

Стратегии инновационной деятельности стран по направлению развития интеллектуальных систем

А.А. Стародубова , Д.Д. Исхакова  

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
420015, Казань, ул. К. Маркса, д. 68, Российская Федерация

 dina-iskhakova@yandex.ru

Аннотация. Развитие интеллектуальных систем, в основе которых лежит искусственный интеллект в области исследований и разработок технических систем, – это новое конкурентное преимущество, драйвер роста страны. Авторами предложены показатели инновационной деятельности страны в области развития интеллектуальных систем: доля патентов страны в количестве патентов по всем странам; количество национальных стратегий в области интеллектуальных систем в стране; география внедрения разработанных странами интеллектуальных систем. Введен термин – «индекс специализации страны в сфере интеллектуальных технологий». Индекс специализации – это соотношение фактического количества видов патентов, зарегистрированных в стране в области интеллектуальных технологий, к 10 потенциально возможным видам патентов. К ним относятся патенты по передовым производственным технологиям, робототехнике, передовым материалам, искусственному интеллекту, большим данным, интернету вещей, мобильности, фотонике, безопасности, цифровым двойникам. Используя кластерный метод, сгруппированы 43 страны по уровню инновационной деятельности в области развития интеллектуальных систем, основываясь на данных Всемирной организации интеллектуальной собственности и Европейской комиссии за 2023 г. Это позволило разработать классификацию стратегий инновационной деятельности стран в области развития интеллектуальных систем (на основе скоринговой оценки). Предложенная классификация позволяет проводить бенчмаркинг в целях изучения опыта страны и оценивать инвестиционные риски проектов в области развития интеллектуальных систем.

Ключевые слова: интеллектуальная система, инновационная деятельность, стратегия, патент, технология, страна, кластер

Для цитирования: Стародубова А.А., Исхакова Д.Д. Стратегии инновационной деятельности стран по направлению развития интеллектуальных систем. *Экономика промышленности*. 2024;17(3):271–278. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2024-3-1234>

Strategies of the countries' innovative activity in development of intelligent systems

A.A. Starodubova , D.D. Iskhakova  

Kazan National Research Technological University,
68 Karl Marx Str., Kazan 420015, Russian Federation

 dina-iskhakova@yandex.ru

Abstract. Development of intelligent systems based on artificial intelligence in the area of research and development of technical systems is a new competitive advantage and a growth driver for a country. The authors of the article present the indicators of innovative activity of the countries in development of intelligent systems: the share of the country's patents in the number of patents for all countries, the number of national strategies in the area of intelligent systems in the country, the geography of implementation of the intelligent systems developed by a country. The authors introduce a term of “index of a country specialization in the sphere of intelligent technology”. Index of specialization is a correlation of factual number of types of patents registered in the country in the sphere of intelligent technology to 10 potentially possible

types of patents. These include the patents on advanced manufacturing technologies, robotics, advanced materials, artificial intelligence, big data, the Internet of things, mobility, photonics, security, and digital twins. Using a cluster method, the authors classify 43 countries by the level of innovative activity in the sphere of development of intelligent systems, on the basis of the data provided by the World Intellectual Property Organization and the European Commission in 2023. This allowed developing a classification of 11 strategies of innovative activity in the sphere of development of intelligent systems (based on the scoring assessment). The proposed strategy classification makes it possible to perform benchmarking to study the country's experience and evaluate the investment risks for the projects in development of intelligent systems.

Keywords: intelligent system, innovative activity, strategy, patent, technology, country, cluster

For citation: Starodubova A.A., Iskhakova D.D. Strategies of the countries' innovative activity in development of intelligent systems. *Russian Journal of Industrial Economics*. 2024;17(3):271–278. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2024-3-1234>

Внедрение

А.А. Стародубова , Д.Д. Исхакова  

喀山国立研究型技术大学, 420015, 俄罗斯联邦喀山市卡尔·马克思大街68号

 dina-iskhakova@yandex.ru

摘 要: 在技术系统研发领域, 基于人工智能的智能系统的开发是各国新的竞争优势和增长动力。作者提出了各国在智能系统开发领域的创新活动指标: 一个国家的专利数量占所有国家专利数量的比率; 国内智能系统领域的国家战略数量; 各国开发的智能系统的实施地域。引入 «国家智能技术领域专业化指数» 这一术语。专业化指数是指国家在智能技术领域的专利类型实际数量与10种潜在专利类型实际数量的比率。其中包括先进制造技术、机器人技术、先进材料、人工智能、大数据、物联网、移动性、光子学、安全、数字孪生等方面的专利。根据世界知识产权组织和欧盟委员会2023年的数据, 采用聚类方法, 对43个国家智能系统开发领域的创新活动水平进行了分组。这使得为各国在智能系统开发领域的11项创新活动战略进行分类成为了可能(基于评分)。拟议的战略分类有助于进行基准化分析, 以研究国家经验, 评估智能系统开发领域项目的投资风险。

关键词: 智能系统、创新活动、战略、专利、技术、国家、集群

Введение

По состоянию на 2023 г. в 43 странах были разработаны патенты по направлению развития интеллектуальных систем в целях получения конкурентных преимуществ¹. Авторы D. Arjoni, F. Madani, D. Kim, J. Park, R. Lins, B. Guerreiro, M. Nedelcu, A. Dima, E. Reynolds, D. Jaspert [1; 2] считают, что развитие интеллектуальных систем приносит стране конкурентные преимущества. Странам, которые только планируют развивать интеллектуальные системы, необходимо изучать опыт других стран, которые уже применяют такие системы. Стратегии по развитию интеллектуальных систем в странах рассматривают как положительные эффекты использова-

ния таких систем (D. Arjoni, F. Madani², D. Kim, J. Park³, R. Lins, B. Guerreiro⁴, M. Nedelcu, A. Dima⁵, E. Reynolds [1], D. Jaspert [2]) так и возможные риски (K. Haricha [3], J. Zenisek [4], L. Ponomareva [5], P. Maresova [6], S. Dreyer [7], F. Herrmann [8]).

² Arjoni D., Madani F., Ikeda G., Carvalho G., Cobianchi L., Ferreira L., Villani E. Manufacture equipment retrofit to allow usage in the Industry 4.0. In: *2017 2nd International Conference on Cybernetics, Robotics and Control (CRC)*; 2017. P. 155–161. <https://doi.org/10.1109/CRC.2017.46>

³ Kim D., Park J., Baek S., Park K., Kim H.R., Park J., Kim H.S., Kim B., Oh H., Namgung K., Baek W. A modular factory testbed for the rapid reconfiguration of manufacturing systems. *Journal of Intelligent Manufacturing*. 2020;31:661–680.

⁴ Lins R., Guerreiro B., Schmitt R., Sun J., Corazzini M., Silva F. A novel methodology for retrofitting CNC machines based on the context of Industry 4.0. In: *Proceed. IEEE Inter. systems engineering symposium (ISSE)*. Vienna, Austria; 2017. P. 1–6. <https://doi.org/10.1109/SysEng.2017.8088293>

⁵ Nedelcu M., Dima A., Dinulescu R. Digital Factory – a prerequisite for revitalizing the production sector. In: *Proceed. of the 12th Inter. management conference: Management perspectives in the digital era. November 1–2, 2018*, Bucharest, Romania; 2018. P. 520–529.

¹ Updated European Commission Data Dashboard. Available at: <https://www.emergobyul.com/news/updated-european-commission-data-dashboard> (accessed on 03.07.2023).

Авторы F. Appio, F. Frattini, J. Habanik, A. Grecikova, S. Yang, M. Raghavendra проанализировали показатели инновационной деятельности в разных странах в области развития интеллектуальных систем [9–11]. Можно выделить статью Ш. Пархи и др., в которой авторы дают теоретическую оценку эффективности применения интеллектуальных систем на микроуровне – на уровне предприятия [12]. Однако эти научные работы не учитывают различия стран в области развития интеллектуальных систем.

Только в одном исследовании предложены четыре стратегии применения интеллектуальных систем⁶. Критерием группировки этих стратегий являлся уровень цифрового управления в организации. Однако эти стратегии разработаны на уровне предприятий, исследования по классификации стратегий применения интеллектуальных систем на уровне стран отсутствуют.

Некоторые исследования являются спорными: одни исследователи указывают на растущие темпы распространения интеллектуальных систем в развивающихся странах, другие авторы утверждают, что транснациональные корпорации Европейского союза (ЕС) инвестируют в развитие интеллектуальных систем в основном в своих странах^{7,8}. Однако не так много исследований, в которых произведен подсчет, сколько предприятий в странах уже внедрили или планируют внедрить интеллектуальные системы^{9,10}.

⁶ Rossmann M., Khadikar A., Le Franc P., Perea L., Schneider-Maul R., Buvat J., Ghosh A. Smart factories: How can manufacturers realize the potential of digital industrial revolution. Available at: https://www.capgemini.com/wp-content/uploads/2017/07/smart_factories-how_can_manufacturers_realize_the_potential_of_digital_industrial_revolution.pdf (accessed on 04.07.2023).

⁷ Cohen R. Disruptive technology, smart factories and economic development. Available at: https://www.researchgate.net/publication/343481740_Disruptive_Technology_Smart_Factories_and_Economic_Development (accessed on 23.06.2023).

⁸ Geissbauer R., Schrauf S., Berttram P., Cheraghi F. Digital factories 2020: Shaping the future of manufacturing. April 2017. Available at: <https://www.pwc.de/de/digitale-transformation/digital-factories-2020-shaping-the-future-of-manufacturing.pdf> (accessed on 03.07.2023).

⁹ Adams H.S. Rank "Top 100 Smart Manufacturers" and "White book of Smart Manufacturing in China" in 2019. August 02, 2023 Available at: https://www.researchgate.net/publication/345675482_Rank_Top_100_Smart_Manufacturers_and_Whitebook_of_Smart_Manufacturing_in_China_in_2019 (accessed on 25.06.2023).

¹⁰ Бабкин А.В., Шкарупета Е.В. Интеллектуальная экономика экосистем: понятие, эволюция, формирование. Сб. трудов VIII Междуна. науч.-практ. конф. «Интеллектуальная инженерная экономика и Индустрия 5.0» (ИНПРОМ). 27–30 апреля 2023, Санкт-Петербург. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС; 2023. С. 22–26.

На наш взгляд, эти противоречия в исследованиях связаны с отсутствием четкого определения интеллектуальных систем. В работах предпринята попытка дать определение интеллектуальной системы¹¹ [13–19]. В более ранних исследованиях до определения понятия интеллектуальная система применялся термин – «умное производство», перед ним – «умная фабрика» [12; 19; 20].

Предметом исследования являются стратегии стран по развитию интеллектуальных систем в мире на 2023 г., целью исследования – выявление различий в странах (отличительных особенностей) с инновационной деятельностью в сфере развития интеллектуальных систем (Индустрия 5.0).

В основе исследования лежит гипотеза о том, что высокий уровень инновационной деятельности в сфере развития интеллектуальных систем достигается в странах, отвечающих двум условиям одновременно. Первое условие – в стране выстроена вся цепочка интеллектуальных технологий, закреплённых правом интеллектуальной собственности. Второе условие – страна имеет собственные интеллектуальные технологии в большом количестве. И напротив, если страна не соответствует этим условиям, то она находится на низком уровне инновационной деятельности в развитии интеллектуальных систем.

Методы и результаты

В процессе исследования выявления различий в странах (отличительных особенностей) с инновационной деятельностью в сфере развития интеллектуальных систем применены экспертный и кластерный методы, а также балльная оценка.

Исследование проводилось в несколько этапов.

На 1-м этапе были определены показатели инновационной деятельности стран по направлению развития интеллектуальных систем экспертным методом:

– доля патентов каждой страны в области интеллектуальных технологий в общем количестве патентов по всем странам¹;

¹¹ International report USA. USA report. Available at: <https://ati.ec.europa.eu/reports/international-reports/report-united-states-america-technological-capacities-and-key-policy> (accessed on 06.07.2023).

– количество национальных стратегий, разработанных в стране для развития интеллектуальных систем^{12,13,14,15,16,17};

– география внедрения разработанных стратегий интеллектуальных систем^{8,9,18} [20];

– индекс специализации в сфере интеллектуальных технологий на правах интеллектуальной собственности, закрепленной за страной. Этот показатель является авторской разработкой. Индекс специализации – это соотношение фактического количества видов патентов, зарегистрированных в стране в области интеллектуальных технологий, к 10 потенциально возможным видам патентов.

На 2-м этапе исследования с помощью кластерного метода рассчитаны показатели инновационной деятельности для 43 стран по данным Всемирной организации интеллектуальной собственности (ВОИС) и Европейской комиссии на 2023 г.¹ Этот расчет был произведен по показателям, предложенным на 1-м этапе исследования. Рассматривалось 3 возможных варианта кластеров. Если страна имела минимальную долю патентов, то это был кластер 1-го типа, если среднюю, то это был кластер 2-го типа, если наибольшая доля патентов – кластер 3-го типа. Используя метод среднего арифметического, определен

общий уровень кластера в стране (доля патентов в области интеллектуальных технологий).

На 3-м этапе исследования рассчитывался уровень инновационной деятельности по 43 странам по разработанной авторами балльной оценке (табл. 1). Далее страны были сгруппированы в соответствии с баллами по уровню инновационной деятельности и составлена классификация инновационных стратегий стран в области развития интеллектуальных систем (табл. 2) [21].

Комплексной методологии измерения инновационной деятельности стран в области развития интеллектуальных систем не существует. Только Европейская комиссия ведет учет отдельных показателей, связанных с развитием интеллектуальных систем. Результаты кластерного анализа свидетельствуют о том, что США можно классифицировать как отдельный, третий тип. Второй тип составляли Япония, Китай, Южная Корея, Италия, Германия, Франция и Великобритания. В первый тип кластера с минимальной долей патентов в области интеллектуальных технологий вошли остальные 35 стран. По количеству национальных стратегий, созданных в странах в области развития интеллектуальных систем, лидировали США и Канада. Из 43 стран только США и Канада включили весь спектр интеллектуальных технологий в свои национальные стратегии.

Согласно табл. 1, только Китай, Япония, США и Германия внедряли собственные разработки в области интеллектуальных технологий не только в своих, но и в других странах. В этом процессе участвовали транснациональные корпорации. Однако большинство стран внедряли собственные разработки только у себя. В настоящее время нет статистических данных о количестве предприятий, на которых внедрены или планируют внедрять интеллектуальные системы в странах, кроме Южной Кореи. Считаем, что такой показатель должен учитываться в статистике.

Авторы предлагают новый показатель – «индекс специализации», показывающий, на каком рынке находится страна в сфере интеллектуальных технологий в зависимости от количества сегментов. Максимально широкий спектр патентов в области интеллектуальных технологий был разработан в 2023 г. в Канаде, Китае, Индии, Южной Кореи, Великобритании, США, Австрии, Германии и Испании (см. табл. 1). Согласно данным, приведенным в табл. 1, США набрали самое большое число баллов (10 баллов). Это первый тип инновационной стратегии в области развития интеллектуальных систем.

¹² Report on the United Kingdom – technological capacities and key policy measures. 20 September 2021. Available at: <https://ati.ec.europa.eu/reports/international-reports/report-united-kingdom-technological-capacities-and-key-policy> (accessed on 05.07.2023).

¹³ Report on Japan – technological capacities and key policy measures. 20 September 2021. Available at: <https://ati.ec.europa.eu/reports/international-reports/report-japan-technological-capacities-and-key-policy-measures> (accessed on 05.07.2023).

¹⁴ International report of South Korea. Available at: <https://ati.ec.europa.eu/reports/international-reports/report-south-korea-technological-capacities-and-key-policy-measures> (accessed on 06.07.2023).

¹⁵ International report Russia. Russia country report. Available at: <https://ati.ec.europa.eu/reports/international-reports/report-russia-technological-capacities-and-key-policy-measures> (accessed on 06.07.2023).

¹⁶ International report USA. USA report. Available at: <https://ati.ec.europa.eu/reports/international-reports/report-united-states-america-technological-capacities-and-key-policy> (accessed on 06.07.2023).

¹⁷ International report USA. USA report. Available at: <https://ati.ec.europa.eu/reports/international-reports/report-united-states-america-technological-capacities-and-key-policy> (accessed on 06.07.2023).

¹⁸ Heimberger H., Karaulova M., Kroll H., Izsak K. Advanced technology landscape and related policies in China. May 2021. Available at: <https://ati.ec.europa.eu/reports/international-reports/advanced-technology-landscape-and-related-policies-china> (accessed on 04.07.2023).

Таблица 1 / Table 1

Оценка инновационной деятельности стран в области развития интеллектуальных систем в 2023 г.

Assessment of innovation activity of regions in the field of development of intelligent systems in 2023

Страна	Показатель инновационной деятельности, балл				Уровень инновационной деятельности	
	Общий уровень кластера (по доле патентов, разработанных в каждой стране в общем количестве патентов по всем странам)	Количество национальных стратегий для развития интеллектуальных систем	География внедрения разработанных страной интеллектуальных систем	Индекс специализации	Общее количество баллов	Класс
Бразилия	1	1	1	3	6	V
Канада	1	2	1	3	7	VI
КНР	2	2	2	3	9	VIII
Индия	1	1	1	3	6	V
Израиль	1	1	1	3	6	V
Япония	2	1	2	3	8	VII
Норвегия	1	1	1	2	5	IV
Российская Федерация	1	1	1	3	6	V
Сингапур	1	1	1	3	6	V
ЮАР	1	1	0	2	4	III
Южная Корея	2	2	1	3	8	VII
Швейцария	1	1	1	3	6	V
Тайвань	1	1	1	3	6	V
Турция	1	1	1	3	6	V
Великобритания	2	2	1	3	8	VII
США	3	2	2	3	10	IX
Австрия	1	2	1	3	7	VI
Бельгия	1	1	1	3	6	V
Болгария	1	0	0	1	2	I
Хорватия	1	0	0	1	2	I
Кипр	1	0	0	1	2	I
Чешская Республика	1	1	1	3	6	V
Дания	1	1	1	3	6	V
Эстония	1	0	0	2	3	II
Финляндия	1	2	1	3	7	VI
Франция	2	2	1	3	8	VII
Германия	2	2	2	3	9	VIII
Греция	1	0	0	2	3	II
Венгрия	1	0	0	2	3	II
Ирландия	1	1	1	3	6	V
Италия	2	1	1	3	7	VI
Латвия	1	0	0	1	2	I
Литва	1	0	0	1	2	I
Люксембург	1	1	1	3	6	V
Мальта	1	0	0	1	2	I
Нидерланды	1	1	1	3	6	V
Польша	1	1	1	3	6	V
Португалия	1	1	1	2	5	IV
Румыния	1	0	0	1	2	I
Словакия	1	0	0	1	2	I
Словения	1	0	0	1	2	I
Испания	1	1	1	3	6	V
Швеция	1	2	1	3	7	VI

Источник: составлена авторами с использованием данных [21]

Source: compiled by the authors using data [21]

Таблица 2 / Table 2

Классификация инновационных стратегий стран в области развития интеллектуальных систем
Classification of innovative strategies of regions in the field of development of intelligent systems

Показатели инновационной деятельности				Уровень инновационной деятельности		Ранг стратегии
Общий уровень кластера (по доле патентов, разработанных в каждой стране в общем количестве патентов по всем странам)	Количество национальных стратегий для развития интеллектуальных систем	География внедрения разработанных страной интеллектуальных систем	Индекс специализации	Общее количество баллов	Класс	
Минимальный	Нет	Нет	Минимальный	2	I	11
Минимальный	Нет	Нет	Средний	3	II	10
Минимальный	Минимальное	Нет	Средний	4	III	9
Минимальный	Минимальное	Минимальная	Средний	5	IV	8
Минимальный	Минимальное	Минимальная	Максимальный	6	V	7
Минимальный	Максимальное	Минимальная	Максимальный	7	VI	6
Средний	Минимальное	Минимальная	Максимальный			5
Средний	Минимальное	Минимальная	Максимальный	8	VII	4
Средний	Максимальное	Минимальная	Максимальный			3
Средний	Максимальное	Максимальная	Максимальный	9	VIII	2
Максимальный	Максимальное	Максимальная	Максимальный	10	IX	1

Источник: составлена авторами с использованием данных [21]

Source: compiled by the authors using data [21]

Для этого типа стратегии характерны максимальные показатели: индекс специализации, доля патентов, количество национальных стратегий и внедренных интеллектуальных систем на местном уровне и в других странах. Большинство стран (16 из 43) имели 7-ю стратегию в области развития интеллектуальных систем (6 баллов). Эта стратегия характеризуется: высоким индексом специализации, минимальной долей патентов, количеством национальных стратегий и количеством внедренных интеллектуальных систем только в своей стране.

Наиболее распространенной стратегией в области развития интеллектуальных систем является 1-я стратегия (2 балла). Эта стратегия применяется в 9 из 43 стран, включенных в выборку. Данная стратегия характеризуется: минимальным индексом специализации, долей патентов, отсутствием национальных стратегий и внедрением собственных разработок в своей стране. Остальные стратегии в области развития интеллектуальных систем, приведенные в табл. 2, менее распространены среди рассмотренных в статье стран.

В статьях M. Nedelcu, E. Reynolds и D. Jaspert, как и в данной работе, анализировалась стратегия инновационной деятельности США в обла-

сти интеллектуальных технологий [1; 2]. В данной работе, а также в работах В.А. Дрожжина, Н. Heimberger и докладе Европейской комиссии описана стратегия по развитию интеллектуальных систем в Китае. Как и в работе K. Lee, так и в докладе Европейской комиссии, в статье проанализирована стратегия развития интеллектуальных систем Южной Кореи [21]. В отличие от данных статей, в данной статье рассмотрены стратегии по развитию интеллектуальных систем большего числа стран (по сравнению с максимальным – 43 в исследованиях авторов); причем каждый уровень стратегии количественно оценен в баллах.

Заключение

В статье предложена классификация инвестиционной деятельности стран в области развития интеллектуальных систем. Практическая значимость исследования заключается в том, что 11 типов стратегий могут быть использованы для принятия инвестиционных решений по внедрению интеллектуальных систем. Кроме того, разработанная авторами система оценки уровня инновационной деятельности в области развития интеллектуальных систем позволяет адаптировать страновую политику к мировым

тенденциям. Это, в свою очередь, повышает привлекательность стран для инвесторов. Выигрышная стратегия инновационной деятельности в области развития интеллектуальных систем должна учитывать набор показателей, которые формируются не только на микроуровне (активность предприятий), но и на макроуровне (участие государства для разработки соответствующих национальных стратегий в области интеллектуальных систем).

Если внедрение разработок в сфере интеллектуальных технологий будет расти, то в будущем потребуются исследования степени готовности к модернизации уже существующих

предприятий в стране, а также уровня существующих производственных мощностей по странам, которые могут быть модернизированы с помощью внедрения интеллектуальных технологий в каждой стране. В дальнейшем необходимо будет произвести расчет потенциального объема нового рынка для стран, внедряющих инновации в области развития интеллектуальных систем. Для создания исследования нового рынка надо изучить страны, которые отвечают за предложение (это страны, разрабатывающие патенты) и спрос (страны, имеющие производственные мощности и готовые к модернизации) на рынке интеллектуальных систем.

Список литературы / References

1. Reynolds E. Innovation and production: Advanced manufacturing technologies, trends and implications for us cities and regions. *Built Environment*. 2017;43(1):25–43. <https://doi.org/10.2148/benv.63.3.25>
2. Jaspert D., Ebel M., Eckhardt A., Poeppelbuss J. Smart retrofitting in manufacturing: A systematic review. *Journal of Cleaner Production*. 2021;312(2):127555. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127555>
3. Haricha K., Khiat A., Bahnasse A., Issaoui Y., Hassan O. Towards smart manufacturing: Implementation and benefits. *Journal of Ubiquitous Systems and Pervasive Networks*. 2021;15(02):25–31.
4. Zenisek J., Wild N., Wolfartsberger J. Investigating the potential of smart manufacturing technologies. *Procedia Computer Science*. 2021;180:507–516. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.269>
5. Ponomareva L., Usacheva I., Volkova A. "Smart manufacturing" in the context of digitalization of business and society. In: Popkova, E.G., Sergi, B.S. (eds.). *ISC 2020: "Smart Technologies" for society, state and economy. Lecture notes in networks and systems*. Vol. 155. Springer, Cham.; 2021. P. 777–785. https://doi.org/10.1007/978-3-030-59126-7_86
6. Maresova P., Soukal I., Svobodova L., Selamat A., Krejcar O. Consequences of Industry 4.0 in business and economics. *Economies*. 2018;6(3):46. <https://doi.org/10.3390/economies6030046>
7. Dreyer S., Egger A., Püschel L., Röglinger M. Prioritising smart factory investments – A project portfolio selection approach. *International Journal of Production Research*. 2020;60(3):999–1015. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1849845>
8. Herrmann F. The smart factory and its risks. *Systems*. 2018;6(4):38. <https://doi.org/10.3390/systems6040038>
9. Appio F., Frattini F., Petruzzelli A., Neirotti P. Digital transformation and innovation management: A synthesis of existing research and an agenda for future studies. *Journal of Product Innovation Management*. 2021;38(1):4–20. <https://doi.org/10.1111/jpim.12562>
10. Habanik J., Grencikova A., Krajco K. The impact of new technology on sustainable development. *Engineering Economics*. 2019;30(1):41–49. <https://doi.org/10.5755/j01.ee.30.1.20776>
11. Yang S., Raghavendra M., Kaminski J., Pepin H. Opportunities for Industry 4.0 to support remanufacturing. *Applied Sciences (Switzerland)*. 2018;8(7):1177. <https://doi.org/10.3390/app8071177>
12. Parhi Sh., Joshi K., Akarte M. Smart manufacturing: a framework for managing performance. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*. 2020;34(1):1–30. <https://doi.org/10.1080/0951192X.2020.1858506>
13. Kusiak A. Smart manufacturing. *International Journal of Production Research*. 2018;56(1-2):508–517. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1351644>
14. O'Brien Ch. Industry 4 and the future of smart manufacturing. *Applied Science and Engineering Progress*. 2021;14(1):1–2. <https://doi.org/10.14416/j.asep.2020.09.002>
15. Wang B., Tao F., Fang X., Liu Ch., Liu Y., Freiheit Th. smart manufacturing and intelligent manufacturing: A comparative review. *Engineering*. 2021;7(6):738–757. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2020.07.017>
16. Tao F., Zhang H., Liu A., Nee A. Digital twin in industry: State-of-the-art. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*. 2019;15(4):2405–2415. <https://doi.org/10.1109/TII.2018.2873186>
17. Грязнов С.А. Цифровые двойники в промышленности. В: Сб. науч. ст. XI Междунар. науч. конф. «Инновационные технологии, экономика и менеджмент в промышленности». Волгоград; 2021. С. 88–89.

18. Zeba G., Dabic M., Cicak M., Daim T., Yalcin H. Technology mining: Artificial intelligence in manufacturing. *Technological Forecasting and Social Change*. 2021;171:1–18. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120971>
19. Wang J., Hsu Ch. A topic-based patent analytics approach for exploring technological trends in smart manufacturing. *Journal of Manufacturing Technology Management*. 2020;32(1):110–135. <https://doi.org/10.1108/JMTM-03-2020-0106>
20. Wang K.-J., Lee T.-L., Hsu Y. Revolution on digital twin technology – a patent research approach. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2020;107(3):4687–4704. <https://doi.org/10.1007/s00170-020-05314-w>
21. Lee K.-S., You Y. A study for Korea manufacturing innovation through smart factory. *Indian Journal of Public Health Research and Development*. 2018;9(8):848–853. <https://doi.org/10.5958/0976-5506.2018.00839.2>

Информация об авторах

Анна Александровна Стародубова – канд. экон. наук, доцент, Казанский национальный исследовательский технологический университет, 420015, Казань, ул. К. Маркса, д. 68, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3257-0000>; e-mail: upfr-nk@list.ru

Динара Даниловна Исхакова – канд. пед. наук, доцент, Казанский национальный исследовательский технологический университет, 420015, Казань, ул. К. Маркса, д. 68, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1131-1985>; e-mail: dina-iskhakova@yandex.ru

Information about the authors

Anna A. Starodubova – PhD (Econ.), Associate Professor, Kazan National Research Technological University, 68 Karl Marx Str., Kazan 420015, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3257-0000>; e-mail: upfr-nk@list.ru

Dinara D. Iskhakova – PhD (Ped.), Associate Professor, Kazan National Research Technological University, 68 Karl Marx Str., Kazan 420015, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1131-1985>; e-mail: dina-iskhakova@yandex.ru

Поступила в редакцию 27.02.2024; поступила после доработки 18.06.2024; принята к публикации 10.07.2024
Received 27.02.2024; Revised 18.06.2024; Accepted 10.07.2024