

<https://doi.org/10.17073/2072-1633-2025-1-1383>

Когнитивное моделирование экономического развития промышленных экосистем

Е.С. Митяков¹  , Н.Н. Карпухина¹ , С.Н. Митяков² , А.И. Ладынин¹ 

¹ МИРЭА – Российский технологический университет,
119454, Москва, просп. Вернадского, д. 78, Российская Федерация

² Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,
603155, Нижний Новгород, ул. Минина, д. 24, Российская Федерация

 mityakov@mirea.ru

Аннотация. В современных условиях развития экономики, характеризующихся высокой степенью неопределенности, задачи реиндустриализации и импортозамещения требуют новых подходов к анализу и принятию решений. В статье рассмотрено применение когнитивного подхода к моделированию условий и факторов эффективной реиндустриализации и импортозамещения промышленных экосистем. На основе когнитивной карты выполнен анализ и визуализация взаимосвязей факторов реиндустриализации и промышленной политики. Когнитивные карты служат эффективным инструментом для моделирования сложных социально-экономических систем, позволяя выявлять ключевые взаимосвязи между факторами, влияющими на их развитие. Определены три сценария развития промышленных экосистем (инновационно-прорывной, модернизационный и инерционный) и их условия, которые различаются степенью реализации шести групп факторов (политических, социальных, экономических, инновационных, производственных, управленческих). Подчеркнута важность использования инструментария когнитивного анализа для обоснования стратегических решений и формирования эффективной промышленной политики с целью обеспечения реиндустриализации и импортоопережения в промышленных экосистемах и повышения устойчивости и конкурентоспособности национальной экономики.

Ключевые слова: промышленные экосистемы, когнитивные карты, реиндустриализация, импортоопережение, социально-экономические факторы, моделирование, сценарный анализ, инновации, государственная политика, экономическая устойчивость

Благодарности: Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда, проект № 23-78-10009.

Для цитирования: Митяков Е.С., Карпухина Н.Н., Митяков С.Н., Ладынин А.И. Когнитивное моделирование экономического развития промышленных экосистем. *Экономика промышленности*. 2025;18(1):63–77. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2025-1-1383>

Cognitive modelling of economic development of industrial ecosystems

E.S. Mityakov¹  , N.N. Karpukhina¹ , S.N. Mityakov² , A.I. Ladynin¹ 

¹ MIREA – Russian Technological University,
78 Vernadskogo Ave., Moscow 119454, Russian Federation

² Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev,
24 Minina Str., Nizhny Novgorod 603155, Russian Federation

 mityakov@mirea.ru

Abstract. In the present conditions of economic development characterized by extreme uncertainty, the tasks of reindustrialization and import substitution require new approaches to analysis and decision-making. The article studies application of cognitive approach to modeling conditions and factors of efficient reindustrialization and import substitution of industrial

ecosystems. On the basis of the cognitive map the authors analyze and visualize the relationships of the factors of reindustrialization and industrial policy. Cognitive maps are an effective tool for modelling complex socio-economic systems; they make it possible to identify the key relationships between the factors that influence their development. The authors define three scenarios of development of industrial ecosystems (innovation-and-breakthrough, modernization and inertia) and their conditions which vary by the degree of realization of six groups of factors (political, social, economic, innovative, industrial, managerial). The article highlights the importance of using tools of cognitive analysis for justifying strategic decisions and building an effective industrial policy to ensure reindustrialization and import advance in industrial ecosystems and increase sustainability and competitiveness of the national economics.

Keywords: industrial ecosystems, cognitive maps, reindustrialization, import advance, socio-economic factors, modelling, scenario analysis, innovation, government policy, economic sustainability

Acknowledgements: The research was supported by the Russian Scientific Foundation grant, project № 23-78-10009.

For citation: Mityakov E.S., Karpukhina N.N., Mityakov S.N., Ladynin A.I. Cognitive modelling of economic development of industrial ecosystems. *Russian Journal of Industrial Economics*. 2025;18(1):63–77. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2025-1-1383>

工业生态系统经济发展认知模型

E.S. 米佳科夫¹ , N.N. 卡尔普欣娜¹ , S.N. 米佳科夫² , A.I. 拉德宁¹ 

¹ MIREA – 俄罗斯技术大学, 119454, 俄罗斯联邦莫斯科维尔纳德斯基大道 78号,

² 下诺夫哥罗德国立技术大学, 603155, 俄罗斯下诺夫哥罗德米宁街 24 号

✉ mityakov@mirea.ru

摘要: 在以高度不确定性为特征的现代经济发展条件下, 再工业化和进口替代任务需要新的分析和决策方法。文章论述了应用认知方法模拟工业生态系统有效再工业化和进口替代的条件和因素。在认知地图的基础上, 对再工业化的因素和产业政策之间的相互关系进行了分析和可视化。认知地图是建立复杂社会经济系统模型的有效工具, 可以确定影响其发展的各因素之间的关键关系。确定了工业生态系统发展的三种情景 (创新突破、现代化和惯性) 及其条件, 它们在六组因素 (政治、社会、经济、创新、生产、管理) 的实施程度上有所不同。强调了使用认知分析工具论证战略决策的合理性和形成有效产业政策的重要性, 目的是确保工业生态系统的再工业化和进口替代, 并提高国民经济的可持续性和竞争力。

关键词: 工业生态系统、认知地图、再工业化、进口替代、社会经济因素、建模、情景分析、创新、公共政策、经济可持续性

致谢: 本研究由俄罗斯科学基金会资助, 项目编号: 23-78-10009

Введение

В современной нестабильной экономической среде способность предвидеть требует разработки сценариев на основе нетрадиционных подходов. Составление сценариев является важным методом для стран, которые активно осуществляют поиск подходов к решению проблемы повышения устойчивости и конкурентоспособности своих промышленных структур в условиях неопределенности. В этом контексте термины «реиндустриализация» и «импортоопережение» становятся ключевыми и отражают необходимость восстановления и развития национальной промышленности с акцентом на минимизацию зависимости от зарубежных поставок. В науч-

ной литературе раскрываются различные аспекты импортозамещения и реиндустриализации, подчеркивая их особенности и влияние на экономику. В исследовании [1] дан анализ мирового опыта политики импортозамещения и реиндустриализации, рассмотрены их макрорегиональные особенности, влияние на экономическую безопасность России, а также выделены как положительные, так и отрицательные стороны этих стратегий, с предложением путей совершенствования политики импортозамещения и учетом международного опыта. Работа [2] сосредоточена на вопросе рефлексивного управления импортозамещением в кластерах, подчеркивается, что оптимизация взаимодействия хозяйствующих

субъектов на основе выделения приоритетного кластера может повысить социально-экономическую эффективность регионов и способствовать выравниванию их развития. В исследовании [3] анализируются проблемы, возникающие в процессе импортозамещения в России, включая неоднозначность его понимания, многовариантность подходов и отсутствие методик оценки эффективности реализуемых мер.

Для повышения эффективности деятельности промышленные предприятия стараются найти точки взаимного интереса и совместного развития через участие в промышленных экосистемах [4]. Формирование и эволюция экосистем исследуются с различных аспектов. В частности, в исследовании [5] рассмотрены методы оценки развития инновационных экосистем с учетом их типа и сферы применения, а также концепция промышленного симбиоза как механизма кооперации между предприятиями для обмена ресурсами. В рамках этого направления анализируются промышленная экология и циркулярная экономика, их различия и возможности интеграции при проектировании промышленных кластеров [6]. Другие работы изучают промышленные экосистемы с позиций эволюционной экономики, рассматривая их как устойчивые сети взаимосвязанных предприятий, развивающихся под воздействием технологических, географических и культурных факторов. В данном контексте выделяются различные уровни экосистем – от локальных до национальных и наднациональных, что позволяет оценить их развитие в сравнении с ведущими индустриальными странами [7]. Также исследуются организационные аспекты функционирования промышленных экосистем, включая социальные факторы взаимодействия компаний [8].

Как отмечается в работе [9], промышленные экосистемы представляют собой устойчивые социально-экономические образования, органически сочетающие в себе черты кластеров, холдингов, финансово-промышленных групп, технопарков и бизнес-инкубаторов. Экосистемный подход предполагает рассмотрение промышленности во всем многообразии образующих ее элементов, взаимосвязей между ними и элементами внешней среды, выполняемых функций и протекающих процессов. Промышленные экосистемы, представляющие собой взаимосвязанные сети предприятий и организаций, играют важную роль в обеспечении конкурентоспособности экономики, а эффективное взаимодействие компонентов этих экосистем критически важно для реализации стратегий реиндустриализации и импортоопережения.

Стратегия реиндустриализации направлена на обновление всех технологических структур, замену устаревших технологий современными, инновационное обновление производства и, как следствие, качественное преобразование экономики [10]. Стратегия импортоопережения базируется на развитии и продвижении отечественных инноваций и новых технологий для формирования позиции страны в качестве мирового лидера в высокотехнологичных отраслях [11]. Можно сказать, что реиндустриализация и импортоопережение промышленных экосистем – это процесс возрождения промышленной сферы страны на основе инноваций и новых технологий путем создания современных производств, способных конкурировать с иностранными компаниями и выпускать товары, которые вытеснят зарубежные аналоги и позволят занять лидирующие позиции на зарубежных технологических рынках.

Задачи реиндустриализации и импортоопережения промышленных экосистем в условиях современной экономики требуют применения новых подходов к анализу и принятию решений. В этом контексте особую актуальность приобретает использование инструментария когнитивных карт. Когнитивная карта представляет собой знаковую модель в виде ориентированного графа, где вершины (концепты) обозначают элементы изучаемой системы, а направленные связи между ними отражают их взаимосвязь [12]. Этот подход позволяет анализировать как качественные, так и количественные данные, причем степень использования последних может увеличиваться в зависимости от возможностей их оценки в процессе моделирования. Когнитивные карты позволяют моделировать сложные социально-экономические системы, выявлять ключевые взаимосвязи и зависимости между факторами их развития. Они способствуют адаптации к динамичным условиям, выявляя «узкие» места и улучшая процессы принятия решений. Кроме того, расширенные версии когнитивных карт с использованием нечеткой логики и нейросетевых моделей показали свою эффективность в различных отраслях экономики, что делает их незаменимым инструментом для достижения долгосрочных целей экономической безопасности и развития.

Целью данного исследования является разработка когнитивной карты развития промышленных экосистем, которая должна служить инструментом для визуализации и анализа сложных факторов, условий и взаимосвязей, способствующих процессам реиндустриализации и импортоопережения. Основные задачи, стоящие перед когнитивной картой, включают выявление

ключевых факторов и взаимосвязей, влияющих на процессы реиндустриализации и импортоопережения, а также определение научно обоснованных сценариев развития промышленных экосистем, которые учитывают актуальные тенденции и вызовы, анализ потенциальных рисков и возможностей. Таким образом, разработка когнитивной карты позволит не только систематизировать знания о текущем состоянии и перспективах развития промышленных экосистем, но и может стать своеобразным базисом для принятия обоснованных решений на уровне промышленной политики.

Теоретические аспекты когнитивного моделирования в экономике

Современные технологии анализа данных, к которым относятся когнитивные карты, способствуют эффективному управлению и принятию решений в условиях динамично меняющейся среды. Когнитивное моделирование используется для исследования социально-экономических систем, включая проекты в сельском хозяйстве [13; 14], промышленности [15], а также в других сферах, например, в финансовом секторе [16].

Когнитивное моделирование находит все более широкое применение в промышленных системах, способствуя оптимизации процесса принятия решений. Когнитивные модели позволяют имитировать реальные ситуации, например, поведение человека в критичных по времени задачах, таких как управление транспортными средствами [17]. Применение когнитивных технологий дает возможность идентифицировать «узкие» места и усовершенствовать процессы принятия решений. Эти модели способствуют стратегическому развитию и техническому переоснащению промышленных предприятий [18]. Когнитивные модели, имитирующие работу человеческого мозга, позволяют понять, как люди взаимодействуют с автоматизированными системами (например, роботами) [19]. Таким образом, инструмент когнитивного моделирования становится актуальным для анализа и прогнозирования в различных областях.

Результатом когнитивного моделирования являются когнитивные карты. Когнитивные карты – это ментальные представления, которые помогают людям понимать и ориентироваться в сложных системах. В экономике они используются для моделирования и анализа взаимосвязей между различными экономическими переменными и прогнозирования результатов на основе этих взаимосвязей.

Когнитивные карты, или карты причин, являются полезным инструментом для исследования и вмешательства в деятельность социально-экономических систем, но их статус и цели требуют пояснения [20].

В научной литературе даны различные подходы к использованию когнитивных карт в экономике. Доказательные когнитивные карты объединяют когнитивные карты с теорией доказательств Демпстера–Шейфера для обработки неопределенной информации, обеспечивая основу для социально-экономического моделирования [21]. Когнитивные карты можно создавать с использованием методов тематического моделирования, а не экспертных отчетов, что повышает надежность прогнозов [22]. Нечеткие когнитивные карты, которые объединяют математический аппарат нечеткой логики и нейросетевого моделирования, широко используются для анализа, принятия решений и прогнозирования при решении экономических задач [23].

Несмотря на актуальность темы когнитивного моделирования в экономике, этому направлению не уделяют должного внимания. Научные исследования традиционно сосредоточены на математических и статистических моделях для выявления зависимостей в системах. В случае слабо формализуемых задач применяются экспертные методы, например, метод Дельфи [24]. Когнитивное моделирование как развитие экспертных методов позволяет не только выявлять прямое и косвенное взаимодействие элементов социально-экономической системы, но и учитывать сложность процессов, включая использование нечеткой логики и лингвистических переменных для обработки трудно формализуемых данных.

Таким образом, когнитивные карты выступают ценным инструментом при исследовании социально-экономических систем, моделировании сложных отношений и прогнозировании результатов. В отличие от традиционных методов анализа данных, когнитивные карты дают возможность персонализированного прогнозирования и более точного моделирования поведения в условиях неопределенности, что особенно важно для решения задач реиндустриализации и импортоопережения.

Формализация задачи построения когнитивной карты

Формализуем задачу построения когнитивной карты. Когнитивная карта представляет собой взвешенный ориентированный граф, где концепты $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ – это вершины графа, а влияние между ними моделируется с помощью

взвешенных направленных ребер $W = \{w_{ij}\}$, где $\{w_{ij}\}$ – вес связи, отражающий степень влияния между концептами C_i и C_j .

Формально модель представляется как ориентированный граф

$$G = \langle C, W \rangle, \quad (1)$$

где C – множество вершин (концептов); W – матрица весов связей, при этом $w_{ij} \in W$ может принимать числовые значения или быть выраженным лингвистическими переменными, определяющими степень влияния концептов друг на друга. Вес связи w_{ij} может быть положительным при положительном влиянии концепта C_i на C_j , а также отрицательным – при отрицательном влиянии или нулевым – отсутствии такого влияния.

Прямое влияние между концептами C_i и C_j представляется ребром с весом w_{ij} , а не прямое влияние через промежуточный концепт C_k записывается как

$$C_i \rightarrow C_k \rightarrow C_j, \quad (2)$$

что можно выразить через композицию влияний

$$w_{ij}^{(indirect)} = w_{ik} \cdot w_{kj}. \quad (3)$$

Таким образом, когнитивная карта позволяет учитывать как прямое, так и опосредованное влияние концептов.

Для сложных систем с неопределенностью, когда прямое количественное описание затруднено, веса w_{ij} могут быть представлены лингвистическими переменными, которые далее интерпретируются и получают количественное выражение с использованием методов нечеткой

логики или через экспертные оценки. Это позволяет расширить возможности когнитивного моделирования, обрабатывая трудноформализуемые зависимости.

Итоговая когнитивная карта строится с целью анализа взаимодействий и прогнозирования поведения системы, в которой результирующий концепт C_r – это вершина-сток, на которую оказывают влияние все остальные концепты, прямо или опосредованно:

$$C_1, C_2, \dots, C_n \rightarrow C_r. \quad (4)$$

При этом результирующее влияние на вершину-сток можно выразить через линейную комбинацию всех прямых и косвенных влияний

$$w_r = \sum_i w_{ir} + \sum_{i,k} w_{ik} w_{kr}. \quad (5)$$

Таким образом, когнитивная карта позволяет эффективно моделировать и анализировать сложные социально-экономические системы с учетом как прямых, так и косвенных взаимодействий между концептами.

Разработка сценариев развития на основе когнитивной карты

Построение сценариев после создания когнитивной карты позволяет прогнозировать развитие социально-экономической системы, оценить последствия изменений и выявить критические элементы, влияющие на ее динамику. Пошаговая процедура, описывающая этапы построения сценариев на основе когнитивной карты, представлена в **табл. 1**.

Таблица 1 / Table 1

Этапы построения сценариев на основе когнитивной карты

Development stages of cognitive map-based scenarios

Этап	Описание
1. Определение исходных условий	Определение начальных значений концептов, отражающих текущее состояние системы или желаемые сценарии. Эти значения могут быть как количественными (числовыми), так и качественными
2. Анализ связей	Идентификация прямых и косвенных влияний между концептами с помощью весов связей
3. Моделирование изменений	Прогноз изменения концептов на основе их взаимосвязей (например, если вес связи между концептом 1 и концептом 2 равен 0,8, это может означать, что при увеличении концепта 1 на 10% уровень концепта 2 может увеличиться на 8%)
4. Прогнозирование результирующих изменений	Расчет влияния концептов на целевой концепт по формуле (5)
5. Анализ альтернативных сценариев	Модификация начальных условий или параметров системы для моделирования различных сценариев
6. Повторение цикла моделирования	Повтор этапов 1–5 для каждого сценария, отслеживая динамику изменений

Источник: составлено авторами с использованием [25]

Source: compiled by the authors using [25]

Таким образом, когнитивное моделирование и построение когнитивных карт позволяет разработать научно обоснованные сценарии и прогнозы.

Когнитивное моделирование развития промышленных экосистем

Формализация факторов (концептов) когнитивной модели и разработка когнитивной карты. Для того чтобы полноценно оценить ситуацию, провести системный анализ, а также спрогнозировать дальнейшее развитие и принять решение, чаще всего в качестве концептов когнитивной карты выбирают факторы внутренней и внешней дальней и ближайшей среды моде-

лируемого объекта. Поэтому при формировании набора факторов популярность получили подходы, основанные на PEST- и SWOT-анализе, которые обеспечивают базовую модель распределения факторов влияния на моделируемый объект. В данном исследовании предлагается расширенный подход к оценке происхождения факторов экономического развития промышленных экосистем и их взаимодействия. В дополнении к политическим, экономическим и социальным факторам экономического развития промышленных экосистем авторами выделены также инновационные, производственные и управленческие факторы. Перечень этих факторов и их качественные характеристики представлены в табл. 2.

Таблица 2 / Table 2

Факторы когнитивной модели экономического развития промышленных экосистем

Cognitive model factors of industrial ecosystems economic development

Фактор	Методическое пояснение
Политические факторы	
1. Законодательная поддержка	Принятие законов для защиты внутреннего рынка и стимулирования отечественного производства, ограничение импорта
2. Государственная промышленная политика	Разработка и реализация программ реиндустриализации и импортозамещения, установление стратегических приоритетов
3. Субсидии и налоговые льготы	Формирование государственных программ поддержки отечественных предприятий
4. Торгово-экономическая политика	Разработка мер регулирования импорта (тарифные и нетарифные), поддержка экспорта отечественной продукции, регулирование цен на ресурсы и энергоносители
5. Внешнеэкономическая политика	Разработка санкционных мер, защита национальных интересов, ответные действия на внешнее давление
6. Поддержка малого и среднего предпринимательства (МСП)	Формирование программ субсидирования, предоставление налоговых льгот, упрощение административных процедур, улучшение доступа к кредитам для МСП, развитие рыночной инфраструктуры
Социальные факторы	
7. Уровень жизни	Увеличение покупательской способности населения, оптимизация структуры спроса, предоставление социальных гарантий населению, задействованному в промышленной экосистеме
8. Демографические изменения	Увеличение численности трудоспособного населения, оптимизация миграционных потоков
9. Образование и квалификация	Подготовка квалифицированных кадров для отраслей, переквалификация работников, развитие профессионального образования
Экономические факторы	
10. Структура экономики	Диверсификация структуры экономики, оптимизация отраслевой структуры промышленности
11. Инвестиционный климат	Предоставление доступа к финансовым ресурсам, увеличение объема инвестиций, обеспечение государственно-частного партнерства
12. Макроэкономическая стабильность	Контроль инфляции, стабилизация валютного курса
13. Рынок труда	Стабилизация уровня занятости, повышение производительности труда, мобильность рабочей силы, увеличение инвестиций в человеческий капитал, оптимизация размещения производственных сил
14. Развитие локальной экономики	Привлечение инвестиций в регионы страны, поддержка и наращивание спроса на продукцию отечественного производства на внутреннем рынке

Окончание таблицы 2 / End of Table 2

Фактор	Методическое пояснение
Инновационные факторы	
15. Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР)	Развитие научно-исследовательских центров, долевое (совместное) финансирование исследований, патентование новых технологий, трансфер результатов НИОКР в промышленность, развитие взаимодействия между научными организациями и промышленностью
16. Технологические инновации	Внедрение передовых технологий, коммерциализация отечественных разработок, создание новых продуктовых серий
17. Инновационная инфраструктура	Создание и развитие технопарков, инкубаторов, венчурных фондов, центров трансфера технологий для инновационных проектов и стартапов
Производственные факторы	
18. Модернизация мощностей	Обновление оборудования, внедрение новых производственных технологий
19. Цифровизация	Автоматизация и цифровая трансформация производственных процессов
20. Экологическая ответственность	Снижение выбросов загрязняющих веществ, повышение энергетической эффективности, управление отходами, внедрение «зеленых» технологий, оценка воздействия на окружающую среду, соблюдение экологических требований и ужесточение экологических требований к промышленному производству
21. Инфраструктурная поддержка	Развитие транспортной и логистической инфраструктуры, обеспечение ресурсами и энергией
22. Качество продукции	Совершенствование технического регулирования и стандартизации, развитие отечественных брендов
Управленческие факторы	
23. Оптимизация бизнес-процессов	Наличие инструментов оптимизации производственных процессов, методов бережливого производства, инструментов для оптимизации логистики и цепочек поставок
24. Прогнозирование	Наличие инструментов для своевременного прогнозирования угроз и изменений мировой промышленности, предсказания рыночных трендов и потребностей
25. Кооперация и координация	Наличие инструментов кооперации и координации отраслевых, межотраслевых, региональных, глобальных совместных производственных цепочек создания добавленной стоимости
26. Цифровые платформы	Внедрение digital-инструментов и платформ для обеспечения взаимодействия участников экосистемы и поиска партнеров

Совокупность элементов в табл. 2 дает возможность проанализировать взаимодействие факторов когнитивной модели экономического развития промышленных экосистем. Анализ может проводиться как на уровне укрупненных групп факторов («политические», «управленческие», «производственные» и др.), так и на основе полного набора из 26 факторов, что позволяет глубоко и всесторонне изучить элементы в промышленной экосистеме и установить взаимосвязи между ними.

Оценка связей между факторами когнитивной карты. В рамках оценки силы взаимовлияния факторов была разработана матрица признаков, характеризующая связи между ними в задаче когнитивного моделирования. Для определения силы этих связей авторы статьи провели опрос экспертов из научного и бизнес-сообщества. Результаты обработки экспертных оценок представлены в матрице оценок (табл. 3).

Эксперты осуществили количественную оценку силы взаимодействия каждого из факторов по шкале от 0 до 1. Полученные данные были суммированы, и для вычисления усредненного значения произведено деление на количество экспертов, предоставивших оценки, что обеспечило объективность результатов.

При отборе участников для исследования было важно придерживаться определенных критериев, чтобы обеспечить репрезентативность выборки. В опросе участвовало 110 экспертов – представителей высших учебных заведений, академических исследовательских центров и различных секторов промышленности и бизнеса, что в целом достаточно для исследований подобного рода [26]. В табл. 3 много клеток оказалось пустыми, поскольку эксперты не смогли однозначно определить степень взаимовлияния факторов и поэтому решили не заполнять соответствующие клетки.

Таблица 3 / Table 3

Матрица связей факторов когнитивной карты экономического развития промышленных экосистем

Matrix of cognitive map factors connection for industrial ecosystems economic development

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1	0									1																
2		0		0,4						0,8																
3			0										1													
4				0										0,7												
5					0					0,5																
6						0								0,7												
7							0						0,5													
8								0					0,6													
9									0				0,8													
10										0					0,5											
11											0				0,7											
12												0		0,6												
13													0					1								
14														0												
15															0	1										
16																0		0,8								
17																	0	0,6	0,6							
18																		0						0,9		
19																	0,6	0,8	0							
20																		-0,7		0				0,6		
21																					0		0,8		0,8	
22																						0		1		
23																							0		0,8	
24																							0,6	0		
25																									0	
26																								0,6	0,6	

В матрице выше представлены веса связей между факторами-концептами когнитивной карты. Представленные веса характеризуют силу связи между факторами, определяющими влияние в нечеткой когнитивной карте. Данные, представленные в табл. 3, являются усредненными результатами опроса экспертов. Каждое значение в матрице оценок отражает среднюю силу связи между соответствующими факторами когнитивной карты, полученное на основе мнений 110 участников.

Далее на основе данных табл. 3 была построена когнитивная карта факторов, определяющих экономическое развитие промышленных экосистем в России. Каждый из факторов является вершиной графа – концептом, составляющим

единую структуру когнитивной карты. Представленная когнитивная карта позволяет связать совокупность факторов экономического развития промышленных экосистем и количественно оценить их не прямое влияние друг на друга (**рис. 1**).

На рис. 1, номер вершины когнитивного графа соответствует порядковому номеру соответствующего концепта в табл. 2. Характерной особенностью представленной когнитивной карты является наличие концептов, представляющих листья в древовидной структуре графа. Так, концепт 7 «Уровень жизни» (см. табл. 2) представляет собой лист, который не оказывает выраженного влияния на остальные рассматриваемые концепты. Одновременно, концепт 14 «Развитие локальной экономики» подвержен множествен-

фические изменения», однако, оно выражено слабее, чем прямые влияния соответствующих концептов.

Укрупненная когнитивная карта. Для упрощения анализа и визуализации взаимосвязей между группами факторов экономического развития промышленных экосистем представим укрупненную когнитивную карту, которая поможет облегчить восприятие сложной системы взаимодействий, выявить общие тенденции и связи между группами факторов, а также свести к минимуму разногласия между экспертами, так как чаще всего взаимосвязи между общими категориями оценивать легче.

Для систематизации характеристик влияния представим визуализацию когнитивной карты. Итоговая модель принимает вид полносвязного графа без петель, характеризующего взаимное влияние групп факторов (**рис. 2**). На рисунке, номер вершины когнитивной карты соответствует номеру группы факторов в **табл. 4**.

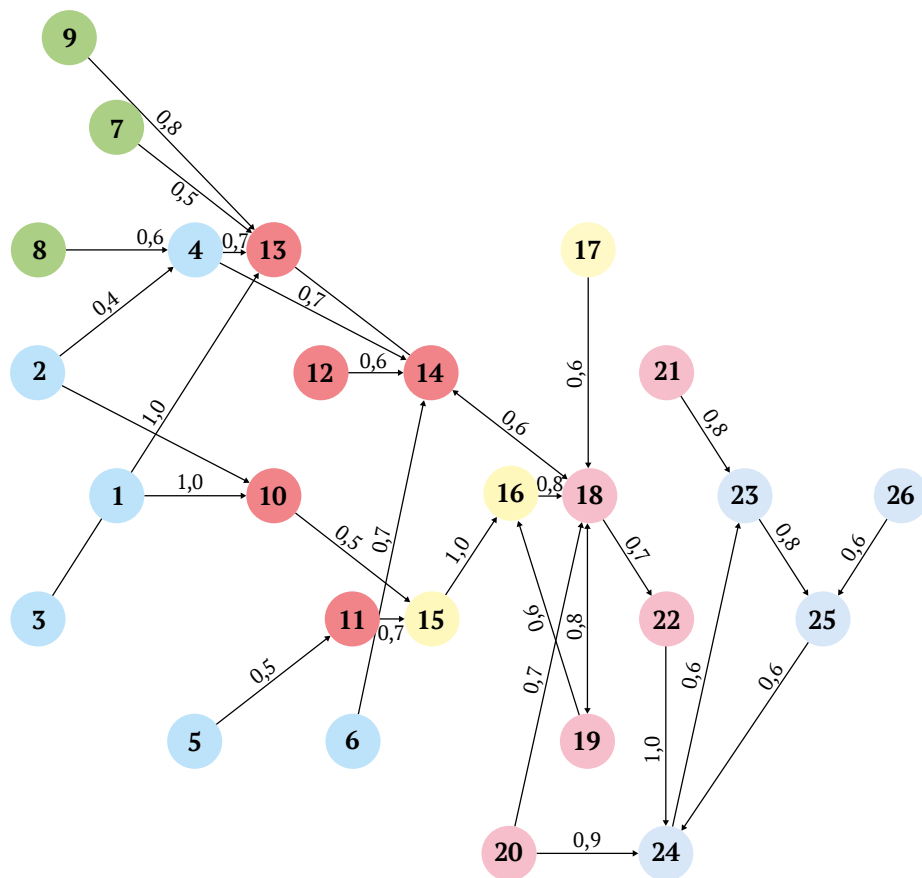


Fig. 1. Cognitive map of industrial ecosystems economic development factors

Таблица 4 / Table 4

Укрупненная матрица связей факторов когнитивной карты экономического развития промышленных экосистем

An enlarged matrix of connections of factors of the cognitive map of economic development of industrial ecosystems

Факторы экономического развития	Политические	Социальные	Экономические	Инновационные	Производственные	Управленческие
1. Политические	0	0,6	0,7	0,5	0,7	0,6
2. Социальные	0,6	0	0,5	0,3	0,4	0,5
3. Экономические	0,7	0,5	0	0,6	0,8	0,4
4. Инновационные	0,5	0,3	0,6	0	0,7	0,6
5. Производственные	0,7	0,4	0,8	0,7	0	0,5
6. Управленческие	0,6	0,5	0,4	0,6	0,5	0

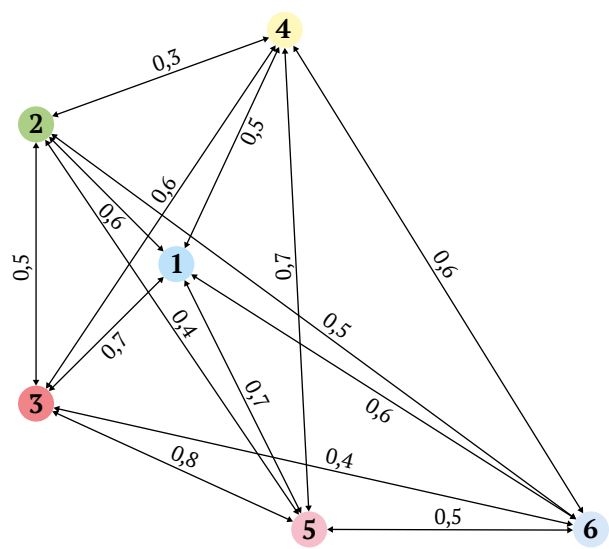


Рис. 2. Когнитивная карта групп факторов экономического развития промышленных экосистем в России

Fig. 2. Cognitive map of groups of factors of economic development of industrial ecosystems in Russia

Анализ взаимосвязей между факторами, представленный в матрице (см. табл. 4) и на рис. 2, демонстрирует значительное влияние политических факторов на все остальные группы, особенно на социальные (коэффициент связи 0,6) и экономические (коэффициент связи 0,7). Это указывает на ключевую роль государственного регулирования, законодательных инициатив и мер поддержки отечественной промышленности в создании устойчивых условий для функционирования промышленных экосистем. Социальные факторы, в свою очередь, оказывают влияние на экономические (коэффициент связи 0,5) и управленческие (коэффициент связи 0,5), что отражает тесную взаимосвязь меж-

ду уровнем жизни, образованием и развитием экономики и управления. Высокий уровень образования и благосостояния населения положительно влияет на производительность труда и способствует экономическому росту.

Анализ матрицы взаимосвязей факторов (см. табл. 4) демонстрирует высокую степень влияния экономических факторов на производственные (коэффициент связи 0,8), что подтверждает критическую важность стабильного экономического развития и отсутствия шоков для функционирования высокотехнологичного производства в промышленных экосистемах. Экономический климат, привлекательность для инвестиций и доступность финансовых ресурсов являются ключевыми факторами для модернизации и технологического обновления производственных мощностей. Инновационные факторы, в свою очередь, оказывают влияние как на производственные, так и на экономические группы факторов, что отражает тесную взаимосвязь между инновациями и экономическим развитием промышленной экосистемы. Инвестиции в научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР), внедрение новых технологий и развитие инновационной инфраструктуры способствуют созданию конкурентоспособной продукции и стимулируют экономический рост. Управленческие факторы демонстрируют влияние на все группы факторов, что подчеркивает их ключевую роль в координации и управлении всеми аспектами функционирования промышленной экосистемы.

Обобщая изложенное выше, отметим, что когнитивные модели позволяют рассмотреть взаимодействие факторов, характеризующих процессы, протекающие в промышленных экосистемах, в комплексе – это исследование структурных взаимосвязей, выявление новых неоднозначных

зависимостей и их исследование в целях совершенствования. Таким образом, когнитивное моделирование расширяет существующий инструментарий анализа социально-экономических систем и дополняет процессы анализа, предваряющие принятие решений.

Разработка сценариев развития на основе когнитивного моделирования. Сценарий – это обзор будущих событий, действий или возможностей. При сценарном планировании разрабатывается несколько альтернатив, что дает возможность описать картину будущего с разных точек зрения, оценить возможные последствия того или иного варианта [27]. Чаще всего составляются три вида сценариев: оптимистический,

пессимистический и наиболее вероятностный. При этом факторы, которые имеют важное значение для будущего, могут быть получены на основе рассмотрения трех видов сценариев, но, как правило, решения разрабатываются на основе наиболее вероятностного сценария [25].

Представим три сценария развития промышленных экосистем на основе учета набора факторов экономического развития и разработанных когнитивных карт, отображающих взаимовлияние этих факторов (**табл. 5**). Каждый сценарий включает характеристику начальных условий, анализ связей, моделирование их динамики, прогнозирование результирующих изменений и анализ альтернативных вариантов.

Таблица 5 / Table 5

Сценарии развития промышленных экосистем для когнитивной карты (см. рис. 2)

Development scenarios of industrial ecosystems for the cognitive map (see Fig. 2)

Этап	Инновационно-прорывной сценарий (оптимистический)	Модернизационный сценарий (наиболее вероятный)	Инерционный сценарий (пессимистический)
1. Определение исходных условий	Факторы: политические – 0,6 социальные – 0,5 экономические – 0,7 инновационные – 0,5 производственные – 0,7 управленческие – 0,6	Факторы: политические – 0,5 социальные – 0,4 экономические – 0,6 инновационные – 0,4 производственные – 0,6 управленческие – 0,5	Факторы: политические – 0,4 социальные – 0,3 экономические – 0,5 инновационные – 0,3 производственные – 0,5 управленческие – 0,4
2. Анализ связей	Связи между факторами усиливаются на 20 %	Связи между факторами усиливаются на 10 %	Связи между факторами ослабевают на 20 %
3. Моделирование изменений	Факторы: политические – 0,72 социальные – 0,6 экономические – 0,84 инновационные – 0,6 производственные – 0,84 управленческие – 0,72	Факторы: политические – 0,55 социальные – 0,44 экономические – 0,66 инновационные – 0,44 производственные – 0,66 управленческие – 0,55	Факторы: политические – 0,32 социальные – 0,24 экономические – 0,4 инновационные – 0,24 производственные – 0,4 управленческие – 0,32
4. Прогнозирование результирующих изменений	Для производственных факторов (целевой концепт когнитивной карты): увеличение на 30 % (с 0,84 до 1,092)	Для производственных факторов (целевой концепт когнитивной карты): увеличение на 20 % (с 0,66 до 0,792)	Для производственных факторов (целевой концепт когнитивной карты): уменьшение на 30 % (с 0,4 до 0,28)
5. Анализ альтернативных сценариев	Активное государственное участие в поддержке и развитии промышленности. Прорыв в развитии высокотехнологичных производств. Выход страны на уровень социально-экономического развития, характерный для развитых постиндустриальных стран. Увеличение объемов производства за счет увеличения внутреннего спроса и увеличения объемов экспорта конкурентоспособной продукции	Ограниченное, но последовательное участие государства и бизнеса в инновационной деятельности. Сохранение умеренной динамики развития промышленности, стимулирование модернизации производственных мощностей	Отсутствие государственной поддержки промышленности. Отказ от реализации новых долгосрочных масштабных проектов и программ с участием государства, снижение технологической конкурентоспособности и стагнация промышленности. Модернизация производственных мощностей носит ограниченный, случайный характер
6. Повторение цикла моделирования	Повторение расчетов для проверки устойчивости сценария	Повторение расчетов с учетом возможных изменений	Повторение расчетов с учетом возможных вариантов улучшения ситуации

Оценка факторов проводилась по шкале от 0 до 1 балла, где 0 соответствует минимальному уровню развития или влияния фактора, а 1 – максимальному. Баллы определялись экспертно. На этапе определения исходных условий каждый фактор получил начальную оценку, которая затем корректировалась на этапе моделирования в зависимости от динамики связей между факторами. Прогнозирование результирующих изменений показывает, как целевые концепты изменяются в каждом сценарии.

Инновационно-прорывной сценарий характеризуется активной государственной поддержкой и стимулированием инноваций, что создает благоприятные условия для устойчивого повышения активности всех факторов-концептов. Это приводит к увеличению объемов производства за счет как роста внутреннего спроса, так и экспорта конкурентоспособной продукции. Инвестиции в НИОКР способствуют прорыву в развитии высокотехнологичных производств.

Модернизационный сценарий предполагает умеренную динамику развития промышленности и сохранение уровня государственной поддержки промышленности, сопоставимого с предыдущими периодами. Развитие промышленных экосистем происходит поступательно, с умеренным влиянием государственных институтов развития при сохранении интереса бизнес-структур. Положительная динамика индикаторов характеризует развитие экономики при сохранении конкурентоспособности продукции и наличии спроса на нее на внутреннем рынке и у стран-экспортеров.

Инерционный сценарий предполагает отсутствие существенных изменений, что приводит к стагнации и снижению доли наукоемкой продукции и услуг в общем объеме производимых товаров и услуг. Инновационная составляющая развития незначительна. Инерционный сценарий, предположительно, приводит к долгосрочным негативным последствиям для промышленных экосистем и экономики страны.

Из трех представленных сценариев наиболее целесообразным с точки зрения долгосрочного развития промышленной экосистемы является инновационно-прорывной сценарий, который способствует устойчивому росту и повышению конкурентоспособности страны.

Обсуждение результатов

Представленный в работе подход, основанный на когнитивных картах, является одним из возможных инструментов визуализации и оценки взаимосвязанных факторов в рамках моделирования стратегии реиндустриализации и импорто-

опережения промышленных экосистем. Однако, как и любой подход, он имеет свои ограничения и возможные альтернативы. В профильной научной литературе существуют и другие инструменты подобного назначения (например, системы динамического моделирования, которые могут составить более детальное представление о взаимодействии между факторами с учетом временных изменений и обратных связей [28]). Тем не менее, по мнению авторов, именно когнитивные карты позволяют детализировать ключевые взаимосвязи в первой итерации на интуитивно понятном уровне, что крайне важно для оперативного анализа сложных социально-экономических систем и определения приоритетных направлений развития.

Также стоит отметить, что экспертные опросы, лежащие в основе оценки взаимосвязей концептов карты, несут элемент субъективности. Оценки могут варьироваться в зависимости от индивидуальных предпочтений, опыта и области деятельности экспертов. Поэтому результаты должны рассматриваться как один из возможных сценариев, а не как единственный достоверный. Будущие исследования в данном направлении могут быть основаны на статистических методах для более объективной калибровки данных.

Еще одно ограничение подхода, представленного в данной статье, касается сценарного анализа. На взгляд авторов статьи, рассматриваемые сценарии не охватывают всех возможных вариантов развития событий. Например, в рамках инерционного сценария не были учтены возможные шоки, такие как глобальные экономические и неэкономические кризисы, технологические прорывы, которые могут кардинально изменить ситуацию.

В то же время, представленный в статье подход полезен в ряде исследовательских задач. Использование иерархического моделирования (от общей идеи, разделяемой на подразделы с выделением взаимосвязей и зависимостей, до анализа связей и взаимодействий) позволяет глубже понять предмет исследования, упорядочить общую информацию в систему (наглядную структуру) и выявить неочевидные на первый взгляд зависимости.

Заключение

В статье поставлен ряд исследовательских задач, которые удалось решить. Так, предложено задействовать инструмент когнитивной карты в качестве метода системного анализа сложных взаимосвязей между различными факторами, влияющими на промышленное развитие, что позволило создать модель, которая не только

учитывает отдельные политические, социальные, экономические, инновационные, производственные и управленческие факторы, но и демонстрирует их взаимное и косвенное взаимодействие.

В свою очередь построение карты позволило формализовать ключевые факторы-концепты когнитивной модели, провести структурированный анализ и предложить сценарии будущего развития с учетом различных траекторий изменения взаимосвязей между этими факторами.

Сценарное моделирование, рассмотренное в статье, напрямую связано с созданием когнитивных карт и позволяет прогнозировать динамику развития трех различных сценариев (стратегий): инновационно-прорывного, модернизационного

и инерционного. Использование экспертных данных и статистической обработки позволило дать оценки потенциальным исходам для каждого из этих сценариев.

Полученные результаты согласуются с гипотезой о важности системного подхода к управлению промышленными экосистемами и подчеркивают роль взаимосвязи политических, социальных, экономических, инновационных, производственных и управленческих факторов в устойчивом развитии промышленности. Таким образом, настоящее исследование расширяет существующие подходы к изучению экономического развития промышленных экосистем на основе использования когнитивных карт.

Список литературы / References

1. Носков В.А., Ильина А.С. Мировой опыт импортозамещения и реиндустриализации и политика экономической безопасности России. *Вестник Самарского государственного экономического университета*. 2021;(3(197)):17–27. <https://doi.org/10.46554/1993-0453-2021-3-197-17-27>
Noskov V.A., Ilyina A.S. World experience of import substitution and reindustrialization and Russia's economic security policy. *Vestnik of Samara State University of Economics*. 2021;(3(197)):17–27. (In Russ.). <https://doi.org/10.46554/1993-0453-2021-3-197-17-27>
2. Khairov B.G., Novikov D.T., Prokof'yeva T.A., Prot-senko I.O., Khairova S.M. Reflexive Governance of import substitution mechanism in clusters. *European Research Studies Journal*. 2017;20(3A):470–483. <https://doi.org/10.35808/ersj/722>
3. Соловьев А.И. Импортозамещение в России: проблемы и пути решения. *Экономика. Налог. Право*. 2016;9(4):66–71.
Solovyev A.I. Import substitution in Russia: Problems and solutions. *Economy. Taxes. Law*. 2016;9(4):66–71. (In Russ.)
4. Володина Н.Л. Преимущества создания цифровой экосистемы. *Организатор производства*. 2021;29(4):104–111. <https://doi.org/10.36622/VSTU.2021.95.61.011>
Volodina N.L. Advantages of creating a digital ecosystem. *Organizator proizvodstva = Organizer of Production*. 2021;29(4):104–111. (In Russ.). <https://doi.org/10.36622/VSTU.2021.95.61.011>
5. Попов Е.В., Симонова В.Л., Челак И.П. Оценка развития инновационных экосистем. *Вопросы инновационной экономики*. 2020;10(4):2359–2374. <https://doi.org/10.18334/vinec.10.4.111098>
Popov E.V., Simonova V.L., Chelak I.P. Assessment of the innovative ecosystems development. *Russian Journal of Innovation Economics*. 2020;10(4):2359–2374. (In Russ.). <https://doi.org/10.18334/vinec.10.4.111098>
6. Baldassarre B., Schepers M., Bocken N., Cuppen E., Korevaar G., Calabretta G. Industrial symbiosis: towards a design process for eco-industrial clusters by integrating circular economy and industrial ecology perspectives. *Journal of Cleaner Production*. 2019;216(3):446–460. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.091>
7. Soldak M.O. Industrial ecosystems and technological development. *Economy of Industry*. 2019;(4(88)):75–91. <https://doi.org/10.15407/econindustry2019.04.075>
8. Walls J.L., Paquin R.L. Organizational perspectives of industrial symbiosis: A review and synthesis. *Organization & Environment*. 2015;28(1):32–53. <https://doi.org/10.1177/1086026615575333>
9. Клейнер Г.Б. Промышленные экосистемы: взгляд в будущее. *Экономическое возрождение России*. 2018;(2(56)):53–62.
Kleiner G.B. Industrial ecosystems: foresight. *Ekonomicheskoe vozrozhdenie Rossii = The Economic Revival of Russia*. 2018;(2(56)):53–62. (In Russ.)
10. Бузмакова М.В. Реиндустриализация – тенденция мировой экономики. *Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки*. 2017;(1(45)):7–17.
Buzmakova M.V. Reindustrialization: The trend of the world economy. *Vestnik of Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod. Series: Social Sciences*. 2017;(1(45)):7–17. (In Russ.)
11. Mityakov E., Mityakov S., Kulikova N., Yudin A., Ladynin A. Choosing a model for effective management of industrial ecosystems in Russia: a numerical experiment. *Relacoes Internacionais no Mundo Atual / Brazilian Journal of Law and International Relations*. 2024;1(43):495–515. URL: <https://revista.unicuritiba.edu.br/index.php/RIMA/article/view/6439/371374931>
12. Гинис Л.А. Истоки современного когнитивного моделирования. *Известия Таганрогского государ-*

- ственного радиотехнического университета им. В.Д. Калмыкова. 2005;6(50):119–128.

Genis L.A. Origins of modern cognitive modeling. *Taganrog State Radiotechnical University n.a. V.D. Kalmykov Bulletin*. 2005;6(50):119–128. (In Russ.)
13. Файман А.Д. Ресурсные проекты в экономике Еврейской автономной области: оценка эффектов на основе подходов когнитивного моделирования. *Вестник Забайкальского государственного университета*. 2021;27(9):107–120. <https://doi.org/10.21209/2227-9245-2021-27-9-107-120>

Faiman A.D. Resource projects in the economy of the Jewish autonomous region: evaluation of effects based on approaches of cognitive modeling. *Vestnik Zabaikalskogo gosudarstvennogo universiteta = The Transbaikalian State University Journal*. 2021;27(9):107–120. (In Russ.). <https://doi.org/10.21209/2227-9245-2021-27-9-107-120>
14. Меренкова И.Н., Новикова И.И., Гаврилова З.В. Когнитивное моделирование диверсифицированного развития сельской экономики в условиях цифровизации. *Российский экономический вестник*. 2022;5(3):82–87.

Merenkova I.N., Novikova I.I., Gavrilova Z.V. Cognitive modeling of the diversified rural economy development in the context of digitalization. *Russian Economic Bulletin*. 2022;5(3):82–87. (In Russ.)
15. Сериков В.В. Выбор модели оценки и прогнозирования деятельности предприятий промышленного сектора экономики в условиях импортозамещения. *Государственное и муниципальное управление. Ученые записки*. 2023;(2):167–174. <https://doi.org/10.22394/2079-1690-2023-1-2-167-174>

Serikov V.V. Choice of a model for assessing and forecasting the activities of enterprises in the industrial sector of the economy in conditions of import substitution. *State and Municipal Management. Scholar Notes*. 2023;(2):167–174. (In Russ.). <https://doi.org/10.22394/2079-1690-2023-1-2-167-174>
16. Бабилова А.В., Бабилов Н.М. Оценка цифровой трансформации в банковском секторе на основе когнитивного моделирования. *Вопросы инновационной экономики*. 2021;11(1):299–314. <https://doi.org/10.18334/vinec.11.1.111618>

Babikova A.V., Babikov N.M. Assessment of digital transformation in the banking sector based on cognitive modeling. *Russian Journal of Innovation Economics*. 2021;11(1):299–314. (In Russ.). <https://doi.org/10.18334/vinec.11.1.111618>
17. Morita J., Miwa K., Maehigashi A., Terai H., Kojima K., Ritter, F. Cognitive modeling of automation adaptation in a time critical task. *Frontiers in Psychology*. 2020;11:1971–1976. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.02149>
18. Kwiliński A., Kuzior A. Cognitive technologies in the management and formation of directions of the priority development of industrial enterprises. *Management Systems in Production Engineering*. 2020;28(2):133–138. <https://doi.org/10.2478/mspe-2020-0020>
19. Schürmann T., Beckerle P. Personalizing human-agent interaction through cognitive models. *Frontiers in Psychology*. 2020;11:561510. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.561510>
20. Eden C. On the nature of cognitive maps. *Journal of Management Studies*. 1992;29(3):261–265. <https://doi.org/10.1111/J.1467-6486.1992.TB00664.X>
21. Kang B., Deng Y., Sadiq R., Mahadevan S. Evidential cognitive maps. *Knowledge-Based Systems*. 2012;35:77–86. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2012.04.007>
22. Заграновская А.В. Автоматический поиск концептов когнитивной карты в области стратегического управления. *Вестник Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова*. 2022;(4):165–176. <https://doi.org/10.21686/2413-2829-2022-4-165-176>

Zagranovskaia A.V. Automated search for concepts of cognitive map in the field of strategic management. *Vestnik of the Plekhanov Russian University of Economics*. 2022;(4):165–176. (In Russ.). <https://doi.org/10.21686/2413-2829-2022-4-165-176>
23. Papageorgiou E., Salmeron J. A review of fuzzy cognitive maps research during the last decade. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*. 2013;21(1):66–79. <https://doi.org/10.1109/TFUZZ.2012.2201727>
24. Hilbert M., Miles I., Othmer J. Foresight tools for participative policy-making in inter-governmental processes in developing countries: Lessons learned from the eLAC Policy Priorities Delphi. *Technological Forecasting and Social Change*. 2009;76(7):880–896. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2009.01.001>
25. Заграновская А.В., Эйснер Ю.Н. Моделирование сценариев развития экономической ситуации на основе нечетких когнитивных карт. *Современная экономика: проблемы и решения*. 2017;(10):33–47. URL: <https://journals.vsu.ru/meps/article/view/6322/6385>

Zagranovskaya A.V., Eissner Yu.N. Simulation scenarios of the economic situation based on fuzzy cognitive maps. *Modern Economics: Problems and Solutions*. 2017;(10):33–47. (In Russ.). URL: <https://journals.vsu.ru/meps/article/view/6322/6385>
26. Memon M., Ting H., Hwa C., Ramayah T., Chuah F., Cham T.H. Sample size for survey research: Review and recommendations. *Journal of Applied Structural Equation Modeling*. 2020;4(2):1–20. [https://doi.org/10.47263/JASEM.4\(2\)01](https://doi.org/10.47263/JASEM.4(2)01)
27. Колбасов В.И. Сценарное планирование как эффективный метод разработки стратегии. *Креативная экономика*. 2012;6(8):86–92.

Kolbasov V.I. Scenary planning as efficient method of strategy development. *Creative Economy*. 2012;6(8):86–92. (In Russ.)
28. Трегуб И.В. *Математические модели динамики экономических систем*. Москва: Русайнс; 2020. 162 с.

Информация об авторах

Евгений Сергеевич Митяков – д-р экон. наук, профессор, профессор кафедры предметно-ориентированных информационных систем, Институт кибербезопасности и цифровых технологий, МИРЭА – Российский технологический университет, 119454, Москва, просп. Вернадского, д. 78, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6579-0988>; e-mail: mityakov@mirea.ru

Наталья Николаевна Карпукхина – д-р экон. наук, доцент, зав. кафедрой управления инновациями, Институт технологий управления, МИРЭА – Российский технологический университет, 119454, Москва, просп. Вернадского, д. 78, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3378-5230>; e-mail: karpukhina@mirea.ru

Сергей Николаевич Митяков – д-р физ.-мат. наук, профессор, директор Института экономики и управления, Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, 603155, Россия, Нижний Новгород, ул. Минина, д. 24; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7086-7457>; e-mail: snmit@mail.ru

Андрей Иванович Ладыннин – канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры информатики, Институт кибербезопасности и цифровых технологий, МИРЭА – Российский технологический университет, 119454, Москва, просп. Вернадского, д. 78, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7659-2581>; e-mail: ladynin@mirea.ru

Information about the authors

Evgeny S. Mityakov – Dr.Sci. (Econ.), Professor, Professor of the Department of Subject-Oriented Information Systems, Institute of Cyber Security and Digital Technologies, MIREA – Russian Technological University, 78 Vernadskogo Ave., Moscow 119454, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6579-0988>; e-mail: mityakov@mirea.ru

Natalia N. Karpukhina – Dr.Sci. (Econ.), Associate Professor, Head of the Department of Innovation Management, Institute of Management Technologies, MIREA – Russian Technological University, 78 Vernadskogo Ave., Moscow 119454, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3378-5230>; e-mail: karpukhina@mirea.ru

Sergey N. Mityakov – Dr.Sci. (Phys.-Math.), Professor, Director of the Institute of Economics and Management, Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev, 24 Minina Str., Nizhny Novgorod 603155, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7086-7457>; e-mail: snmit@mail.ru

Andrey I. Ladynin – PhD (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Informatics, Institute of Cyber Security and Digital Technologies, MIREA – Russian Technological University, 78 Vernadskogo Ave., Moscow 119454, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7659-2581>; e-mail: ladynin@mirea.ru

Авторский вклад

Евгений Сергеевич Митяков – основная идея, общее руководство, научная координация исследования, написание основных разделов статьи, научное и техническое редактирование.

Наталья Николаевна Карпукхина – разработка сценариев развития на основе когнитивной карты, оценка связей между факторами, написание основных разделов статьи, научное редактирование.

Сергей Николаевич Митяков – анализ теоретических аспектов когнитивного моделирования в экономике, формализация задачи построения когнитивной карты, написание разделов дискуссии и выводов, уточнения результирующих сценариев развития промышленных экосистем.

Андрей Иванович Ладыннин – формализация факторов когнитивной модели и создание инструментов для построения когнитивных карт, подготовка обзора, раздела, посвященного теоретическим аспектам, техническое редактирование.

Author's contribution

Evgeny S. Mityakov – main research idea, general management, studies' scientific coordination, article main paragraphs writing, scientific and technical editing.

Natalia N. Karpukhina – industrial ecosystems' scenarios development based on the cognitive map, factors' relationship assessment, article main paragraphs writing, scientific editing.

Sergey N. Mityakov – cognitive modeling in economics theoretical aspects analysis, cognitive map modeling task formalization, industrial ecosystems' development resulting scenarios clarification, discussion and conclusion sections writing.

Andrey I. Ladynin – cognitive model factors formalization and tools creation for its implementation, review and theoretical aspects section preparation, technical editing.

Поступила в редакцию 06.11.2024; поступила после доработки 12.02.2025; принята к публикации 17.02.2025
Received 06.11.2024; Revised 12.02.2025; Accepted 17.02.2025