

Научная статья
УДК 330.354: 796.034+004.032.26
<https://doi.org/10.36511/2588-0071-2024-2-47-56>

Нейросетевой кластерный анализ устойчивого развития экономики регионов Российской Федерации в аспекте принципов ESG

Перова Валентина Ивановна¹, Летягина Елена Николаевна²

^{1, 2}Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет имени Н. И. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия

¹perova_vi@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-1992-5076>

²len@fks.unn.ru, <http://orcid.org/0000-0002-6539-6988>

Аннотация

Исследовано устойчивое развитие инновационной экономики в регионах Российской Федерации. С этой позиции представлены изменения ввода в действие мощностей по охране водных ресурсов и атмосферного воздуха от загрязнения, а также восстановление лесов в России в 2017–2022 годах. Учитывая важность ответственного инвестирования, приведены вложения в основной капитал, направленные на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов Российской Федерации в 2022 году. Актуальность исследования обусловлена прогрессом в достижениях науки и технологий, а также имеющейся сильной конкуренцией. Это требует продвижения креативных концепций в управлении устойчивым социально-экономическим развитием России. В основе таких концепций может быть учет критериев *ESG*: *Environment* — окружающая среда, *Social* — социальное развитие, *Governance* — корпоративное управление. В целях сокращения неоднородности социально-экологического развития России проанализирована многофакторная задача стратегического управления по формированию методологии, опирающейся на *ESG*-принципы. Авторами предложен перспективный и продуктивный метод решения многофакторных задач — нейросетевой кластерный анализ с применением информационных технологий. Он позволил распределить регионы Российской Федерации на шесть кластерных образований, характеризующихся различным уровнем развития в ракурсе признаков *ESG* по комплексу 11 показателей. Приведена структура кластеров, детализирующая вхождение в них регионов России. Даны усредненные значения исследуемых показателей устойчивого инновационного развития региональной экономики в каждом из кластеров и в целом по стране. Из результатов работы следует, что установка менеджмента на синтез принципов *ESG* и продуктивность ответственного инвестирования станут важными компонентами при формировании стратегий инновационного развития экономики Российской Федерации. Это будет одним из ключевых факторов усиления экономической безопасности Российской Федерации.

Ключевые слова: регионы России, устойчивое развитие, принципы *ESG*, ответственное инвестирование, экономическая безопасность, искусственный интеллект, кластерный анализ, нейронные сети

Для цитирования

Перова В. И., Летягина Е. Н. Нейросетевой кластерный анализ устойчивого развития экономики регионов Российской Федерации в аспекте принципов ESG // На страже экономики. 2024. № 2 (29). С. 47–56. <https://doi.org/10.36511/2588-0071-2024-2-47-56>.

Original article

**Neural network cluster analysis
of sustainable economic development of the regions
of the Russian Federation in the aspect of ESG principles**

Valentina I. Perova¹, Elena N. Letiagina²

^{1, 2}National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russian Federation

¹perova_vi@mail.ru

²len@fks.unn.ru

Abstract

The sustainable development of the innovative economy in the regions of the Russian Federation is researched. From this position, the changes in the commissioning of capacities for the protection of water resources and atmospheric air from pollution, as well as the renewal of forests in Russia for the period 2017–2022 are presented. Taking into account the importance of responsible investment, investments in fixed assets aimed at environmental protection and rational use of natural resources of the Russian Federation in 2022 are given. The relevance of the research is due to the progress in the achievements of science and technology, as well as the existing strong competition. This requires the promotion of creative concepts in the management of sustainable socio-economic development of Russia. Such concepts may be based on consideration of ESG criteria: Environment — environment, Social — social development, Governance — corporate governance. In order to reduce the heterogeneity of the socio-ecological development of Russia, the multifactorial task of strategic management on the formation of a methodology based on ESG principles is analyzed. The authors propose a promising and productive method for solving multifactorial problems — neural network cluster analysis using information technology. It allowed us to distribute the regions of the Russian Federation into six cluster formations characterized by different levels of development in the perspective of ESG features according to a set of 11 indicators. The structure of clusters detailing the entry of Russian regions into them is given. The average values of the studied indicators of sustainable innovative development of the regional economy in each of the clusters and in the whole country are shown. It follows from the results of the work that the management's focus on the synthesis of ESG principles and the productivity of responsible investment will become important components in the formation of strategies for the innovative development of the Russian economy. This will be one of the key factors in strengthening the economic security of the Russian Federation.

Keywords: Russian regions, sustainable development, ESG principles, responsible investment, economic security, artificial intelligence, cluster analysis, neural networks

For citation

Perova V. I., Letiagina E. N. Neural network cluster analysis of sustainable economic development of the regions of the Russian Federation in the aspect of ESG principles. *The Economy under Guard*, 2024, no. 2 (29), pp. 47–56. (In Russ.). <https://doi.org/10.36511/2588-0071-2024-47-56>.

Введение

В современных реалиях, характеризующихся дополнением новых угроз и вызовов национальной, включая экономическую, безопасности Российской Федерации, значительное внимание уделяется осуществлению системного подхода к охране окружающей среды. С позиции исторического развития деятельность регионов России по охране окружающей среды основывается на ряде программных документов [1–3], где прослеживается направленность концепции устойчивого развития от экологической к интегральной, которая объединяет три магистральных представления: экологическое, социальное и экономическое. Под устойчивым развитием понимается экономический рост, не приводящий к деградации окружающей среды и обуславливающий устранение социальных проблем.

При этом устойчивое развитие подразумевает принятие мер, которые направлены: а) на оптимизирование потребления ограниченных ресурсов в экономике регионов; б) разработку и продвижение в реальный сектор экономики экологических (энергосберегающих, материалосберегающих, природосберегающих) технологий; в) развитие человеческого капитала и поддержание стойкости культурных и социальных систем; г) обеспечение многогранности и целостности физических и биологических природных систем.

Рассмотрим динамику ввода в действие мощностей по охране водных ресурсов и атмосферного воздуха от загрязнения в России за период 2017–2022 годов (рис. 1) [4].

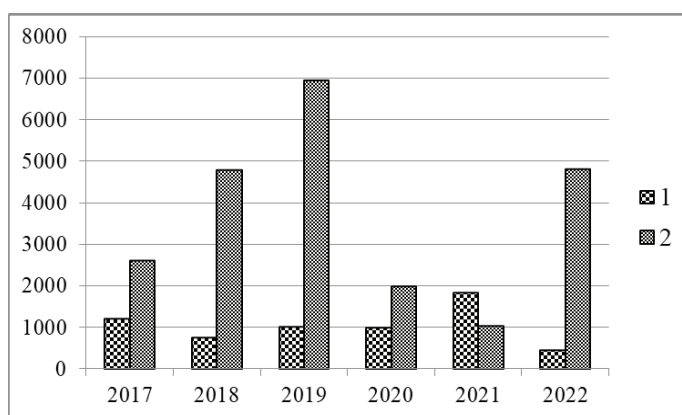


Рис. 1. Ввод в действие мощностей по охране окружающей среды в России за период 2017–2022 годов: 1 — станции для очистки сточных вод, тыс. м³ в сутки; 2 — установки для улавливания и обезвреживания вредных веществ из отходящих газов, тыс. м³ в час

Fig. 1. Commissioning of environmental protection facilities in Russia for the period 2017–2022: 1 — wastewater treatment plants, thousand m³ per day; 2 — installations for capturing and neutralizing harmful substances from exhaust gases, thousand m³ per hour

Из данных рисунка 1 следует, что в 2022 году по сравнению с началом рассматриваемого периода имеет место некоторое снижение количества станций для очистки сточных вод, но наблюдается рост числа установок для улавливания и обезвреживания вредных веществ из отходящих газов. Большое воздействие на состояние окружающей среды оказывает и количество лесных массивов. Рисунок 2 иллюстрирует динамику воспроизводства лесов в Российской Федерации [4]. Данные на рисунке 2 показывают увеличение воспроизводимости лесов в 2022 году по сравнению с 2017 годом, на которое не оказала отрицательного воздействия внешняя конъюнктура.

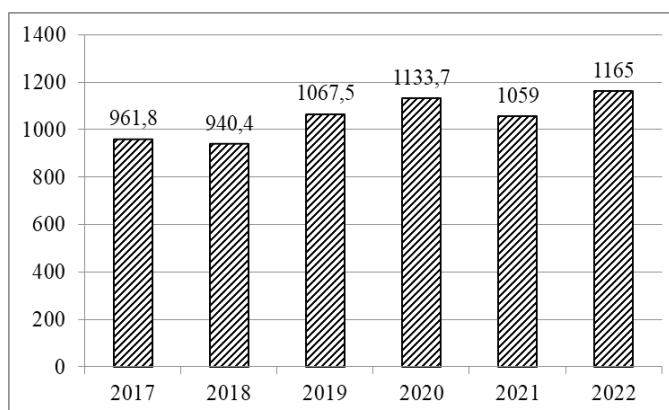


Рис. 2. Воспроизводство лесов в Российской Федерации, тыс. га

Fig. 2. Reproduction of forests in the Russian Federation, thousand hectares

Развитие экономики регионов России непосредственно соединено с ответственным инвестированием — осуществлением инвестиционных проектов с учетом экологических, социальных и корпоративно-управленческих факторов, согласно критериям *ESG* (*environment* — окружающая среда, *social* — социальное развитие, *governance* — корпоративное управление).

При оценивании рациональности инвестиций значимое внимание уделяется положительной репутации предприятий и организаций наряду с устойчивым ростом финансово-экономических показателей их функционирования. Придерживаясь принципов *ESG*, они могут получить долгосрочные инвестиции на том или ином уровне — от корпоративного до федерального, необходимые при стратегическом развитии. Рисунок 3 иллюстрирует инвестиции в основной капитал, которые направлены на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов в Российской Федерации в 2022 году [4].

Как следует из данных (см. рис. 3), инвестиции в основной капитал, направленные на охрану атмосферного воздуха, в пять раз превышают инвестиции на охрану земель.

Отметим, что крупнейшие компании России при выполнении своей работы преимущественно ориентируются на концепции устойчивого развития. Это связано с тем, что снижение технологического прессинга на окружающую среду приводит к заметному повышению качества жизни населения, а также к снижению рисков в деятельности компаний, увеличению их конкурентоспособности [5–7], и тем самым повышению экономической безопасности страны [8].

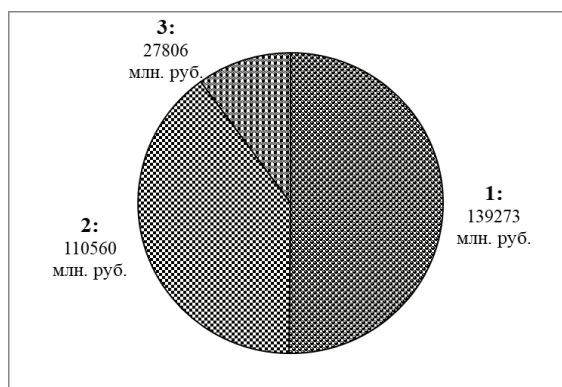


Рис. 3. Инвестиции в основной капитал в Российской Федерации, направленные на охрану: 1 — атмосферного воздуха; 2 — водных ресурсов; 3 — земель

Fig. 3. Investments in fixed assets in the Russian Federation aimed at protecting: 1 — atmospheric air; 2 — water resources; 3 — land

Исследование в области экологии, социальной сфере и корпоративного управления актуально и используется для анализа ответственного инвестирования в региональную экономику Российской Федерации.

Материалы и методы

В целях совершенствования качества показателей *ESG*-элементов в социально-экономическом развитии регионов Российской Федерации особую значимость имеет исследование современного состояния их деятельности в направлении устойчивого инновационного развития экономики. Проведение данного исследования относится к многофакторным задачам. При решении таких задач вполне эффективными показали себя многомерные классические статистические методы анализа данных [9–10], методы использования паттернов [11].

В настоящей работе исследование многомерных данных осуществлялось путем нейросетевого кластерного анализа, независимого от модельных ограничений. В качестве базы выбраны искусственные нейронные сети — самоорганизующиеся карты Кохонена [12–13]. Алгоритмы обучения такого класса нейронных сетей дают возможность провести кластеризацию данных и визуально представить ее результаты. В исследовании был задействован российский аналитический программный комплекс *Deductor*.

Результаты исследования

Рассмотрим деятельность регионов Российской Федерации на основе множества данных Росстата за 2022 год [4] в соответствии с авторским отбором: **экологические факторы:** *X1* — объем оборотной и последовательно используемой воды (млн куб. м); *X2* — использование свежей воды (млн куб. м); *X3* — выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, отходящих от стационарных источников (тыс. т); *X4* — улавливание загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников (тыс. т); *X5* — индекс физического объема природоохранных расходов (в сопоставимых ценах; в % к предыдущему году); *X6* — лесовосстановление (тыс. га); **социальные факторы:** *X7* — реальные денежные доходы населения (в % к предыдущему году); *X8* — коэффициенты естественно-

го прироста населения на 1 000 человек населения, %; X9 — коэффициенты миграционного прироста на 10 000 человек населения. **Управленческие факторы:** X10 — прирост высокопроизводительных рабочих мест (в % к предыдущему году); X11 — удельный вес организаций, осуществляющих технологические инновации в общем числе обследованных организаций (в % к предыдущему году).

Кластерный анализ данных был проведен на платформе программного пакета *Deductor* посредством нейросетевого моделирования с применением нейронных сетей — самоорганизующихся карт Кохонена, образующих релевантный компонент искусственного интеллекта [10–11]. По результатам анализа 85 регионов Российской Федерации (без учета новых регионов: Донецкой Народной Республики (далее — ДНР), Луганской Народной Республики (далее — ЛНР), Запорожской и Херсонской областей, по которым официальные данные за 2022 год на сайте Росстата отсутствовали) распределились на шесть кластерных формирований (рис. 4).

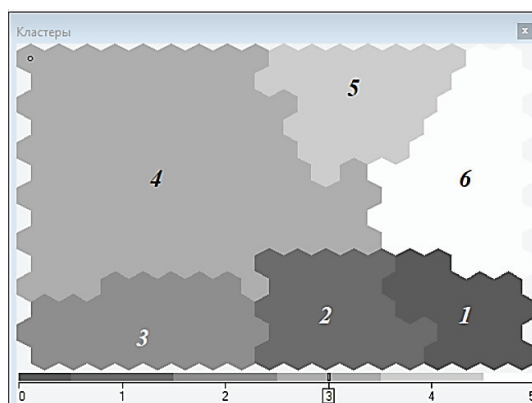


Рис. 4. Самоорганизующаяся карта Кохонена за 2022 год

Fig. 4. Kohonen self-organizing map for 2022

Следует отметить, что рассматриваемые 11 показателей оказали различное влияние на процесс построения кластерных образований, о чем свидетельствуют результаты, отображенные в таблице 1.

Таблица 1

Профили кластеров по ESG-показателям за 2022 год в процентах

Table 1

Cluster profiles by ESG indicators for 2022 year in percent

Показатель	Кластер № 1	Кластер № 2	Кластер № 3	Кластер № 4	Кластер № 5	Кластер № 6
X1	97,3	37,2	97,7	100	25,4	100
X2	97,9	100	90,9	99,9	10,8	68
X3	100	47,4	47,1	98,8	56,4	11,7
X4	100	49,3	84,9	84	31,3	42,4
X5	3,1	57	91,3	60,2	32,5	7,6
X6	90,5	44,2	83,8	98,8	100	65,6
X7	69,2	68,9	92	93,1	25	63,9
X8	12,8	90,9	100	99,3	15,2	78,8
X9	76,9	80,5	90	28,6	77,2	90,4
X10	71,6	99,4	86,8	98,7	29,6	74,3
X11	5,3	94,9	99,9	73,9	60,1	98,8

Наибольшее влияние на формирование кластеров имеют в основном экологические показатели, кроме социального показателя X_8 для кластера № 3. К таким показателям относятся следующие: для кластера № 1 — выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, отходящих от стационарных источников (X_3), и улавливание загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников (X_4); для кластера № 2 — использование свежей воды (X_2); для кластера № 3 — коэффициенты естественного прироста населения на 1 000 человек населения (X_8); для кластеров № 4 и № 6 — объем оборотной и последовательно используемой воды (X_1); для кластера № 5 — лесовосстановление (X_6).

Структура кластерных образований приведена в таблице 2.

Таблица 2

Конструкция кластерных образований в 2022 году

Table 2

Construction of cluster formations in 2022 year

Кластер и число регионов	Регионы Российской Федерации
№ 1; 4	Московская область, Свердловская область, Красноярский край, Кемеровская область.
№ 2; 6	Костромская область, Краснодарский край, Республика Дагестан, Ставропольский край, Ханты-Мансийский округ – Югра, Тюменская область
№ 3; 10	Ненецкий автономный округ, Республика Калмыкия, Республика Ингушетия Кабардино-Балканская Республика, Республика Северная Осетия – Алания, Чеченская Республика, Ямало-Ненецкий автономный округ, Республика Тыва, Сахалинская область, Чукотский автономный округ.
№ 4; 45	Белгородская область, Брянская область, Владимирская область, Ивановская область, Калужская область, Липецкая область, Орловская область, Рязанская область, Тамбовская область, Тульская область, Ярославская область, Республика Карелия, Калининградская область, Мурманская область, Новгородская область, Псковская область, г. Санкт-Петербург, Республика Адыгея, Республика Крым, Астраханская область, Волгоградская область, г. Севастополь, Карачаево-Черкесская Республика, Республика Марий Эл, Республика Мордовия, Удмуртская Республика, Чувашская Республика, Кировская область, Нижегородская область, Оренбургская область, Пензенская область, Ульяновская область, Курганская область, Республика Алтай, Республика Хакасия, Алтайский край, Новосибирская область, Омская область, Томская область, Республика Бурятия, Камчатский край, Приморский край, Амурская область, Магаданская область, Еврейская автономная область.
№ 5; 8	Республика Коми, Архангельская область, Вологодская область, Пермский край, Иркутская область, Республика Саха (Якутия), Забайкальский край, Хабаровский край.
№ 6; 12	Воронежская область, Курская область, Смоленская область, Тверская область, г. Москва, Ленинградская область, Ростовская область, Республика Башкортостан, Республика Татарстан, Самарская область, Саратовская область, Челябинская область.

По результатам таблицы 2 можно констатировать неоднородность распределения 85 регионов по кластерам. Больше половины регионов расположились в кластере № 4. Наоборот, самыми малочисленными являются кластеры № 1 и № 2, имея в своем составе 4 и 6 регионов соответственно. Кластер № 4 превосходит по численному составу кластер № 1 более чем в 11 раз.

Данные таблицы 2 показывают независимость разграничения регионов на кластеры от их членства в федеральных округах Российской Федерации, например отметим неравномерное присутствие в кластерах четырнадцати регионов Приволжского федерального округа (далее — ПФО): девять регионов пребывают в кластере № 4, один регион вошел в кластер № 5 и четыре региона присутствуют в кластере № 6. Кластеры № 1, 2 и 3 не имеют в своем составе регионов ПФО.

В таблице 3 представлены средние значения выделенных для исследования ESG-показателей, а также средние индикаторы по Российской Федерации за 2022 год по совокупности рассматриваемых показателей.

Таблица 3

**Средние показатели социально-экологического развития регионов
Российской Федерации по кластерам и в целом по стране за 2022 год**

Table 3

**Average indicators of socio-ecological development of the regions
of the Russian Federation by clusters and in the whole country for 2022 year**

Показатель	Кластер						Среднее значение по России
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	
X1	4 300,67	2 144,43	69,73	705,68	1 939,97	5 419,47	1 683,24
X2	1 441,74	2 611,01	156,66	242,55	522,31	781,66	558,50
X3	1 297,50	302,93	124,53	94,18	306,52	186,01	202,06
X4	6 051,72	267,98	8,01	390,40	855,26	420,75	651,22
X5	108,82	85,40	157,49	100,54	97,29	109,42	107,51
X6	37,55	7,06	1,56	5,45	77,91	6,13	13,53
X7	99,42	99,22	99,70	97,45	97,87	98,83	98,16
X8	-4,72	-0,55	-4,37	-6,25	-3,95	-6,22	-4,31
X9	15,20	11,46	-40,72	-18,00	-35,51	10,79	-14,61
X10	2,82	5,47	2,83	-1,29	-0,19	1,87	0,41
X11	19,15	12,55	10,53	20,25	16,54	25,39	18,89

Результаты расчетов (табл. 3) свидетельствуют, что самыми низкими значениями средних показателей характеризуются регионы, составившие кластеры № 3 (экологические факторы: X1, X2, X4, X6; социальный фактор X9; управленческий фактор X11) и № 4 (экологический фактор X3; социальные факторы: X7, X8; управленческий фактор X10).

Наибольшими величинами показателей аттестуются регионы, образовавшие кластеры: № 1 (экологические факторы: X3, X4; социальный фактор X9), № 2 (экологический фактор X2; социальный фактор X8; управленческий фактор X10), № 3 (экологический фактор X5; социальный фактор X7), № 5 (экологический фактор X6) и № 6 (экологический фактор X1; управленческий фактор X11).

Значения показателей в кластере № 5 наиболее приближены к средним значениям по России.

Заключение

Продемонстрирована результативность применения нейросетевого кластерного анализа многомерного пространства статистических данных, исходя из перспективного и продуктивного метода — нейронных сетей, являющих собой существенный элемент искусственного интеллекта. Выполненное исследование позволило аттестовать устойчивое развитие региональной экономики в Россий-

ской Федерации в ракурсе критериев *ESG* и совершенствовать управленческие решения в социально-экологической сфере. При этом нацеленность региональной управленческой деятельности на стабильное инновационное развитие их экономики адекватно принципам *ESG* целесообразно фокусировать на комбинирование социально-экологических и управленческих компонентов с положительной отдачей ответственного инвестирования. Такое прогрессивное направление экономического развития может стать одним из конструктивных подходов инновационного развития России, согласующихся с актуальными требованиями национальной экономики.

Список источников

1. О концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию: указ Президента Российской Федерации от 1 апреля 1996 года №440. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/9120> (дата обращения: 15.10.2023).
2. Основные положения устойчивого развития России. URL: https://www.socionauki.ru/almanac/noo21v/number_2/5_4.pdf (дата обращения: 15.10.2023).
3. О Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года. URL: <https://docs.cntd.ru/document/726639341> (дата обращения: 15.10.2023).
4. Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://www.gks.ru> (дата обращения: 15.10.2023).
5. Никитин Г. С., Скобелев Д. О. Эффективность государственных и корпоративных инвестиций в развитие реального сектора экономики // Вестник Нижегородского университета имени Н. И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. 2022. № 4 (68). С. 32–41.
6. Замятина М. Ф., Тишков С. В. *ESG*-факторы в стратегиях компаний и регионов России и их роль в региональном инновационном развитии // Вопросы инновационной экономики. 2022. Т. 12. № 1. С. 501–518.
7. Браак Д. Г., Лещенко Ю. Г. Анализ показателей функционирования группы ПАО «ГАЗПРОМ» в контексте воздействия на экологическую систему арктической зоны России // Развитие и безопасность. 2023. № 1. С. 59–73.
8. Чеботарев В. С., Шох М. А. Конкурентоспособность и экономическая безопасность регионов // На страже экономики. 2022. № 1 (20). С. 68–74.
9. Богатырев А. В., Бубнова О. Ю. Опыт факторного анализа инновационной активности региона // На страже экономики. 2019. № 3 (10). С. 10–15.
10. Перова В. И., Незнакомцева О. Ю. Исследование динамики социально-экономического развития регионов Российской Федерации // Вестник Нижегородского университета имени Н. И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. 2016. № 4 (44). С. 44–51.
11. Aleskerov F. T., Gokhberg L. M., Egorova L. G., Myachin A. L., Sagieva G. S. A Method of Static and Dynamic Pattern Analysis of Innovative Development of Russian Regions in the Long Run, in: Springer Proceedings in Mathematics and Statistics. Vol. 104: Models, Algorithms and Technologies for Network Analysis. Dordrecht, L., Cham, Heidelberg, NY: Springer, 2014. Ch. 1. Pp. 1–8.
12. Kohonen T. Self-Organized Formation of Topologically Correct Feature Maps // Bio 1. Cybern. 1982. Vol. 43. No. 1, pp. 59–69.
13. Летягина Е. Н., Перова В. И. Нейросетевое моделирование региональных инновационных экосистем // Journal of New Economy. 2021. Т. 22. № 1. С. 71–89.

References

1. On the concept of transition of the Russian Federation to sustainable development: decree of the President of the Russian Federation no. 440 of April 1, 1996. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/9120> (accessed 15.10.2023). (In Russ.)
2. The main provisions of the sustainable development of Russia. URL: https://www.socionauki.ru/almanac/noo21v/number_2/5_4.pdf (accessed 10.15.2023). (In Russ.)
3. On the Strategy of socio-economic development of the Russian Federation with a low level of greenhouse gas emissions until 2050. URL: <https://docs.cntd.ru/document/726639341> (accessed 10.15.2023). (In Russ.)
4. Federal State Statistics Service. URL: <https://www.gks.ru> (accessed 15.10.2023). (In Russ.)
5. Nikitin G. S., Skobelev D. O. Efficiency of state and corporate investments in the development of the real sector of the economy. *Bulletin of the Nizhny Novgorod University named after N. I. Lobachevsky. Series: Social Sciences*, 2022, no. 4 (68), pp. 32–41. (In Russ.)
6. Zamyatina M. F., Tishkov S. V. ESG factors in the strategies of companies and regions of Russia and their role in regional innovative development. *Issues of innovative economy*, 2022, vol. 12, no. 1, pp. 501–518. (In Russ.)
7. Brakk D. G., Leshchenko Yu. G. Analysis of the performance indicators of the GAZPROM Group in the context of the impact on the ecological system of the Arctic zone of Russia. *Development and security*, 2023, no. 1, pp. 59–73. (In Russ.)
8. Chebotarev V. S., Shokh M. A. Competitiveness and economic security of regions. *The Economy under Guard*, 2022, no. 1 (20), pp. 68–74. (In Russ.)
9. Bogatyrev A. V., Bubnova O. Yu. Experience of factor analysis of innovative activity of the region. *The Economy under Guard*, 2019, no. 3 (10), pp. 10–15. (In Russ.)
10. Perova V. I., Neznakomtseva O. Yu. Research into the dynamics of social and economic development of the Russian Federation regions. *Bulletin of the Nizhny Novgorod University named after N. I. Lobachevsky. Series: Social Sciences*, 2016, no. 4 (44), pp. 44–51. (In Russ.)
11. Aleskerov F. T., Gokhberg L. M., Egorova L. G., Myachin A. L., Sagieva G. S. A Method of Static and Dynamic Pattern Analysis of Innovative Development of Russian Regions in the Long Run, in: Springer Proceedings in Mathematics and Statistics. Vol. 104 Models, Algorithms and Technologies for Network Analysis. Dordrecht, L., Cham, Heidelberg, NY: Springer, 2014. Ch. 1. Pp. 1–8. (In Russ.)
12. Kohonen T. Self-Organized Formation of Topologically Correct Feature Maps. *Biol. Cybern.* 1982, vol. 43, no. 1, pp. 59–69. (In Russ.)
13. Letiagina E. N., Perova V. I. Neural network modeling of regional innovation ecosystems. *Journal of New Economy*, 2021, vol. 22, no. 1, pp. 71–89. (In Russ.)

Информация об авторах | Information about the authors

- В. И. Перова** — кандидат физико-математических наук, доцент
V. I. Perova — Candidate of Sciences (Physics and Mathematics), Associate Professor
- Е. Н. Летягина** — кандидат экономических наук, доцент
E. N. Letiagina — Candidate of Sciences (Economy), Associate Professor

Статья поступила в редакцию 10.04.2024; одобрена после рецензирования 05.05.2024; принята к публикации 05.06.2024.

The article was submitted 10.04.2024; approved after reviewing 05.05.2024; accepted for publication 05.06.2024.