*, М.: КноРус.



- провести библиографический и нормотворческий обзор имеющихся материалов и взглядов относительно влияния финансовой и денежно-кредитной политики (ДКП) на инвестиционные процессы и возможности развития экономики предложения;
- концептуально сформулировать подход стратегического инвестиционного менеджмента, интегрирующего цели и инструменты экономической и финансовой политики;
- дать определение и определить системные факторы формирования инвестиционного канала; провести корреляционно-регрессионный анализ отдельных факторов ДКП и показателей экономического и инвестиционного развития.

Актуальность исследования заключается в том, что формирование инвестиционного канала на основе интегрированного стратегического инвестиционного менеджмента в целях формирования экономики предложения сможет изменить текущий вектор развития экономики. Инвестиционная политика любого государства должна создавать экономические условия для активного привлечения инвестиционных ресурсов из всех источников и их эффективного селективного использования. В России с 2023 г. намечено стратегическое направление развития – создание новой экономической модели *экономики предложения*, что подразумевает «наращивание производительных сил и сферы услуг, повсеместное укрепление инфраструктурной сети, освоение передовых технологий, создание новых современных индустриальных мощностей»⁵. *Окно возможностей* экономики в связи с импортозамещением может быть использовано только при значительных дополнительных капитальных вливаниях, в то время как осуществляемые инвестиционные вложения в основном направлены на реализацию ранее начатых инвестиционных проектов, на поддержание и обновление существующих производственных мощностей, а также обусловлены ростом стоимости импортного оборудования⁶. Жесткая ДКП, проводимая Банком России, начиная с 2022 г., значительно осложняет инвестиционные процессы, приоритизируя для инвесторов денежный канал, и не объективизируя *инвестиционный канал* как таковой. Без радикального изменения инвестиционной политики, увеличения объемов инвестиций в реальный сектор экономики, в частности средства производства, не могут быть решены важнейшие проблемы, стоящие перед государством, реструктуризации экономики и промышленности, конверсии, конкурентоспособности продукции и технологического уровня производства. В.В. Вольчик и Е.В. Маслюкова отмечают отсутствие производств и производственных мощностей, а также неразвитость физической инфраструктуры для масштабирования инновационных продуктов в российской экономике [5]. Банк России фокусирует ДКП на поддержание ценовой стабильности⁷. В то время как в статье 34.1 федерального закона «О Центральном банке Российской Федерации» определено, что ценовая стабильность необходима для формирования условий сбалансированного и устойчивого экономического роста⁸. Разрозненность экономической и финансовой политик, а возможно, и их противоречие актуализируют исследование интеграционных возможностей стратегического менеджмента в целях формирования инвестиционного канала, стимулирования спроса на производственные факторы, а также поиска дополнительных инвестиционных триггеров для его запуска.

Библиографический обзор

С точки зрения теоретического подхода к рассматриваемой проблематике стоит отметить выводы Т.В. Жуковой, исследовавшей взаимосвязь финансового и экономического развития

⁵ Экономическая политика (2023) *ИКСИ*. [online] Available at: <https://icss.ru/ekonomicheskaya-politika/strategicheskoe-planirovanie/o-neobkhodimosti-perekhoda-k-ekonomike-predlozheniya-v-rossii-i-osnovnykh-napravleniyakh-ee-formirovaniya> [Accessed 26.02.2025]. (in Russian).

⁶ Карлова Н., Пузанова Н. (2024) *Инвестиционная активность в промышленности в 2023 году: Результаты опроса предприятий*. [online] Available at: https://www.cbr.ru/content/document/file/158056/analytic_note_20240109_dip.pdf [Accessed 26.02.2025]. (in Russian).

⁷ Основные направления единой государственной денежно-кредитной политики на 2025 год и период 2026 и 2027 годов: Краткое содержание (2024) *Центральный банк Российской Федерации*. [online] Available at: [https://www.cbr.ru/statichtml/file/152674/on_brochure_2025\(2026-2027\).pdf](https://www.cbr.ru/statichtml/file/152674/on_brochure_2025(2026-2027).pdf) [Accessed 26.02.2025]. (in Russian).

⁸ Статья 34.1 (2013) *Гарант*. [online] Available at: <https://base.garant.ru/12127405/b4d4b4d21abf49d103f4e8ea7151c849/> [Accessed 26.02.2025]. (in Russian).

с начала XX в. В своей работе она отметила отсутствие однозначно признанной теории экономического роста, что подтверждается интенсивным ростом финансового рынка, опережающим в целом рост экономики. Т.В. Жукова отмечает, что «эмпирические изыскания строятся на теориях, разработанных как минимум 30 лет назад и не учитывающих ряд современных тенденций (кратное увеличение финансовых инноваций, доминирование глобальных рынков, поляризация отраслевых структур экономик и сокращение реального сектора в ряде стран)» [6].

Влияние финансовой политики на экономический рост доказано еще Й.А. Шумпетером [7, 8]. О том, что в число тех целей, к которым должна приводить успешная монетарная политика, входит и поддержание высокого уровня экономического роста, отмечено в произведениях, посвященных «Золотому Стандарту» [9]. Б. Бернанке и Э. Абель в своем труде, посвященном макроэкономике, отмечают, что «инвестирование, так же, как и сбережение и потребление, основывается на выборе между настоящим и будущим»⁹. Это означает, что ожидание экономического роста приводит к росту инвестиций. Финансовые организации входят в мезоуровень экономики, и их роль в финансовой поддержке текущего производства, финансировании развития инновационной активности, «мобилизации ресурсов и выявлении перспективных инвестиционных проектов» определяется как ведущая [10]. Ряд исследований подтверждает, что высокий уровень развития финансовой системы может служить основой, существенным фактором роста экономики [11]. Исследователи изучили возможность достижения целей макроэкономического развития путем финансового развития шести элементов финансового сектора с определением полезности регулятора для данных целей [11].

Редкие исследования поднимают вопрос дефицита предложения в экономике в контексте модификации или адаптации ДКП. Среди них работа С. Ребело, который предложил модель аккумулированного капитала АК-model [12]. М.И. Столбов рассмотрел теоретические концепции, касающиеся взаимосвязи финансового рынка и экономического роста и его роли как передаточного механизма деловых циклов, а также отметил важность продолжения данных исследований для российской экономики [8]. Кроме того, А. Карстенс заявил о необходимости координации ДКП и фискальной политики в условиях дефицита предложения [13]. Допандемийные десятилетия, по его мнению, способствовали «расширению совокупного предложения». В докладе А. Картенса справедливо отмечено, что экзогенные шоки пандемии и геополитики привели к снижению мобильности населения, нарушению логистических цепочек и событиям фрагментации экономик. А. Картенс делает важный вывод, что, «столкнувшись с ограничениями со стороны совокупного предложения, органы фискальной и монетарной политики начали бороться с ними привычными для них средствами управления совокупным спросом, что привело к всплеску инфляции» [13]. В то время как апробированные ранее методы действовали в совершенно других микро- и макроэкономических условиях. Можно сделать вывод о слабой адаптивности использования инструментов ДКП. Адаптивность акторов (представителей экономических институтов), которую предлагается анализировать институциональными исследователями [14], – важное свойство для достижения экономических целей и реализации стратегии. Анализ дискурсов основных акторов может выявлять основные паттерны, например шаблонные модели ДКП, формировать и развивать рациональные адаптивные стратегии, отвечающие требованиям динамичного окружения. Потенциал интеграции инструментов ДКП со стратегиями развития отраслей и секторов отмечается и М.И. Столбовым [8]. Ученые в исследовании о факторах снижения совокупной факторной производительности (СФП) экономики России предположили, что одним из таких факторов явилась стагнация, или снижение роли именно финансовых рынков в перераспределении финансовых ресурсов от компаний и отраслей с низкой СФП в пользу экономических субъектов с высокой СФП [15], то есть неразвитость или неэффективность такого рода трансмиссионного механизма. Снижение СФП

⁹ Абель Э., Бернанке Б. (2010) *Макроэкономика*, СПб.: Питер.



во многих странах, включая Россию, в 2013–2022 гг. сопровождалось заметным ухудшением показателей инвестиционной активности. Ю.А. Даниловым и Д.А. Пивоваровым отмечено, что в России финансовая структура тормозит экономический рост [16]. В исследовании, проведенном индийскими учеными [17], делается вывод о значительной связи использования кредитного рычага и темпов роста инвестиций, подчеркивается, что положительный эффект кредитного стимула на рост инвестиций отмечается в активно развивающихся экономиках (не развитых), в том числе продемонстрирован в Китае и Индии. Банки с государственным участием в рассмотренных развивающихся экономиках налагают меньше ограничений на инвестиционные расходы фирм с невысокими темпами роста в целях их развития и роста благосостояния в результате инвестирования. Характер экономики (развитая или развивающаяся), институциональная структура и структура финансовой системы играют основополагающую роль в формировании взаимосвязи между кредитным плечом фирмы и инвестициями в экономике.

Тем не менее ДКП Банка России в основном нацелена на поддержание ценовой стабильности и таргетирование инфляции, что теоретически обосновано следующим. Классификация фискального режима как «рикардианского» основана на идее «хорошо ведущего себя» или «дисциплинированного» правительства. Снижение налогов, финансируемое за счет увеличения государственных займов, должно сопровождаться повышением налогов (или сокращением расходов) в будущем, чтобы сохранить постоянной текущую стоимость налоговых обязательств. По сути, это неявное предположение рикардианского фискального режима, которого придерживается «хорошо ведущее себя» правительство. Согласно терминологии, используемой Т. Саргентом и Н. Уоллесом [18], рикардианский режим можно назвать «режимом денежного преобладания», поскольку в этом случае спрос и предложение денег определяют уровень цен. При нерикардианском режиме, или «режиме фискального преобладания», цены эндогенно определяются государственным бюджетом [19]. В своих прогнозных моделях регулятор не фиксирует инвестиции в расширение производственного капитала, в том числе по производству средств производства, в связи с открывшимися стратегическими возможностями, как одно из приоритетных направлений развития экономики, способных утилизировать свободный внутренний спрос. «Изменения цен на акции могут стать причиной того, что домашние хозяйства изменят соотношение между своим потреблением и сбережениями»¹⁰ и, соответственно, увеличат инвестиционный спрос. Актуальность синтеза новых интегративных подходов в менеджменте сложных экономических систем уже отмечается некоторыми учеными [20–24], и, как уже указано ранее, является одной из задач данного исследования.

Методы и материалы исследования

В ходе исследования были применены эмпирические методы, в частности анализа статистических данных, выявления взаимосвязей, факторного и корреляционно-регрессионного анализа. Использованы системный подход, структурный анализ и моделирование. Проведено библиографическое и нормотворческое исследование, особенное внимание уделено исследовательским работам Банка России.

В качестве исследуемых переменных в современных моделях экономического роста выбирается ряд макроэкономических индикаторов, которые включают такие, как объем ВВП, динамика ВВП, объем инвестиций, ценовые показатели и показатели рынка труда, уровень инфляции, кредиты частному сектору, в % к ВВП, процентная ставка, фондовые индексы и капитализация фондового рынка¹¹ [11, 15, 25], но в большинстве случаев не включают показатели, характеризующие состояние производственных фондов и производственного потенциала экономики. Заслуживает внимание работа А.В. Бабкина, С.П. Кирильчук и Е.В. Наливайченко, в которой

¹⁰ Там же.

¹¹ Ляхнова М., Коленко Ю. (2024) *Наукастинг оценки разрыва выпуска России по данным мониторинга предприятий*. [online] Available at: https://www.cbr.ru/statichhtml/file/161713/wp_131.pdf [Accessed 26.02.2025]. (in Russian).

предлагается обобщенная модель факторов формирования инвестиционного климата с учетом показателя износа основных фондов [26]. В ходе проводимой автором работы выборочно исследованы факторы формирования инвестиционного канала и их взаимосвязи в другом контексте.

Капитал в классических моделях влияния финансовой политики на экономический рост представляет собой совокупность физического и человеческого капиталов, которые распределяются между двумя секторами, производящими инвестиционные и потребительские товары [12]. Аналогичное представление капитала введено Банком России¹². На основе системного подхода и структурного анализа предложены модификация представления использования капитала в модели производства товара Банка России, а также концептуальная структурная модель формирования инвестиционного канала.

Результаты и обсуждение

Формирование инвестиционного канала

Банк России в модифицированную квартальную прогнозную модель (КПМ) включает блок рынка труда, многоуровневую производственную функцию, а также увязывает выпуск товара в экономике и использование факторов производства (капитала и труда), то есть представляет структурную модель предложения. Авторы КПМ отмечают, что «текущая версия КПМ абстрагируется от моделирования отдельных компонент конечного спроса и балансовых показателей», что является ее уязвимостью. Так, например, такой значимый фактор, как капитал, не декомпозирован, хотя он является как влияющим, так и зависимым фактором в экономике предложения, и динамика его развития и целевые показатели капитала сами по себе могут быть стратегической целью. Трансмиссионный механизм ДКП представляется как последовательность связей в экономике, через которые ДКП влияет на спрос и, соответственно, инфляцию¹³. Банк России ссылается на использование процентного канала трансмиссионного механизма, кредитного и балансового каналов, что выражается в возможности заемщиков предоставлять качественное обеспечение, а банков – наращивать кредитование, канала благосостояния, что определяется богатством инвесторов, валютного канала.

А. Орлов и А. Шарафутдинов представили цепочку трансформации товаров на внутреннем рынке, в соответствии с которой с помощью доступных в стране факторов производства (труд и капитал) производится отечественный промежуточный товар¹⁴. Изъян представления заключается в том, что капитал не дифференцирован на финансовый капитал, нематериальный (интеллектуальный, инновационный) капитал и технологии, а также основные средства – материальный капитал, который состоит из капитала по производству средств производства, и непосредственно капитала по производству товаров. Пропущена первая актуальная стадия трансформации финансового капитала в товар: финансовый капитал трансформируется в технологии и производство средств производства (рис. 1, K1.1 и K1.2). Именно капитал по производству средств производства K1.1 (станки и оборудование в купе с технологиями) является уязвимостью российской экономики, не позволяющей ей сформировать экономику предложения. Таким образом, КПМ не оперирует базовым показателем *Инвестиции в основной капитал*, который статистически объективирован и может быть декомпозирован для реализации стратегических целей. *Инвестиционный канал* представляется как интегрированный финансовый и экономический механизм формирования инвестиционного импульса, в том числе путем объективизации в ДКП отдельных видов капитала (рис. 1, K1.1 и K1.2) в целях реализации стратегической цели – управления предложением и формирования экономики предложения. Выделение первичной

¹² Орлов А., Шарафутдинов А. (2024) *Квартальная прогнозная модель России с рынком труда*. [online] Available at: https://www.cbr.ru/content/document/file/165450/inf_note_202408.pdf [Accessed 17.12.2024]. (in Russian).

¹³ Денежно-кредитные условия и трансмиссионный механизм денежно-кредитной политики (2024) *Центральный банк Российской Федерации*. [online] Available at: https://www.cbr.ru/collection/collection/file/50615/dku_2408-26.pdf [Accessed 17.12.2024]. (in Russian).

¹⁴ Орлов А., Шарафутдинов А. (2024) *Квартальная прогнозная модель России с рынком труда*. [online] Available at: https://www.cbr.ru/content/document/file/165450/inf_note_202408.pdf [Accessed 17.12.2024]. (in Russian).

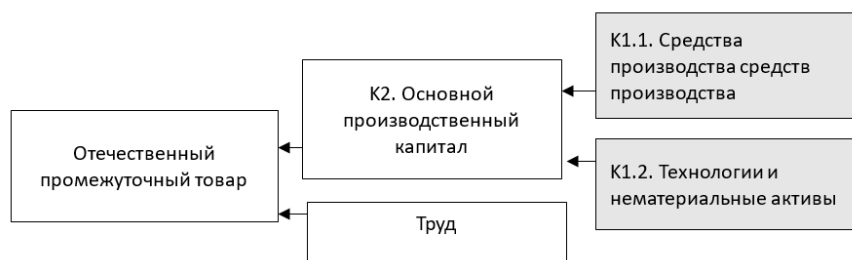


Рис. 1. Модифицированная часть цепочки трансформации товаров на внутреннем рынке

Fig. 1. Modified part of the transformation chain of goods in the domestic market

Источник: Разработано автором на основе модели КПМ¹⁵

составляющей производственного капитала – капитала по производству средств производства (станкостроение и др.) – имеет особенную роль в цепочке создания предложения в условиях открывающегося стратегического окна импортозамещения, возможности формировать инвестиционный импульс и может быть представлено, как на рис. 1.

Источником наращивания K1.1 и K1.2 является финансовый капитал. Регулятор, во-первых, может подавать стимулы на формирование той части спроса, которая формирует предложение в долгосрочной перспективе, то есть на инвестиции в K1.1 и K1.2; во-вторых, стимулируя инвестиционное потребление (спрос), регулятор изымает часть ресурсов из неинвестиционного спроса, тем самым решая задачи инфляционного регулирования.

Таким образом, *Инвестиционный канал* – это интегрированный финансовый и экономический механизм формирования инвестиционного импульса на все уровни экономики и финансового рынка на основе мониторинга инвестиционных триггеров в целях реализации стратегической цели – управления предложением и формирования экономики предложения.

Подход стратегического менеджмента для инвестиционного процесса

К инвестиционному менеджменту могут быть применимы все управленческие функции: анализ, планирование, координация, контроль и мотивация. Здесь предлагается обратиться к истокам классического менеджмента: «Предвидение, организация, координирование и контроль составляют в обычном понимании бесспорную область управления». Управлять, по мнению А. Файоля, значит – «предвидеть, организовывать, распоряжаться, координировать и контролировать» [27]. Сущность авторского подхода состоит в том, что современные методы стратегического менеджмента могут быть применены к инвестиционному процессу, в частности формируемому инвестиционному каналу, как объекту управления. Принципиально важными являются цели и задачи менеджмента, которые вытекают из стратегии. Стратегия как комплекс принимаемых менеджментом решений предполагает размещение ресурсов на целевых рынках для достижения долговременных конкурентных преимуществ¹⁶. Например, по мнению И.М. Севастьянова и В.О. Шалгина, «понятие инвестиционный менеджмент означает сферу управленческой деятельности, которую связывают с инвестиционным процессом», и далее инвестиционный менеджмент определяется как «совокупность управленческих методик и принципов, направленная на максимизацию инвестиционной прибыли» [28]. В настоящее время стратегической задачей на макроуровне видится создание спектра стимулов, направленных на развитие производственной базы большей части отраслей, развития производства средств производства, включая как обновление, так и создание их с нуля, то есть развитие реальных капиталовложений. Центр макроэкономического анализа и краткосрочного прогнозирования

¹⁵ Там же.

¹⁶ Дойль П. (1999) *Менеджмент. Стратегия и тактика*, СПб.: Питер.

отмечает, что «рентабельность в большинстве гражданских отраслей при этом снижается, во многих из них она уже близка или ниже рентабельности альтернативных вложений, что демотивирует инвестиции и придает актуальность дискуссии об изменении модели госстимулирования экономики»¹⁷. Исследование О.А. Черновой и О.В. Василатия показывает, что при низкой остаточной стоимости основных производственных фондов использование ресурсного подхода для планирования производственного потенциала имеет существенные ограничения; для развития производственного потенциала кроме мер стимулирующего характера необходимо принимать меры формирующего характера [29]. Стратегический менеджмент опирается на такие методы инструменты, как целеполагание, приоритизация и декомпозиция целей, стратегический анализ внешней среды и внутренних возможностей (капитала: ресурсов, компетенций), модели отраслевого и конкурентного анализа по М. Портеру, которые системно выявляют возможности, риски, сильные и слабые стороны во внешней и внутренней среде и формируют адаптационные стратегии исходя из имеющихся ресурсов для достижения долговременных конкурентных преимуществ. Применение отраслевого анализа по М. Портеру, а также анализа технологических цепочек формирования стоимости/ценности, в том числе межотраслевых, позволит выявить изъяны и риски развития полного производственного цикла, например невозможность производства полного технологического цикла продукции текстильной и кожевенной промышленности, других товаров повседневного спроса. К примеру, к рискам и слабым сторонам в методологии стратегического анализа может быть отнесен фактор высокой степени износа производственных оборудования и комплексов, а к возможностям – формирующийся финансовый ресурс в виде инвестиционного спроса; к политическим и правовым рискам в методологии PESTLE – санкционное давление и перспективы его изменения. Основой стратегического менеджмента является процесс целеполагания, приоритизации и декомпозиции целей. Для идентификации точек инвестиционного роста В.Н. Мякшиным и др. предложены модель межотраслевого баланса и расчет коэффициента инвестиционной взаимоиндукции [30], которые могут быть интегрированы в модель стратегического анализа состояния отраслей по М. Портеру и реализованы в ходе стратегического менеджмента экономики предложения. Интеграционный управленческий подход объединит разнородный инструментарий регуляторного воздействия как в сфере экономики, так и в сфере финансов и в стратегических целях сфокусирует его на инвестиционных процессах.

Интеграционный стратегический менеджмент нацелен на формирование долгосрочных конкурентных преимуществ экономики и представляет собой комплекс принимаемых на всех уровнях экономики решений по оптимальному размещению капитала (финансового, трудового, материального) в целях формирования конкурентной экономики предложения.

Анализ отдельных факторов формирования инвестиционного канала

Ввод производственных мощностей

Согласно статистическим данным, ввод в действие отдельных производственных мощностей в 2022 г. происходил в основном в сфере электроэнергетики (ввод турбинных электростанций), добычи полезных ископаемых, а также агропромышленном секторе, в частности в производстве мясомолочных изделий¹⁸. Ввод производственных мощностей для производства цемента был зафиксирован в Челябинской области, а для производства трикотажных изделий – в Карачаево-Черкесской Республике¹⁹. Данные показатели свидетельствуют о региональной фрагментарности, об отсутствии скоординированности между инвестиционной политикой и ДКП, кластерного и отраслевого анализа сил, действующих в отрасли для всех участников экономического

¹⁷ Сапожков О. (2024) Капвложения мимо гражданской экономики. *Коммерсантъ*, 172, 2. [online] Available at: <https://www.kommersant.ru/doc/7168112> [Accessed 17.12.2024]. (in Russian).

¹⁸ Федеральная служба государственной статистики. Инвестиции в России. [online] Available at: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13238> [Accessed 26.02.2025]. (in Russian).

¹⁹ Там же.

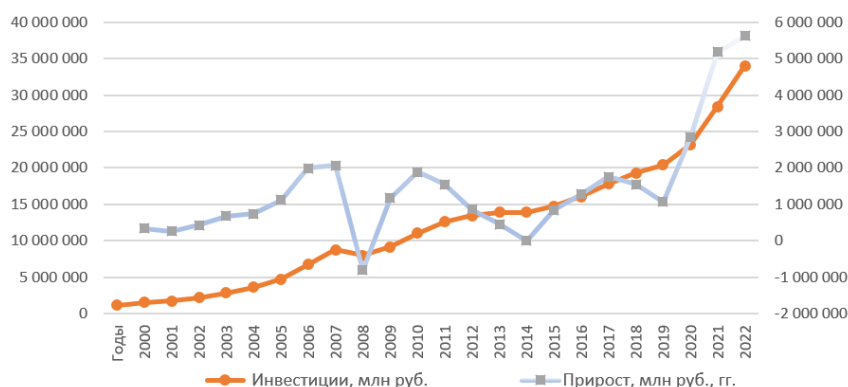


Рис. 2. Инвестиции в основной капитал в Российской Федерации, прирост год к году, млн руб.

Fig. 2. Investments in fixed assets in the Russian Federation, year-on-year increase, million rubles

Источник: составлено автором по данным Росстат²⁰

процесса, и измерения силы воздействия данных факторов (модели действующих в отрасли сил по М. Портеру [31]).

Динамика инвестиций в основной капитал, производственный капитал, по видам основных фондов

Общий объем инвестиций в основной капитал имеет продолжительную динамику роста (рис. 2), но, вероятно, недостаточную для формирования экономики предложения.

При этом инвестиции в производственный капитал (табл. 1) составили всего 6,9 трлн руб., нежилые здания и сооружения – 8,3 трлн руб., объекты интеллектуальной собственности – 1,3 трлн руб. За этот же период по данным Банка России объем кредитной задолженности юридических лиц перед банками всего по банковской системе возрос на 9 трлн руб.

Таблица 1. Структура инвестиций в основной капитал по видам основных фондов по РФ в январе–сентябре 2024 г. (без субъектов малого предпринимательства)²¹

Table 1. Structure of investments in fixed assets by types of fixed assets in the Russian Federation in January–September 2024 (excluding small businesses)

Инвестиции в основной капитал, млн руб. всего	в том числе				
	жилые здания и помещения	здания (кроме жилых) и сооружения, расходы на улучшение земель	машины, оборудование, включая хозяйственный инвентарь, и другие объекты	объекты интеллектуальной собственности	прочие инвестиции
18847788,2	1194938,3	8304420,2	6910046,1	1276265,6	1162118,0
100%	6,3%	44,1%	36,7%	6,8%	6,2%

Источник: рассчитано автором на основе данных Росстат²²

Направления расходования кредитных средств, в том числе на производственный капитал

Анализ структуры задолженности по кредитам, предоставленным юридическим лицам – резидентам и индивидуальным предпринимателям на 1 августа 2024 г., по видам экономической

²⁰ Федеральная служба государственной статистики. Инвестиции в нефинансовые активы. [online] Available at: https://rosstat.gov.ru/investment_nonfinancial [Accessed 26.02.2025]. (in Russian).

²¹ Там же.

²² Там же.

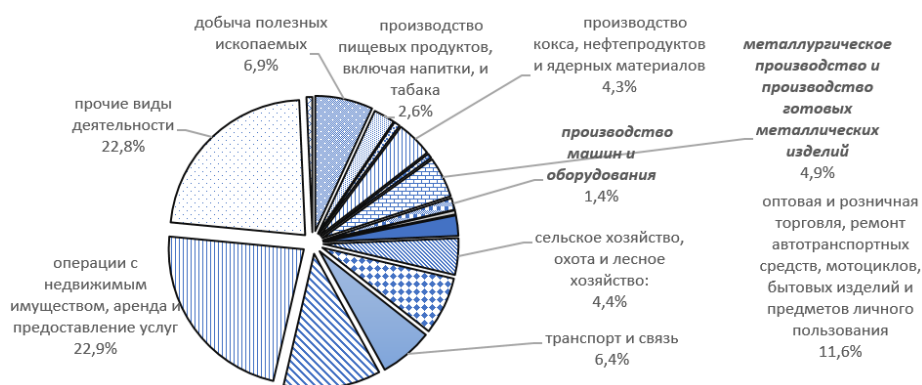


Рис. 3. Структура задолженности по кредитам на 1 августа 2024 г., предоставленным юридическим лицам – резидентам и индивидуальным предпринимателям, по видам экономической деятельности и отдельным направлениям использования средств, %

Fig. 3. Structure of loans debt provided to resident legal entities and individual entrepreneurs, by type of economic activity and certain areas of funds use as of 01.08.2024, %

Источник: составлено автором по данным Банка России²³



Рис. 4. Динамика кредитной корпоративной задолженности, всего, в том числе компаниям по производству машин и оборудования, млн. руб.

Fig. 4. Dynamics of credit corporate debt, total, including to companies producing machinery and equipment, million rubles

Источник: составлено автором по данным Банка России²⁴

деятельности и отдельным направлениям использования средств, в % (рис. 3), свидетельствует, что направление использования кредитных средств на производство машин и оборудования составляет всего 1,28%, на производство транспортных средств, оборудования, включая автомобили, – 3,48%²⁵. Существенную долю корпоративного кредитного портфеля составляют заемщики таких сфер деятельности, как торговля, добыча полезных ископаемых, строительство, операции с недвижимым имуществом. Динамика задолженности по корпоративным кредитам (рис. 4) также свидетельствует о постоянной незначительной доле кредитов, целевое назначение которых связано с формированием производственных фондов.

Инвестиции в основной капитал по видам экономической деятельности, в том числе на создание средств производства

Структурный анализ (рис. 5) свидетельствует, что компаниями обрабатывающих производств инвестиции осуществляются, но в относительном выражении доля таких инвестиций не высока.

²³ Банк России. Сведения о размещенных и привлеченных средствах. [online] Available at: https://www.cbr.ru/statistics/bank_sector/sors/ [Accessed 26.02.2025]. (in Russian).

²⁴ Там же.

²⁵ Там же.

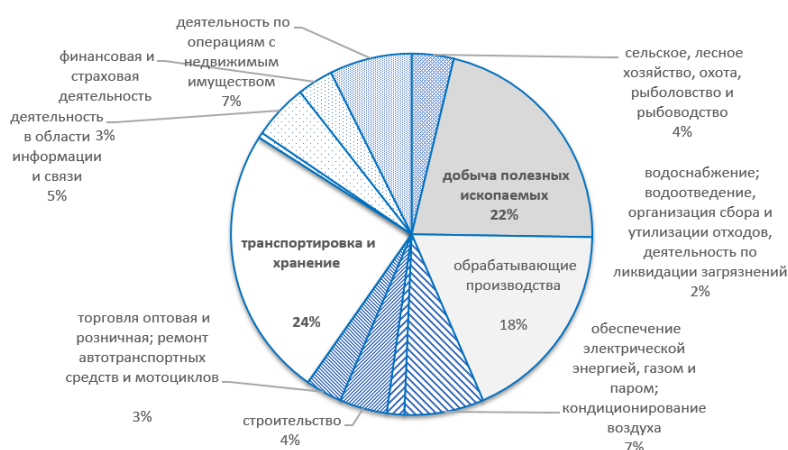


Рис. 5. Инвестиции в основной капитал в 2022 г. по видам экономической деятельности

Fig. 5. Investments in fixed assets in 2022 by type of economic activity

Источник: составлено автором на основании данных Росстат²⁶

Источники заемного капитала компаний

Нефинансовые организации в 2022–2024 гг. в условиях повышенного спроса, связанного со снижением предложения импортных товаров, с проводимой политикой импортозамещения, наращивали привлечение ресурсов не только посредством кредитных инструментов (табл. 2), но и на основе долгового финансирования, о чем свидетельствуют графики (рис. 6), а также собственные средства.

Структура источников инвестиций

В общей структуре произведенных инвестиций за первую половину 2024 г. по источнику инвестиций преобладают собственные средства компаний – 59,4%, доля кредитных средств банков в среднем составила 11,2%²⁷. Проведем динамический сравнительный анализ структуры источников инвестиционной активности России и ЕАЭС (рис. 7). Доля кредитов банков и других заемных средств в источниках финансирования инвестиций в России была ниже, чем в целом по ЕАЭС, включая Россию, до 2019 г. Начиная с 2019 г. удельный вес кредитных средств как источника капитальных вложений начинает расти и в России превышает уровень других участников ЕАЭС, по данным ЕЭК²⁸.

Динамика структуры источников инвестиций в России свидетельствует о том, что структура меняется со значительными отличиями в сравнении с совокупными данными по ЕАЭС. Серьезно снижается роль таких источников, как кредиты иностранных банков, бюджетные источники, средства иностранных инвесторов. Ранее сложившаяся практика использования кредитов в большей степени на текущие нужды, а не инвестиционные цели, в том числе на развитие новых производственных возможностей, претерпевает изменения. Данная тенденция возникает в результате воздействия экзогенных геополитических факторов, фрагментаций мировой экономики, эндогенного фактора – снижение рентабельности производства в связи с текущей конъюнктурой (увеличение процентных платежей и затрат на логистику) и с высокой изношенностью российских основных фондов, комбинации внутренних и внешних факторов, проявляющихся в снижении других источников финансирования инвестиций. Но эти адаптационные процессы не управляемы интеграционно в целях формирования инвестиционного канала и создания инвестиционного импульса.

²⁶ [online] Available at: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Pril_Dok_07-2024.htm [Accessed 26.02.2025]. (in Russian).

²⁷ Там же.

²⁸ ЕЭК. Инвестиции в основной капитал. Динамические ряды. [online] Available at: https://eec.eaeunion.org/comission/department/dep_stat/union_stat/current_stat/investments/series/ [Accessed 26.02.2025]. (in Russian).

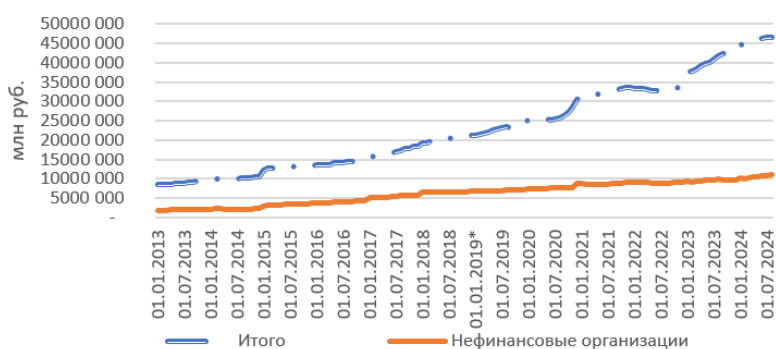


Рис. 6. Динамика выпущенных долговых ценных бумаг, итого и нефинансовыми организациями, млн руб.

Fig. 6. Dynamics of debt securities issued, total and non-financial organizations, million rubles

Источник: составлено автором на основе данных Банка России²⁹

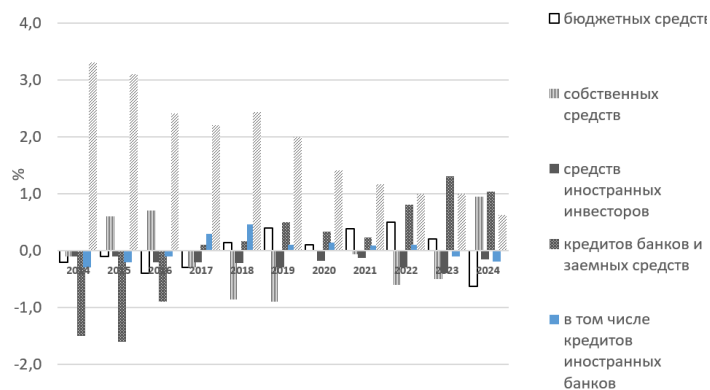


Рис. 7. Динамика отклонения долей источников инвестиций России и в целом по ЕАЭС, %

Fig. 7. Dynamics of deviation of the shares of investment sources in Russia and in the EAEU as a whole, %

Источник: составлено автором на основе данных³⁰

Состояние основных производственных фондов и уровень их износа

Проводя поиск и исследование факторов, формирующих инвестиционный импульс, автор в дополнение к факторам объемов и структуры кредитования, других форм привлечения заемного капитала, и к формированию и динамике финансового результата обращается к фактору состояния основных средств и к уровню их износа (табл. 2). Высокий уровень износа производственных фондов может быть определен как *Инвестиционный триггер*.

Наращивание собственного капитала на основе акционирования

Уровень и динамика капитализации фондового рынка как части инвестиционного рынка являются фактором развития инвестиционного канала (табл. 2). Состояние и потенциал фондового рынка являются фактором трансмиссионного инвестиционного канала, способного абсорбировать излишние накопления, превратив их в инвестиционный спрос, снизить потребительский спрос и в долгосрочной перспективе формировать экономику предложения.

Кредитный источник инвестиций

С целью проверки гипотезы о росте существенности кредитного источника для формирования инвестиций в основной капитал проведен корреляционный анализ.

²⁹ Банк России. Выпущенные на внутреннем рынке ценные бумаги. [online] Available at: https://www.cbr.ru/statistics/macro_itm/sec_st/issue/ [Accessed 26.02.2025]. (in Russian).

³⁰ ЕЭК. Инвестиции в основной капитал. Динамические ряды. [online] Available at: https://eec.eaunion.org/comission/department/dep_stat/union_stat/current_stat/investments/series/ [Accessed 26.02.2025]. (in Russian).

Таблица 2. Некоторые факторы формирования инвестиционного канала
Table 2. Some factors in the investment channel formation

Показатель	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1. Инвестиции в основной капитал по РФ с 2017 г., млн руб.	16027302	17782012	19329038	20393742	23239504	28413875	34036338
2. Объемы кредитования ЮЛ, ИП*, млн руб.			51789217	61462895	77078624	58238052	70204797
3. Объемы кредитования ЮЛ, ИП в руб. обрабатывающих производств*, млн руб.			7614876	8296166	9078072	9551107	11364349
4. Задолженность по кредитам нефинансовых организаций (портфель), млн руб.	30742622	32501084	32551524	36457986	42793932	49785492	61559119
5. Котируемые акции российских эмитентов (нефинансовые организации), обращающиеся на внутреннем рынке, млн руб.	24360213	29455116	35002271	35859455	44457082	27236686	36566757
6. Степень износа, все основные фонды, %	47	47	38	39	41	41	41
7. Степень износа по отдельным отраслям (без операций с недвижимым имуществом), %	46	46	47	49	50	51	51
8. Сальдированный финансовый результат, млн руб., всего по экономике РФ	10320527	13797163	15758426	12421071	29649744	25925459	33306295
9. Сальдированный финансовый результат по обрабатывающим отраслям, млн руб.	2902753	3409893	4418849	4102633	8650856	8253108	9547542

*Данные по п. 2, 3 за 2017, 2018 гг. не приведены в связи с изменением методологии Росстат

Источник: рассчитано автором на основе данных³¹

Динамика показателей была переведена в индексный вид (индекс к 2017 г. и год к году) и очищена от взаимовлияющих показателей. (табл. 3).

По результатам проведенного корреляционного анализа выявлены взаимосвязь отдельных факторов *инвестиции в основной капитал* и *корпоративный кредитный портфель* и обратная зависимость с фактором *степень износа основных средств*.

Анализ не выявил корреляции с факторами динамики собственных источников: динамики финансового результата, динамики капитализации фондового рынка (рис. 8).

Структурная модель формирования инвестиционного канала на основе интеграционного стратегического менеджмента

Интеграция методов стратегического менеджмента, таких как стратегическое целеполагание, модели отраслевого анализа действующих сил в отрасли, цепочки создания стоимости/ценности [31], модели стратегического роста и конкурентные стратегии, анализ элементов внешней и внутренней среды, модели инвестиционной индукции отраслей [30], инвестиционного менеджмента

³¹ ЕМИСС. Государственная статистика. Сведения об объемах кредитования юридических лиц-резидентов и индивидуальных предпринимателей в рублях по видам экономической деятельности и отдельным направлениям использования средств. [online] Available at: <https://www.fedstat.ru/indicator/38366> [Accessed 26.02.2025]. (in Russian); Банк России. Статистика ценных бумаг. [online] Available at: https://www.cbr.ru/statistics/macro_itm/sec_st/ [Accessed 26.02.2025]. (in Russian); Федеральная служба государственной статистики. Основные фонды и другие нефинансовые активы. [online] Available at: <https://rosstat.gov.ru/folder/14304> [Accessed 26.02.2025]; Федеральная служба государственной статистики. Финансы. [online] Available at: <https://rosstat.gov.ru/statistics/finance> [Accessed 26.02.2025]; Федеральная служба государственной статистики. Инвестиции в нефинансовые активы Available at: https://rosstat.gov.ru/investment_nonfinancial [Accessed 26.02.2025].

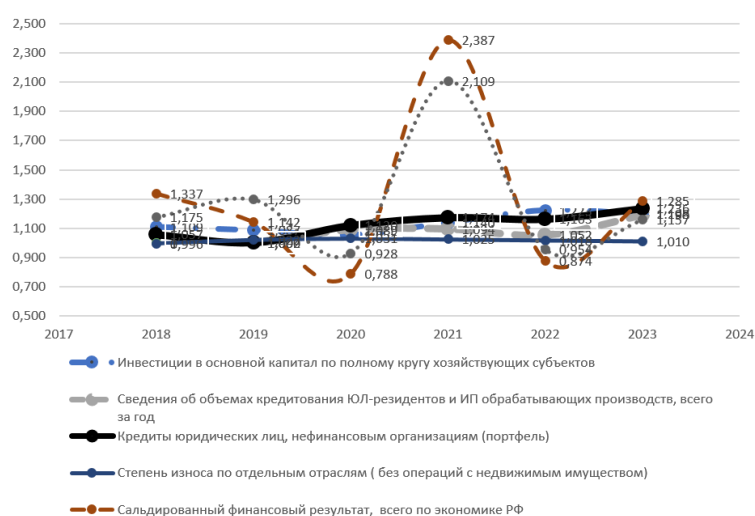


Рис. 8. Динамика индексов выборочных факторов инвестиционного канала, от года к году, с 2017 г.

Fig. 8. Dynamics of indices of selected factors of the investment channel, year-on-year, from 2017

Источник: составлено автором на основе данных Росстат³²

и инструментов ДКП позволит интегрировать и направить имеющиеся разрозненные ресурсы на инвестиции и развитие производственной базы экономики предложения.

Банк России в 2024 г. задается вопросом: «Но что, если ДКП напрямую влияет не только на спрос, но и на предложение? Этот вопрос обсуждается в литературе с 1980-х годов и получил название „канал издержек“ (cost channel)»³³. В аналитической записке ноября 2024 г. Банк России формулирует, что формируемый ДКП канал издержек в отличие от основных каналов трансмиссионного механизма описывает воздействие ДКП на макроэкономические показатели не через спрос, а через предложение³⁴. Сформулировано предположение об опосредованной взаимосвязи ДКП и роста стоимости производственных факторов. Стоит детерминировать взаимосвязь ДКП и инвестиционных процессов через инвестиционный канал. Отрицательный разрыв объема производства предполагает, что фактический уровень выпуска ниже потенциального и, соответственно, уровни занятости и загрузки мощностей ниже своих естественных значений³⁵. Важным фактором роста загрузки мощностей может быть их обновление и реновация. Отдельные отрасли производства демонстрируют рост степени износа основных фондов (табл. 2.). Высокая степень износа основных фондов ведет не только к снижению производительности, но и к рискам аварийных ситуаций и техногенных происшествий и является инвестиционным триггером. Концептуальная структурная модель формирования инвестиционного канала на основе интеграционного стратегического подхода представлена на рис. 9.

Концепция интегрированного стратегического инвестиционного менеджмента на разных уровнях и масштабах управления основана на стратегическом подходе. Обозначим основные элементы данного подхода:

³² ЕМИСС. Государственная статистика. Сведения об объемах кредитования юридических лиц-резидентов и индивидуальных предпринимателей в рублях по видам экономической деятельности и отдельным направлениям использования средств. [online] Available at: <https://www.fedstat.ru/indicator/38366> [Accessed 26.02.2025]. (in Russian); Банк России. Статистика ценных бумаг. [online] Available at: https://www.cbr.ru/statistics/macro_itm/sec_st/ [Accessed 26.02.2025]. (in Russian).

³³ Могилат А. и др. (2024) *Процентные расходы российских компаний*. [online] Available at: https://www.cbr.ru/content/document/file/169979/analytic_note_20241114_ddkp.pdf [Accessed 26.02.2025]. (in Russian).

³⁴ Там же.

³⁵ Ляхнова М., Коленко Ю. (2024) *Наукастинг оценки разрыва выпуска России по данным мониторинга предприятий*. [online] Available at: https://www.cbr.ru/statichtml/file/161713/wp_131.pdf [Accessed 26.02.2025]. (in Russian).



Рис. 9. Концептуальная структурная модель формирования инвестиционного канала

Fig. 9. Conceptual structural model of investment channel formation

Источник: составлено автором

Таблица 3. Динамика индексов отдельных факторов инвестиционного канала, от года к году, с 2017 г.
Table 3. Dynamics of indices of individual factors of the investment channel, year-on-year, from 2017

Показатель	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1. Инвестиции в основной капитал по полному кругу хозяйствующих субъектов РФ с 2017 г. за год	1,000	1,109	1,087	1,055	1,140	1,223	1,198
2. Кредиты юридических лиц (нефинансовым организациям), кредитный портфель	1,000	1,057	1,002	1,120	1,174	1,163	1,236
3. Степень износа основных средств по отдельным отраслям (без операций с недвижимым имуществом) *	1,000	0,996	1,022	1,031	1,025	1,018	1,010
4. Сальдированный финансовый результат, всего по экономике РФ	1,000	1,337	1,142	0,788	2,387	0,874	1,285
5. Сальдированный финансовый результат по обрабатывающим отраслям	1,000	1,175	1,296	0,928	2,109	0,954	1,157

* Включены отрасли: сельское и лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство, добыча полезных ископаемых, обрабатывающие производства, обеспечение электроэнергией, газом и паром, водоснабжение, водоотведение, организация сбора и утилизации отходов

Источник: рассчитано автором на основе данных (табл. 2)

- Приоритизация и декомпозиция стратегических целей и задач. Стратегический целевой анализ всех видов капитала и ресурсов, включая финансовые, а также рыночных возможностей и перспектив;
- Включение в периметр стратегического анализа всех факторов и элементов производственного капитала экономики предложения, в том числе технологические решения, состояние основных производственных фондов, уровень износа, обновления и пр.;
- Использование моделей, методов и инструментов стратегического планирования как отраслей, так и кластеров, межотраслевых интеграций с детерминацией инвестиционного канала на макро-, мезо-, микроуровне;

- Стратегический анализ полной цепочки формирования добавленной стоимости, ценности, ключевых факторов конкурентоспособности производимой продукции в межотраслевом интеграционном представлении;
- Выявление в результате стратегического анализа и мониторинга инвестиционных триггеров;
- Формирование регуляторами инвестиционных стимулов для всех участников рынка в целях формирования инвестиционного спроса;
- ДКП мегарегулятора, формирующая инвестиционный импульс и стимулирующая инвестиционный спрос;
- Стратегический модельный подход с адаптационным механизмом [32], разработка адаптационного подхода в проводимой регуляторной политике;
- Поиск факторов роста на всех этапах инвестиционного процесса, включая межотраслевые цепочки, при реализации общей стратегической цели – формирование экономики предложения.

Заключение

В результате проведенной работы получены следующие результаты:

1) Выдвинуто определение: *интегрированный стратегический инвестиционный менеджмент* представляет собой процесс разработки и реализации управленческих решений в отношении объектов и субъектов инвестирования, а также интеграции в ходе инвестиционного процесса стратегических методов управления и аналитических средств в целях реализации инвестиционной стратегии и адаптации к внешним экономическим шокам.

2) Проведено исследование по детерминации инвестиционного канала и дано определение: *инвестиционный канал экономики* – это интегрированный финансовый и экономический механизм формирования инвестиционного импульса на все уровни экономики и финансового рынка на основе мониторинга инвестиционных триггеров, в целях реализации стратегической цели – формирования экономики предложения. Введено понятие *инвестиционного триггера* – критического фактора, который может значительно повлиять на инвестиционный процесс или отражает крайнюю необходимость инвестиций. Инвестиционный канал предложено рассматривать как объект стратегического управления.

3) Выдвинуто предложение по модификации части цепочки трансформации товаров на внутреннем рынке в прогнозной модели Банка России в целях дифференциации видов капитала и фокусирования на производственном капитале, в частности на капитале по производству средств производства.

4) Проведен анализ исследований относительно влияния финансовой и ДКП на экономический рост и предложение, который подтвердил его наличие, а для текущего периода развития – его существенность. Проведен корреляционно-регрессионный анализ некоторых факторов формирования инвестиционного канала и производственной базы экономики предложения. Сделан вывод, что степень износа основных производственных фондов может быть принята за инвестиционный триггер.

5) Предложен стратегический подход формирования инвестиционного канала, который характеризуется интеграцией инструментов инвестиционного и финансового менеджмента, анализа, в том числе межотраслевого, состояния всех видов ресурсов и капитала, включая финансовый, с фокусом на капитал по производству средств производства, в стратегических целях развития экономики предложения. Обозначены основные элементы стратегического подхода. Разработана концептуальная структурная модель формирования инвестиционного канала.

Направление дальнейших исследований

Перспективы исследования состоят в поиске инвестиционных триггеров для разных отраслей и кластеров, интеграционных территориально-производственных комплексов; в дальнейшем синтезе различных форм интеграции моделей стратегического управления и их апробация.



Актуальным является дальнейшая разработка моделей инвестиционного канала для разных экономических уровней от хозяйствующего субъекта до национального уровня, вертикального и горизонтального масштабирования в целях формирования экономики предложения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Болдырев Д.С. (2013) Теоретические основы и экономическая природа основных категорий инвестиционного анализа. Контент-анализ понятий «Инвестиции», «Инвестирование» и «Инвестиционная деятельность». *Экономический анализ: теория и практика*, 310 (7), 27–36.
2. Шихалеев П.А. (2023) Инвестиционный менеджмент на предприятии: сущность, значение, управление инвестициями и рисками их реализации. *Экономика и бизнес: теория и практика*, 8 (102), 191–198. DOI: <https://doi.org/10.24412/2411-0450-2023-8-191-198>
3. Орлов А.И. (2021) О развитии теории принятий решений и экспертных оценок. *Научный журнал КубГАУ*, 167 (3), 1–22. DOI: <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-167-012>
4. Крайчик Г.И., Верлен М. (2017) Обзор современных подходов теории принятия решений в инвестиционном менеджменте. *Ученые записки Международного банковского института*, 19, 70–84.
5. Вольчик В.В., Маслюкова Е.В. (2022) Институциональные изменения и вызовы российской инновационной системы. *Terra Economicus*, 20 (4), 23–44. DOI: <https://doi.org/10.18522/2073-6606-2022-20-4-23-44>
6. Жукова Т.В. (2024) Финансовое развитие и экономический рост: актуальные вопросы теории и практики исследований. *Вопросы экономики*, 12, 29–49. DOI: <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2024-12-29-49>
7. Шумпетер Й.А. (2008) *Теория экономического развития. Капитализм, социализм и демократия*, М: Эксмо.
8. Столбов М.И. (2008) Влияние финансового рынка на экономический рост и деловые циклы. *Экономика России: XXI век*, 8, 55–69.
9. Салерно Д. (2011) Золотые стандарты: истинные и ложные. В книге: *Золотой стандарт: теория, история, политика*, Челябинск: Социум, 429–458.
10. Маевский В.И. (2018) Мезоуровень и иерархическая структура экономики. *Журнал институциональных исследований*, 10 (3), 18–29. DOI: <https://doi.org/10.17835/2076-6297.2018.10.3.018-029>
11. Мамонов М. и др. (2018) Поиск оптимальной глубины и структуры финансового сектора точки зрения экономического роста, макроэкономической и финансовой стабильности. *Деньги и кредит*, 3, 89–123. DOI: <https://doi.org/10.31477/rjmf.201803.89>
12. Rebelo S. (1991) Long-Run Policy Analysis and Long-Run Growth. *Journal of Political Economy*, 99 (3), 500–521. DOI: <http://dx.doi.org/10.1086/261764>
13. Синяков А., Стырин К., Хотулев И. (2022) Обзор экономического симпозиума в Джексон-Хоул «Переоценка ограничений в экономике и политике». *Деньги и Кредит*, 81 (4), 113–128.
14. Вольчик В.В., Филоненко Ю.В., Кривошеева-Медянцева Д.Д. (2015) Адаптивная рациональность, адаптивное поведение и институты. *Журнал институциональных исследований*, 7 (4), 138–155.
15. Радыгин А.Д., Абрамов А.Е., Чернова М.И. (2024) Динамика совокупной факторной производительности экономики и влияющие на нее факторы. *Экономическая политика*, 19 (3), 6–43. DOI: <https://doi.org/10.18288/1994-5124-2024-3-6-43>
16. Данилов Ю.А., Пивоваров Д.А. (2024) Финансовая структура: новый аспект анализа и новые результаты. *Вопросы экономики*, 3, 5–26. DOI: <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2024-3-5-26>
17. Banerjee S., Mitra A., Mohanti D. (2023) Leverage and corporate investment – a cross-country analysis. *Investment Management and Financial Innovations*, 20 (3), 126–136. DOI: [http://dx.doi.org/10.21511/imfi.20\(3\).2023.11](http://dx.doi.org/10.21511/imfi.20(3).2023.11)
18. Sargent T., Wallace N. (1981) Some Unpleasant Monetarist Arithmetic. *Federal Reserve Bank of Minneapolis. Quarterly Review*, 5 (3), 1–17. DOI: <https://doi.org/10.21034/qr.531>
19. Afonso A. (2005) Ricardian Fiscal Regimes in the European Union. *Working Paper Series. European Central Bank*, 558.
20. Пирзада К., Ахмед К., Моэнс Г. (2023) Интеграция бизнес-стратегий с целями устойчивого развития. *Форсайт*, 17 (2), 5–7. DOI: <https://doi.org/10.17323/2500-2597.2023.2.5.7>

21. Сяоянь В., Хашим Н.А. (2023) Концептуальные основы стратегического менеджмента. *Форсайт*, 17 (3), 78–87. DOI: <https://doi.org/10.17323/2500-2597.2023.3.78.87>
22. Каталевский Д. (2023) Новые управленческие подходы для предотвращения краха сложных социально-экономических систем. *Форсайт*, 17 (3), 56–67. DOI: <https://doi.org/10.17323/2500-2597.2023.3.56.67>
23. Кедарья Т., Элалуф А. (2023) Управление возникающими рисками в банковском секторе. *Форсайт*, 17 (3), 68–76. DOI: <https://doi.org/10.17323/2500-2597.2023.3.68.76>
24. Васильева Р., Сохаг К., Хаммуде Ш. (2023) Распределительная парадигма роста в стратегиях устойчивого регионального развития. *Форсайт*, 17 (4), 54–67, 2023. DOI: <https://doi.org/10.17323/2500-2597.2023.4.54.67>
25. Скоробогатов А.С. (2024) Денежно-кредитная политика и долговременная стабильность экономики. *Вопросы экономики*, 8, 28–49. DOI: <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2024-8-28-49>
26. Бабкин А.В., Кирильчук С.П., Наливайченко Е.В. (2024) Парадокс экономики потребления как источника финансирования инвестиций развития Индустрии 4.0/5.0. *π-Economy*, 17 (2), 100–130. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.17206>
27. Файоль А. (1923) *Общее и промышленное управление*, М.: Центральный Институт Труда.
28. Севастьянов И.М., Шалгин В.О. (2016) Основы инвестиционного менеджмента и инвестиционные риски. *Экономика и управление в XXI веке: тенденции развития*, 33 (2), 132–136.
29. Чернова О.А., Василатий О.В. (2024) Ресурсный подход к оценке возможностей промышленного развития региона. *Экономика региона*, 20 (3), 819–835. DOI: <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2024-3-14>
30. Мякшин В.Н., Петров В.Н., Песьякова Т.Н. (2024) Определение региональных отраслевых приоритетов на основе ключевых точек инвестиционного роста. *Экономика региона*, 20 (3). DOI: <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2024-3-17>
31. Портер М. (2005) *Конкурентное преимущество*, М: Альпина Бизнес Букс.
32. Красюк Т.Н. (2021) Проблемы управления адаптивностью экономической системы на примере финансовой экосистемы. *Вестник экспертного совета*, 25 (2), 83–89.

REFERENCES

1. Boldyrev D.S. (2013) Teoreticheskie osnovy i ekonomicheskaja priroda osnovnykh kategorii investitsionnogo analiza. Kontent-analiz poniatii “Investitsii”, “Investirovanie” i “Investitsionnaja deiatel'nost'” [Theoretical foundations and economic nature of the main categories of investment analysis. Content analysis of the concepts of “Investments”, “Investing” and “Investment activity”]. *Economic Analysis: Theory and Practice*, 310 (7), 27–36.
2. Shikhaleev P.A. (2023) Investment management at the enterprise: Nature, significance, management of investments and risks of their realization. *Economy and Business: Theory and Practice*, 8 (102), 191–198. DOI: <https://doi.org/10.24412/2411-0450-2023-8-191-198>
3. Orlov A.I. (2021) On the development of the theory of decision-making and experts estimations. *Scientific Journal of KubSAU*, 167 (3), 1–22. DOI: <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-167-012>
4. Kraychik G.I., Verlaine M. (2017) An overview of modern decision-theoretic approaches in investment management. *Proceedings of the International Banking Institute*, 19, 70–84.
5. Volchik V.V., Maslyukova E.V. (2022) Institutional change and Russian innovation system challenges. *Terra Economicus*, 20 (4), 23–44. DOI: <https://doi.org/10.18522/2073-6606-2022-20-4-23-44>
6. Zhukova T.V. (2024) Financial development and economic growth: Current issues of theory and practice of research. *Voprosy Ekonomiki*, 12, 29–49. DOI: <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2024-12-29-49>
7. Schumpeter J. (1997) *Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung: Eine Untersuchung über Unternehmengewinn, Kapital, Kredit, Zins und den Konjunkturzyklus*, Munich: Duncker & Humblot.
8. Stolbov M.I. (2008) The impact of financial market on growth and business cycle. *Ekonomika Rossii: XXI vek [Economy of Russia: 21st century]*, 8, 55–69.
9. Salerno J. (2011) Gold Standards: True and False. In: *Zolotoi standart: teoriia, istoriia, politika [Gold Standard: Theory, History, Politics]*. Cheliabinsk: Sotsium, 429–458.
10. Maevsky V.I. (2018) Mesolevel and Hierarchical Structure of the Economy. *Journal of Institutional Studies*, 10 (3), 18–29. DOI: <https://doi.org/10.17835/2076-6297.2018.10.3.018-029>



11. Mamonov M. et al. (2018) Identification of Financial Sector Optimal Depth and Structure from the Perspective of Economic Growth, Macroeconomic and Financial Stability. *Russian Journal of Money & Finance*, 3, 89–123. DOI: <https://doi.org/10.31477/rjmf.201803.89>
12. Rebelo S. (1991) Long-Run Policy Analysis and Long-Run Growth. *Journal of Political Economy*, 99 (3), 500–521. DOI: <http://dx.doi.org/10.1086/261764>
13. Sinyakov, A., Styryn, K. and Khotulev, I. (2022). Review of the Jackson Hole Economic Policy Symposium ‘Reassessing Constraints on the Economy and Policy’. *Russian Journal of Money & Finance*, 81 (4), 113–128.
14. Volchik V., Filonenko J., Krivosheeva-Medyantseva D. (2015) Adaptive Rationality, Adaptive Behavior and Institutions. *Journal of Institutional Studies*, 7 (4), 138–155.
15. Radygin A.D., Abramov A.E., Chernova M.I. (2024) Differentials in Countries’ Total Factor Productivity and the Factors Influencing Them. *Economic Policy*, 19 (3), 6–43. DOI: <https://doi.org/10.18288/1994-5124-2024-3-6-43>
16. Danilov Yu.A., Pivovarov D.A. (2024) Financial structure: A new aspect of analysis and new results. *Voprosy Ekonomiki*, 3, 5–26. DOI: <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2024-3-5-26>
17. Banerjee S., Mitra A., Mohanti D. (2023) Leverage and corporate investment – a cross-country analysis. *Investment Management and Financial Innovations*, 20 (3), 126–136. DOI: [http://dx.doi.org/10.21511/imfi.20\(3\).2023.11](http://dx.doi.org/10.21511/imfi.20(3).2023.11)
18. Sargent T., Wallace N. (1981) Some Unpleasant Monetarist Arithmetic. *Federal Reserve Bank of Minneapolis. Quarterly Review*, 5 (3), 1–17. DOI: <https://doi.org/10.21034/qv.531>
19. Afonso A. (2005) Ricardian Fiscal Regimes in the European Union. *Working Paper Series. European Central Bank*, 558.
20. Pirzada K., Ahmed K., Moens G. (2023) Aligning Corporate Strategies with the Sustainable Development Goals. *Foresight and STI Governance*, 17 (2), 5–7. DOI: <https://doi.org/10.17323/2500-2597.2023.2.5.7>
21. Xiaoyang W., Hashim N.A. (2023) Conceptual Frameworks of Strategic Management. *Foresight and STI Governance*, 17 (3), 78–87. DOI: <https://doi.org/10.17323/2500-2597.2023.3.78.87>
22. Katalevsky D. (2023) New Governance Approaches to Prevent the Collapse of Complex Socio-economic Systems. *Foresight and STI Governance*, 17 (3), 56–67. DOI: <https://doi.org/10.17323/2500-2597.2023.3.56.67>
23. Kedarya T., Elalouf A. (2023) Risk Management Strategies for the Banking Sector to Cope with the Emerging Challenges. *Foresight and STI Governance*, 17 (3), 68–76. DOI: <https://doi.org/10.17323/2500-2597.2023.3.68.76>
24. Vasilyeva R., Sohag K., Hammoudeh S. (2023) Distributional Growth Paradigm in the Strategies of Sustainable Regional Development. *Foresight and STI Governance*, 17 (4), 54–67, 2023. DOI: <https://doi.org/10.17323/2500-2597.2023.4.54.67>
25. Skorobogatov A.S. (2024) Monetary policy and long-run economic stability. *Voprosy Ekonomiki*, 8, 28–49. DOI: <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2024-8-28-49>
26. Babkin A.V., Kirilchuk S.P., Nalivaychenko E.V. (2024) The paradox of the consumer economy as a source of financing for investments in the development of Industry 4.0/5.0. *π -Economy*, 17 (2), 100–130. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.17206>
27. Fayol H. (1918) *Administration industrielle et générale*, Paris: H. Dunod et E. Pinat.
28. Sevast'ianov I.M., Shalgin V.O. (2016) Osnovy investitsionnogo menedzhmenta i investitsionnye riski [Fundamentals of investment management and investment risks]. *Ekonomika i upravlenie v XXI veke: tendentsii razvitiia [Economy and management in the 21st century: development trends]*, 33 (2), 132–136.
29. Chernova O. A., Vasilatii O. V. (2024) Resource Approach to Assessing the Development Opportunities of Regional Industrial Systems. *Economy of Regions*, 20 (3), 819–835. DOI: <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2024-3-14>
30. Myakshin V. N., Petrov V. N., Pesiakova T. N. (2024) Identification of Regional Sectoral Priorities Based on Key Investment Growth Points. *Economy of Regions*, 20 (3). DOI: <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2024-3-17>
31. Porter M.E. (2005) *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior*, NY: Free Press.
32. Krasnyuk T. (2021) Problems of economic system adaptivity management on the example of the financial ecosystem. *Vestnik ekspertnogo soveta [Bulletin of the Expert Council]*, 25 (2), 83–89.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT AUTHOR

КРАСЮК Татьяна Николаевна

E-mail: actualbil@gmail.com

Tatyana N. KRASYUK

E-mail: actualbil@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6419-3943>

Поступила: 09.01.2025; Одобрена: 25.02.2025; Принята: 25.02.2025.

Submitted: 09.01.2025; Approved: 25.02.2025; Accepted: 25.02.2025.