

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].

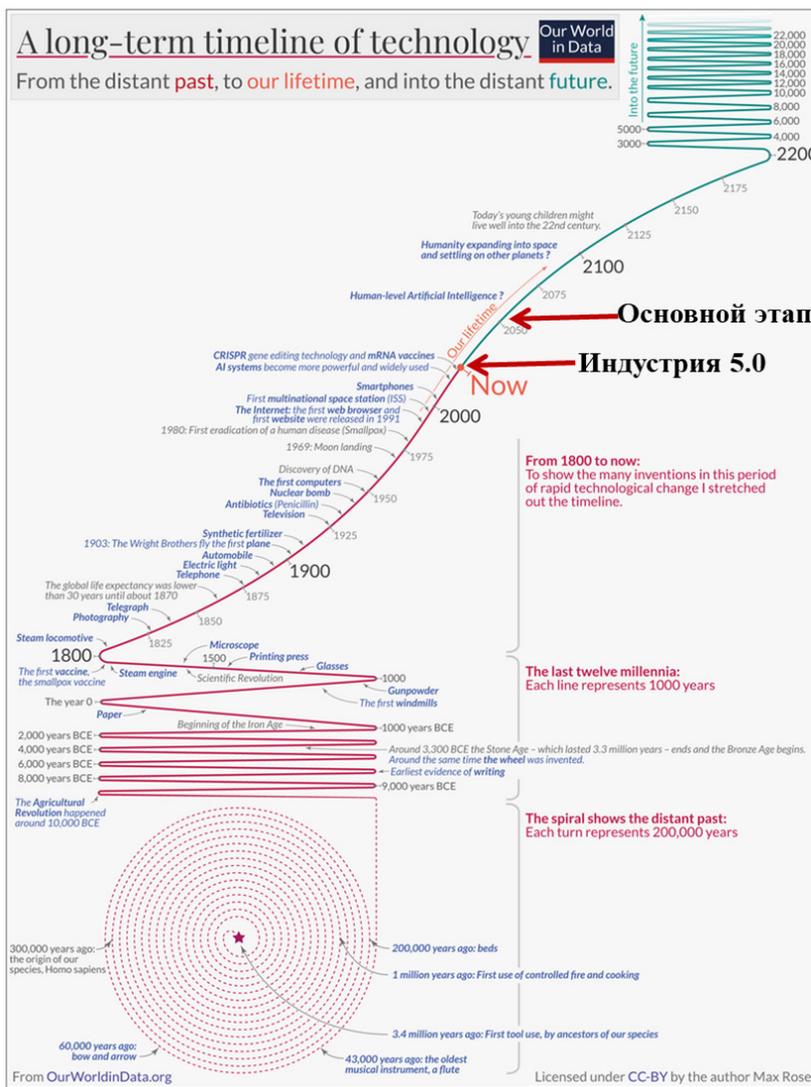


Рис. 1. Концепция долгосрочной перспективы технологических изменений в истории человечества [13]

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).

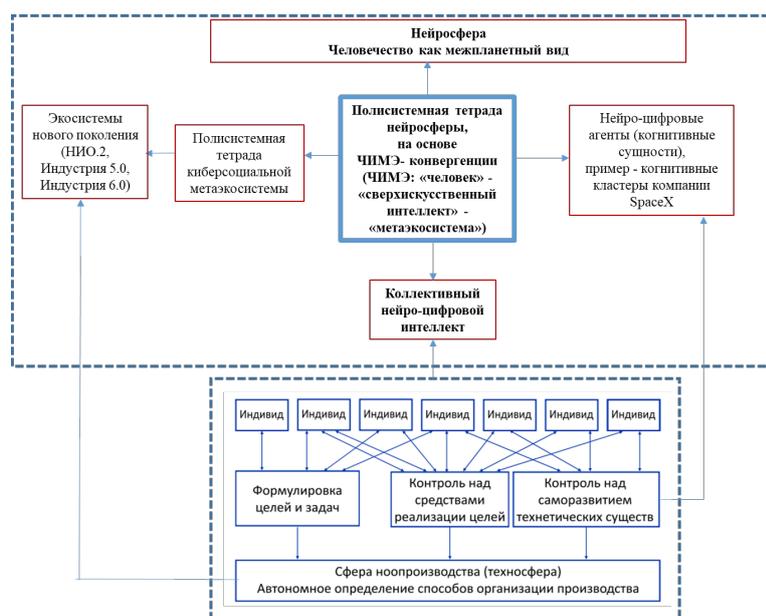


Рис. 4. Развитие интегрированной модели глобальной трансформации общества на основе движения к нообществу и нейросфере в рамках концепции Индустрии 6.0 [3]

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

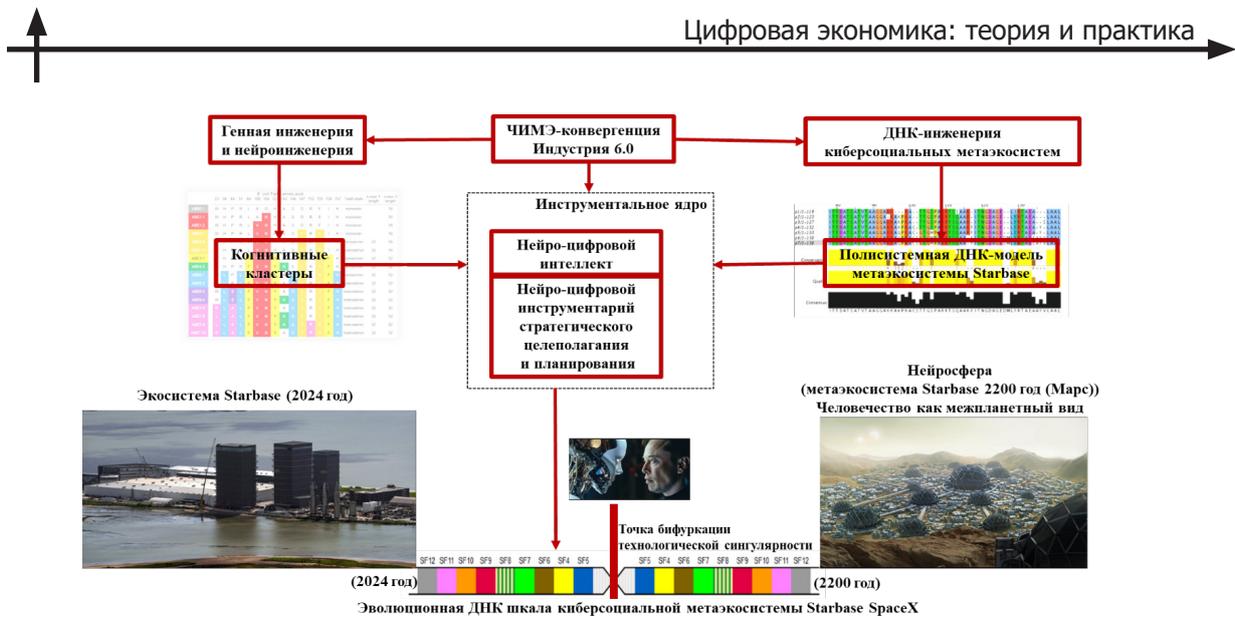


Рис. 6. Прикладной пример применения концепции Индустрии 6.0
 Fig. 6. Practical example of application of the Industry 6.0 concept

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 биок cyberнетической 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

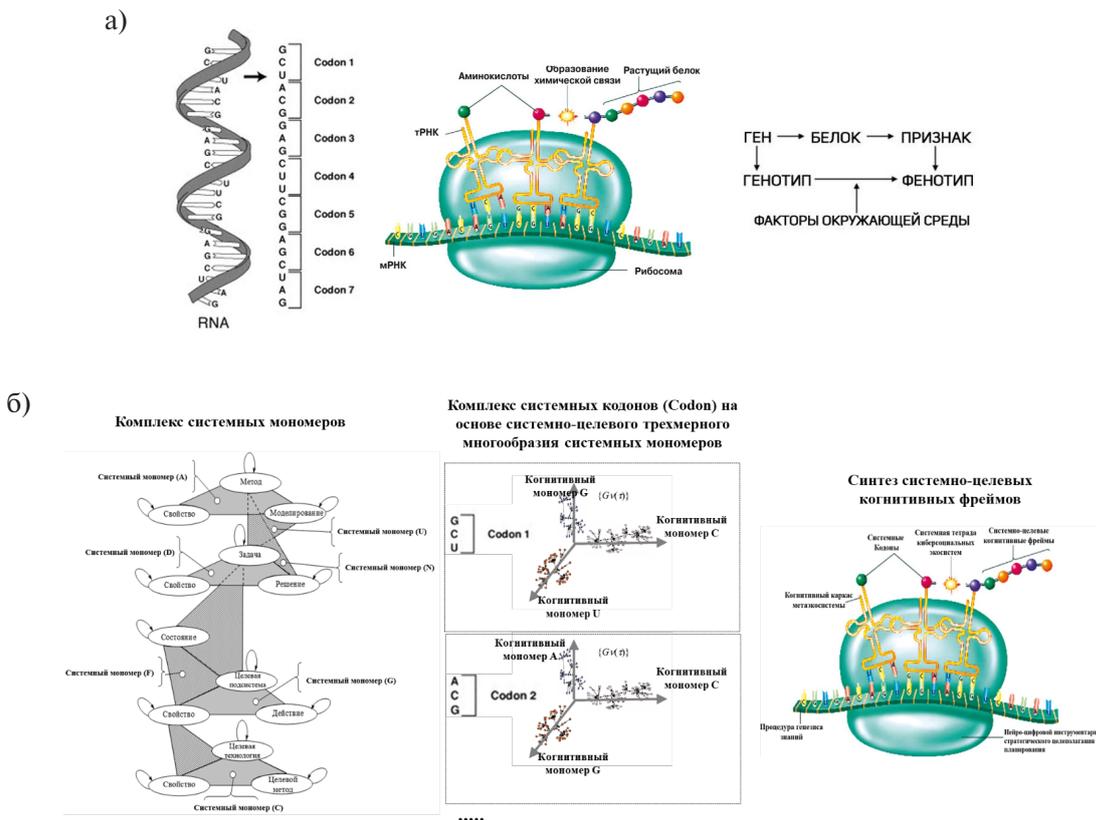


Рис. 7. Системные элементы и процессы генома живого организма (а) и системного генома киберсоциальных метаэкосистем (б) [90]

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

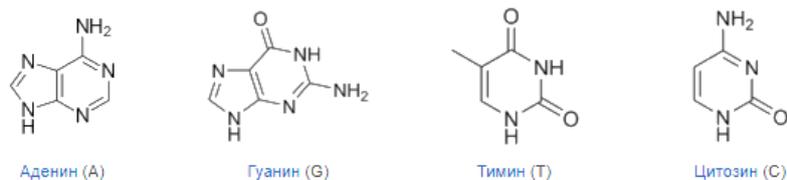


Рис. 8. Структуры оснований в составе ДНК

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]

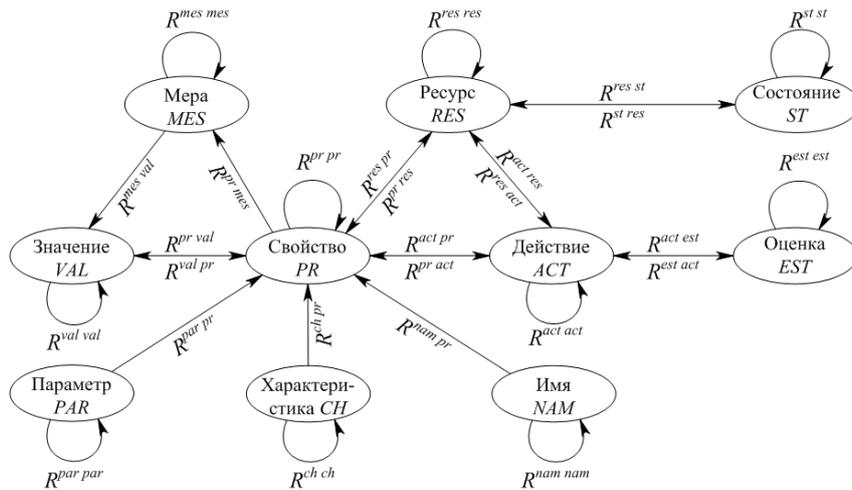


Рис. 11. Пример обобщенной модели когнитивного фрейма «метод – целевая подсистема» [9]

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»,

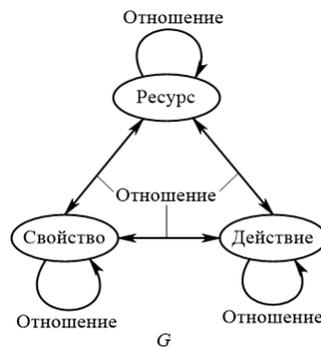


Рис. 12. Фундаментальное категориальное ядро «ресурс – свойство – действие – отношение» [93]
 Fig. 12. Fundamental categorical core “resource – property – action – relationship” [93]

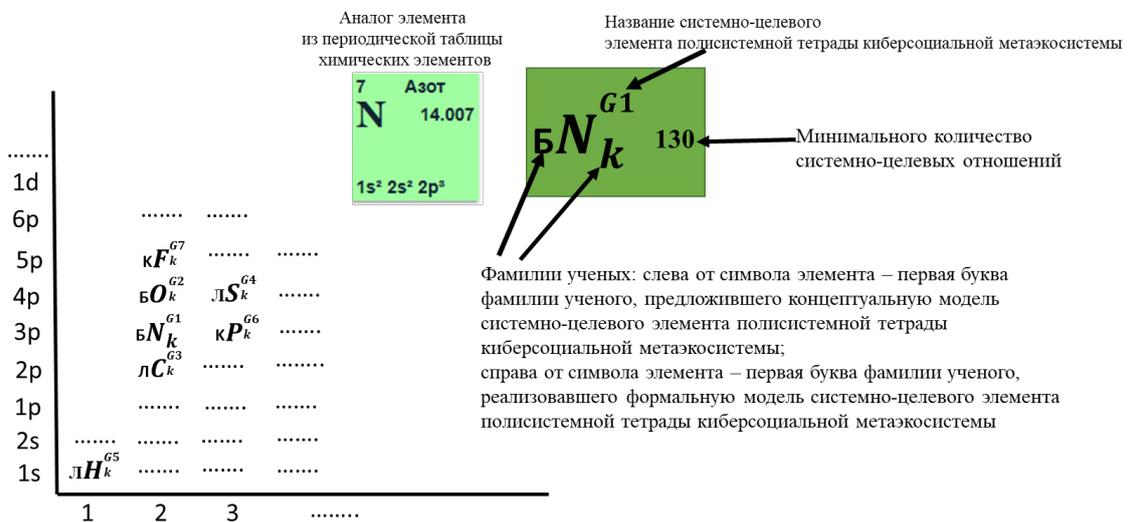


Рис. 13. Периодическая таблица системно-целевых элементов полисистемной тетрады киберсоциальных метаэкосистем
 Fig. 13. Periodic table of system-target elements of the polysystem tetrad of cybersocial metaecosystems

«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

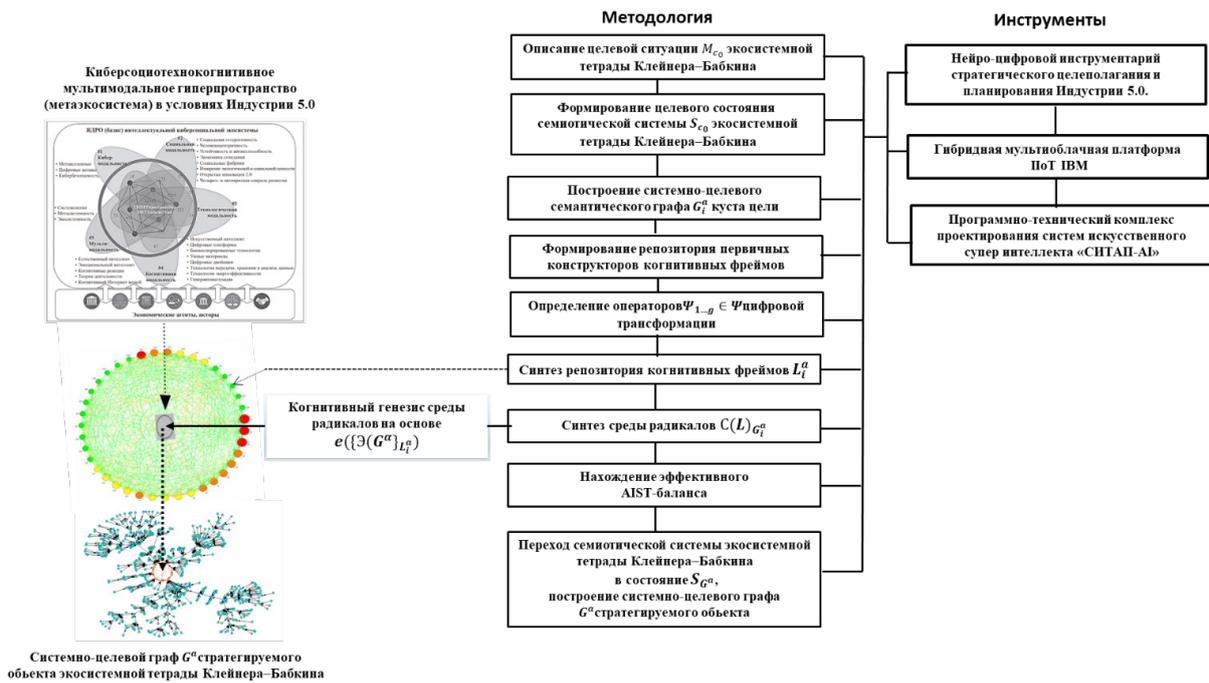


Рис. 14. Системно-целевая схема создания системной тетрады киберсоциальных экосистем [9]

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.

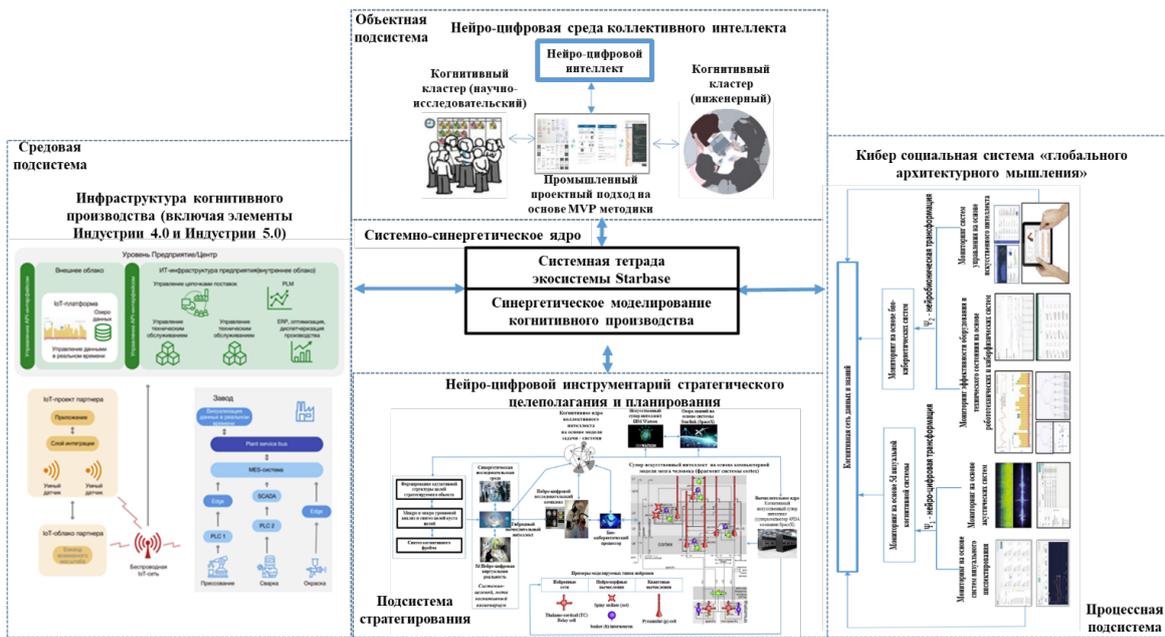


Рис. 15. Архитектура ПТКМ Starbase [9]
 Fig. 15. Architecture of the Starbase PTCM [9]

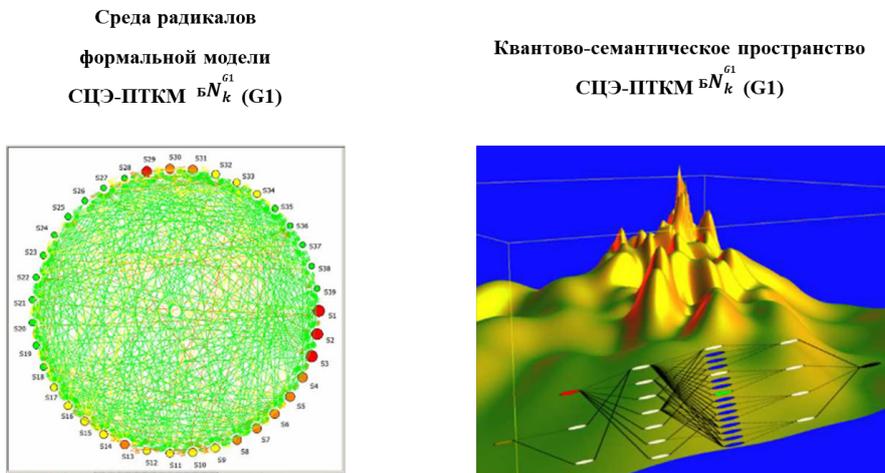


Рис. 16. Пример базовой структуры формальной модели СЦЭ-ПТКМ ${}^B N_k^{G1}$
 Fig. 16. Example of the basic structure of the formal model of the STE-PTCM ${}^B N_k^{G1}$

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

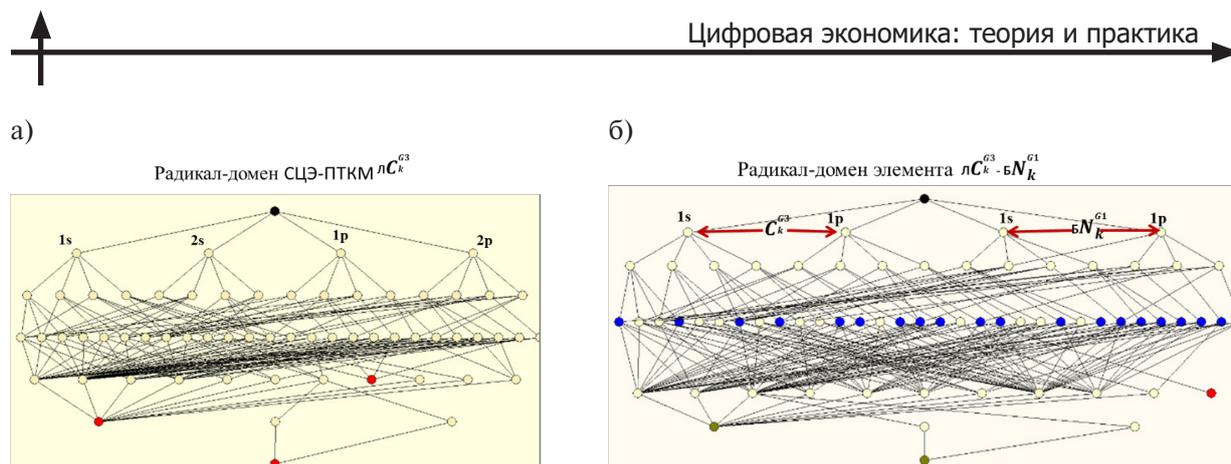


Рис. 17. Примеры радикалов-доменов, представляющих динамические системопаттерны, построенные на основании применения алгоритма ОПТИМА

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.

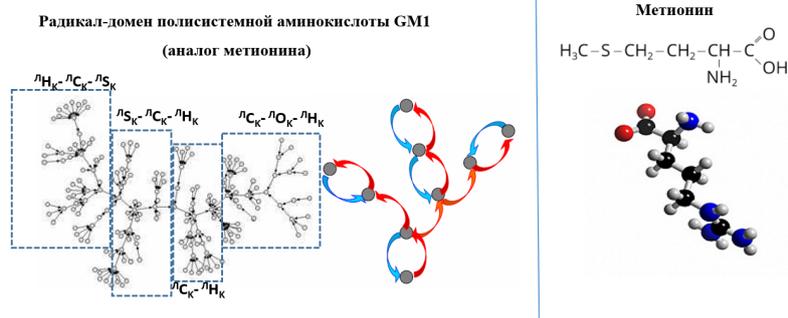


Рис. 18. Пример радикала-домена полисистемной аминокислоты GM1 (аналог метионина) ПТКМ
 Fig. 18. Example of domain radical of the polysystemic amino acid GM1 (analog of methionine) PTCM

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

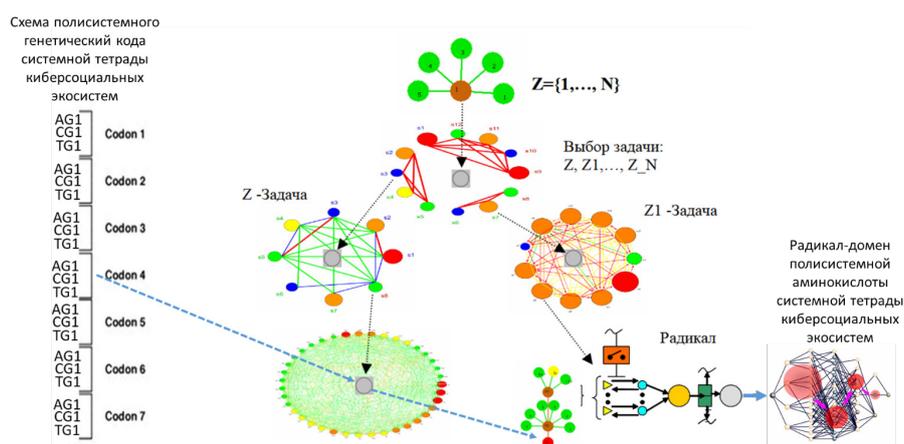


Рис. 19. Когнитивная генетическая модель полисистемного генома ПТКМ

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].

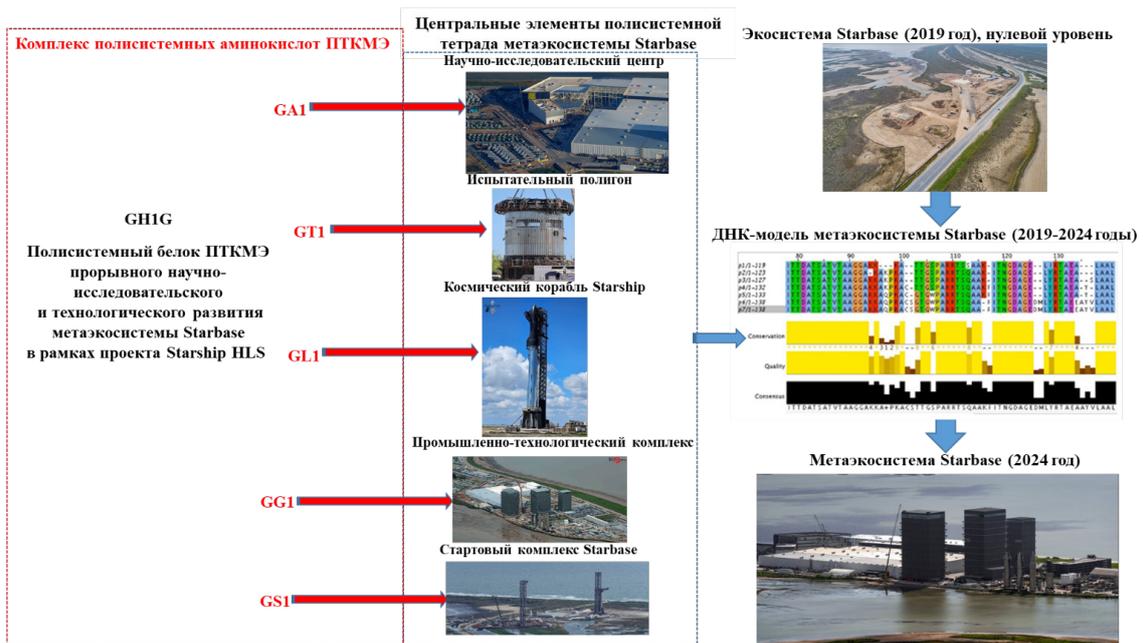


Рис. 21. Прикладная ДНК-модель ПТКМ Starbase (2019–2024 годы) на основе полисистемного белка GH1G
 Fig. 21. Applied DNA model of the Starbase PTCM (2019–2024) based on the polysystemic protein GH1G

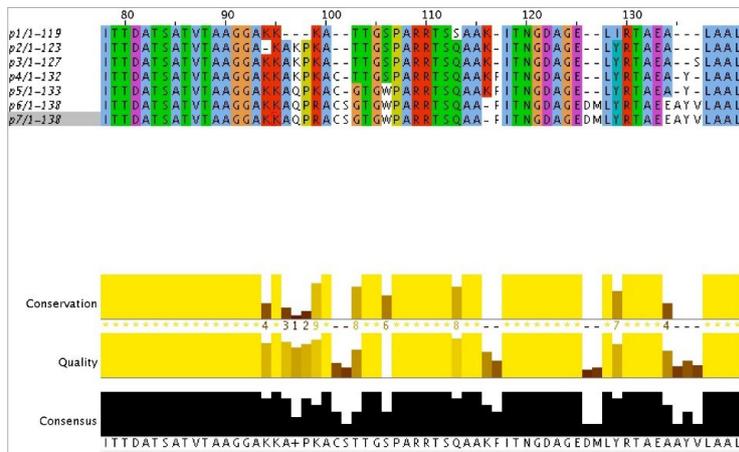


Рис. 22. Прикладная ДНК-модель полисистемного белка GH1G ПТКМ Starbase (2019–2024 годы)
 Fig. 22. Applied DNA model of the polysystemic protein GH1G PTCM Starbase (2019–2024)

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

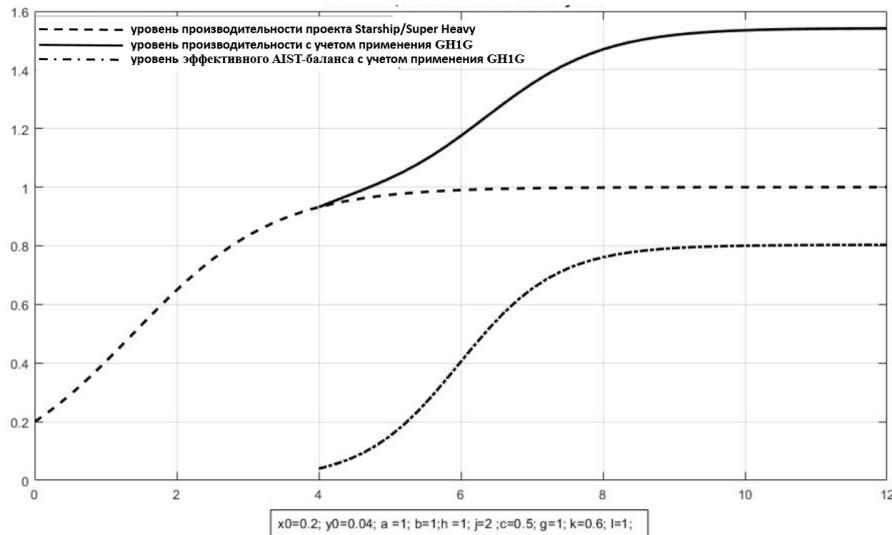


Рис. 24. Модель экономической коэволюции ПТКМ Starbase
 Fig. 24. Starbase PTCM economic co-evolution model

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 (ПТЦЭ-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. Kounert, 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. Gibridnyi vychislitel'nyi intellekt* [Fundamentals of creating neuro-digital ecosystems. Hybrid computational intelligence], Kalinin-grad: 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 metasystem 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 Metasystem 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 reshenii 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/ectidamtncon60518.2024.10479988>
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.