

МЕТОДЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ИССЛЕДОВАНИИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕГИОНОВ РОССИИ В УСЛОВИЯХ БОЛЬШИХ ВЫЗОВОВ

Николай Петрович ЛЮБУШИН ^{a,*},

Елена Николаевна ЛЕТЯГИНА ^b,

Валентина Ивановна ПЕРОВА ^c,

Роман Михайлович КОТОВ ^d

^a доктор экономических наук, профессор кафедры экономического анализа и аудита,
Воронежский государственный университет (ВГУ),
Воронеж, Российская Федерация
lubushinnp@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4493-2278>
SPIN-код: 2227-3764

^b кандидат экономических наук, доцент, заведующая кафедрой управления в спорте,
Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского (ННГУ),
Нижний Новгород, Российская Федерация
len@fks.unn.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6539-6988>
SPIN-код: 7221-4868

^c кандидат физико-математических наук, доцент кафедры
математического моделирования экономических процессов,
Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского (ННГУ),
Нижний Новгород, Российская Федерация
perova_vi@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1992-5076>
SPIN-код: 3871-2450

^d кандидат экономических наук, доцент кафедры
бухгалтерского учета, анализа, аудита и налогообложения,
Кемеровский государственный университет (КемГУ),
Кемерово, Российская Федерация
rmkotov@mail.ru
ORCID: отсутствует
SPIN-код: 3447-3926

* Ответственный автор

История статьи:

Рег. № 264/2022
Получена 02.06.2022
Получена в
доработанном виде
09.06.2022
Одобрена 17.06.2022
Доступна онлайн
29.06.2022

Аннотация

Предмет. Методические подходы к анализу экономического потенциала регионов с учетом достижения национальной цели устойчивого развития Российской Федерации в условиях больших вызовов.

Цели. Исследование динамики развития экономической деятельности в регионах Российской Федерации с помощью методов искусственного интеллекта в целях анализа инновационного развития российской экономики в условиях больших вызовов.

Методология. Исследование базируется на анализе динамики

УДК 004.032.26:332.1
JEL: C45, O30, R11

показателей развития региональной экономики России. Предложен свободный от модельных ограничений кластерный анализ развития региональной экономики на основе нейросетевого моделирования, что позволило оценить динамику развития и ранжирование регионов Российской Федерации по совокупности рассматриваемых показателей. Среди имеющихся классов нейронных сетей применены нейронные сети – самоорганизующиеся карты Кохонена, которые проявляют себя как перспективное средство кластеризации и визуального воплощения многомерных статистических данных.

Результаты. Результатами нейросетевого моделирования явилась сегрегация 85 регионов Российской Федерации по четырем компактным группам, не зависящая от принадлежности регионов к федеральным округам. Оценена значимость каждого показателя при формировании кластеров. Выявлено сильное различие количества регионов в кластерах. При этом некоторые регионы в рассматриваемом периоде входили в состав одного и того же соответствующего кластера. Представлена динамика средних значений исследуемых показателей в кластерах за 2018–2020 гг.

Выводы. Исследование показывает несоразмерность экономического развития регионов России, что требует индивидуального подхода к разработке стратегий развития региональных экономик, соответствующих КРП, и мер по стимулированию экономической деятельности в области инноваций, инвестиций и внедрения результатов научных исследований в регионах Российской Федерации. Эти меры окажут поддержку реальному сектору экономики в продвижении его интересов и активизации инновационной, научно-исследовательской, производственной и инвестиционной деятельности, что обусловит устойчивый экономический рост.

Ключевые слова:

большие вызовы,
устойчивое развитие,
кластерный анализ,
методы искусственного
интеллекта, нейронные
сети

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2022

Для цитирования: Любушин Н.П., Летягина Е.Н., Перова В.И., Котов Р.М. Методы искусственного интеллекта в исследовании экономического потенциала регионов России в условиях больших вызовов // *Экономический анализ: теория и практика*. – 2022. – Т. 21, № 6. – С. 994 – 1017.
<https://doi.org/10.24891/ea.21.6.994>

На современном этапе в условиях больших вызовов в целях выполнения указов Президента Российской Федерации¹ и распоряжения Правительства Российской Федерации² для осуществления крупномасштабного инновационного научно-технологического развития страны, обеспечения ее экономической безопасности³ необходимо регулирование и совершенствование инновационной, научно-исследовательской, производственной и инвестиционной деятельности регионов России. Поддержание и опережение мировых тенденций научно-технологического развития, которое является приоритетом государственной политики в области

¹ О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации: Указ Президента Российской Федерации от 01.12.2016 № 642; О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года: Указ Президента Российской Федерации от 21.07.2020 № 474.

² Об утверждении Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года: распоряжение Правительства Российской Федерации от 13.02.2019 № 207-р.

³ О Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года: Указ Президента Российской Федерации от 13.05.2017 № 208.

устойчивого развития, аффилировано с развитием территорий и качеством жизни населения Российской Федерации. Состояние региональной экономики оказывает многогранное преобразующее воздействие на социально-экономическое развитие страны. При этом отличительной особенностью многих регионов Российской Федерации является обладание высоким научно-производственным и инновационным потенциалом. Тематике совершенствования российской социально-экономической системы посвятили свои работы В.Л. Макаров [1], Г.Б. Клейнер, М.А. Рыбачук [2], F.T. Aleskerov, L.M Gokhberg с соавторами [3], Н.П. Любушин, Н.Э. Бабичева с соавторами [4], В.Н. Едренова [5], Н.П. Любушин, Е.Н. Летягина, В.И. Перова [6], Ю.Г. Лаврикова, Е.Л. Андреева с соавторами [7], С.Д. Валентей, А.Р. Бахтизин, А.В. Кольчугина [8], С.Н. Яшин, С.А. Борисов [9], Е.Н. Летягина, В.И. Перова [10–11], Ю.А. Кузнецов, В.И. Перова, Д.С. Семиков [12], М.Ю. Кабалина, Н.А. Садовникова [13].

В настоящее время в условиях сложившихся под влиянием санкций внешнеэкономических обстоятельств одним из главнейших факторов направленного вперед развития российской экономики является защита экономической безопасности и обеспечение устойчивого роста. Данной тематике посвящены работы [14–20]. Образовавшаяся конъюнктура допускает диверсификацию региональной экономики России путем развития импортозамещения в различных сферах хозяйственной деятельности. По преимуществу релевантным становится базирование на системе отечественного ресурсопользования. При этом в процессе оптимизирования российской социально-экономической системы одну из основных движущих сил экономического роста являют собой инновации [3, 6, 9, 10] и инвестиции, которые исследовали В.И. Перова, А.В. Папко [21], Т.В. Ермошина [22], Т.А. Суетина, Д.М. Сафина [23], И.О. Мылыхина [24], В.Г. Фролов, А.А. Павлова [25].

Система хозяйствования предписывает означенные тенденции экономического развития. В условиях больших вызовов это обусловлено такими процессами, интенсивность которых налагает требования к образованию устойчивой к внешним вызовам, эффективной и современной экономической системы на уровне регионов и страны в целом. Вектор направленности на инновационное научно-технологическое развитие российской экономики дает возможность прорывного и качественного экономического развития, а также достижения научно-технологического превосходства. К детерминантам, способствующим регионам Российской Федерации увеличивать свой инновационный потенциал, относится разработка национальных наукоемких технологий, а также повышение квалификации специалистов, которые обеспечивают их работу в условиях исчерпания возможностей экономического роста, основанного на экстенсивной эксплуатации ресурсов. Укрепление и расширение инновационной сферы в регионах России во многом зависят и от своевременности и качества принимаемых управленческих решений.

Наряду с инновациями к кардинальным движущим силам экономического роста в процессе совершенствования российской социально-экономической системы относятся инвестиции, гарантирующие процессы воспроизводства – как простого, так и расширенного. Привлечение основного вида инвестиций – капитальных вложений – способствует развитию региональной экономики, поскольку они являются одним из важнейших факторов, направленных на создание основных фондов, реконструкцию и техническую модернизацию действующих предприятий. Велико значение инвестиций и в человеческий капитал. Отметим, что в Российской Федерации уделяется большое внимание развитию человеческого капитала. Указ Президента Российской Федерации от 21.07.2020 № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года»⁴ и «Стратегия развития физической культуры и спорта в Российской Федерации на период до 2030 года», утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 24.11.2020 № 3081-р⁵, направлены на достижение национальной цели по сохранению здоровья и благополучия людей. Качество человеческого капитала во многом обуславливается получением знаний и интеллектуального капитала вследствие профессионального образования, а также физической активностью населения.

Обеспечение устойчивого экономического роста Российской Федерации в целом, а также ее отдельных регионов в условиях больших вызовов относится к основным задачам реальной экономической политики. При этом одним из главных направлений стратегического пути экономического развития России является наращивание ее конкурентоспособности за счет применения перспективных технологий, в число которых входят методы искусственного интеллекта.

В контексте обеспечения устойчивого развития России в условиях больших вызовов актуальным является исследование динамики экономического развития регионов Российской Федерации. Согласно методологии статистического учета, утвержденной Федеральной службой государственной статистики, экономическую деятельность, определяющую интенсивность развития регионов Российской Федерации за 2018–2020 гг., можно характеризовать с помощью следующих показателей⁶:

а) инновационная деятельность:

- X_1 – удельный вес организаций, осуществляющих технологические инновации, в общем числе обследованных организаций, %;
- X_2 – уровень инновационной активности организаций, %;

⁴ О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года: Указ Президента Российской Федерации от 21.07.2020 № 474.

⁵ Об утверждении Стратегии развития физической культуры и спорта в Российской Федерации на период до 2030 года: распоряжение Правительства Российской Федерации от 24.11.2020 № 3081-р.

⁶ Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://gks.ru>

- X_3 – удельный вес затрат на инновационную деятельность в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг, %;
- X_4 – удельный вес инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг, %;

б) научно-исследовательская деятельность:

- X_5 – коэффициент изобретательской активности (число отечественных патентных заявок на изобретения, поданных в России, в расчете на 10 тыс. человек населения), ед.;
- X_6 – численность исследователей, имеющих ученую степень, чел.;
- X_7 – внутренние текущие затраты на научные исследования и разработки, млн руб.;

в) производственная деятельность:

X_8 – используемые передовые производственные технологии, ед.;

X_9 – прирост высокопроизводительных рабочих мест, тыс ед.;

X_{10} – энерговооруженность труда работников промышленных организаций (всего по добывающим, обрабатывающим производствам, производству и распределению электроэнергии, газа и воды), кВт·ч;

г) инвестиционная деятельность:

- X_{11} – доля инвестиций, направленных на реконструкцию и модернизацию, в общем объеме инвестиций в основной капитал по субъектам Российской Федерации, %.

В настоящем исследовании применен эффективный инструмент – методы искусственного интеллекта, существенным разделом которого являются искусственные нейронные сети (ИНС), что нашло отражение в работах Дж.Ф. Люгера [26], А.Р. Неврединова [27], С. Хайкина [28] и др. Искусственные нейронные сети относятся к адаптивным системам, выполняющим различный круг задач, обусловленных пространством исходных данных. Отметим, что ИНС реализуют методику «мягких» вычислений, которая свободна от модельных ограничений. Значимость нейросетевого подхода выражается еще и в том, что ИНС проявили себя высокоэффективным средством анализа значительных объемов трудно формализуемых гетерогенных статистических данных, исследования линейных и нелинейных зависимостей. В настоящее время для материализации нейросетевых концепций созданы специализированные программные продукты, такие как MatLab, ViscoverySOMine, Statistica, Deductor, Loginom и др. В них

реализованы ИНС различных типов и архитектур, сформированных всевозможными способами интеграции нейронов между собой, а также выстраиванием их коммуникации.

В настоящей работе инструментом выполнения исследований являются нейронные сети – самоорганизующиеся карты (СОК) Кохонена, воплощенные на платформе аналитического пакета Deductor и относящиеся к парадигме обучения без учителя (см. работы: Т. Kohonen [29], Е. Letiagina, V. Perova, Е. Orlova⁷). Эта парадигма обучения искусственных нейронных сетей трактует отсутствие внешнего вмешательства в функционирование ИНС. Также принципиально важным является произведение алгоритмами работы искусственных нейронных сетей данного типа не только кластеризации исследуемых объектов, но и исполнение визуализации результатов кластеризации посредством проецирования многомерных векторов входных данных в пространство меньшей размерности, выдерживая топологическое подобие.

Кроме того, применение креативного метода кластерного анализа многомерных данных на основе нейросетевого моделирования принципиально ввиду еще двух особенностей:

- для функционирования СОК нужно наличие только входных векторов данных;
- нет модельных ограничений, если рассматриваемые исходные данные не описываются нормальным законом распределения (законом Гаусса).

В нашем случае предварительный анализ исследуемых данных с помощью дескриптивной статистики, основная миссия которой заключается в нахождении закона распределения исследуемых показателей, зафиксировал неподчинение данных закону Гаусса. Это обусловило применение предложенного нами перспективного метода кластерного анализа на базе нейросетевого моделирования для исследования динамики экономического развития регионов России в целях устойчивого поступательного роста их экономики.

Следует отметить, что при проведении кластеризации многомерных статистических данных достаточно результативным показал себя классический метод кластерного анализа. Он включает в себя две основных процедуры для нахождения кластеров: метод иерархической кластеризации и метод k -средних, которые исследовали А.С. Балабанов, Н.Р. Стронгина [30]. Использование этих методов влечет монополию исследователя на окончательное решение о числе кластеров. В случае, когда исследуемые объекты описываются большим количеством гетерогенных показателей, перед реализацией кластерного анализа часто осуществляется

⁷ Letiagina E., Perova V., Orlova E. Neural Network Analysis of the Development of Physical Education and Sports in Russia as an Economic Factor of Country Security. Proceedings of the 4th International Conference on Innovations in Sports, Tourism and Instructional Science (ICISTIS 2019). Atlantis Press, 2019, no. 11, pp. 174–179.

факторный анализ в целях сжатия многомерного пространства данных через выявление латентных (скрытых) факторов.

В работах Ф.Т. Алескерова, Л.М. Гохберга с соавторами [3, 31–33] для анализа многомерных данных предложены и рассмотрены эффективные методы анализа паттернов. Методами анализа паттернов решаются такие же задачи, что и классическими методами кластеризации. Отличие этих методов коренится в том, что методы анализа паттернов позволяют устанавливать скрытое взаимовлияние исследуемых показателей, выявлять тренды их изменения и диагностировать такие показатели, которые фиксируют нетипичную динамику объектов.

В процессе исследования с помощью перспективного и креативного методов кластерного анализа данных, базирующихся на искусственном интеллекте и информационных технологиях – самоорганизующихся картах Кохонена, объектированных на платформе аналитического пакета Deductor, получена динамика распределения 85 регионов Российской Федерации за период 2018–2020 гг. по четырем кластерным образованиям (*рис. 1*).

Важно отметить, что статистические показатели X1–X11 оказали различное действие на формирование кластерных образований. Степень их влияния на генерирование кластеров отражена в *табл. 1*.

Значимость показателей отражает суть ее прямой взаимосвязи с комплектованием кластеров: чем выше значимость показателя, тем больший вклад он вносит в формирование соответствующего кластерного образования.

Интеграция совокупности объектов (регионов Российской Федерации) в кластеры – кластерное решение – предполагает выполнение следующих трех условий, изложенных в работе [31]:

- каждый объект может располагаться только в одном из кластеров;
- объекты внутри каждого из кластеров по рассматриваемым показателям являются тождественными между собой;
- объекты из разных кластеров всесторонне разнятся.

Поскольку априори неизвестно ни количество кластеров, ни бифуркация регионов России по кластерам, то инструментом для объективной количественной оценки качества полученных кластерных решений был выбран индекс Дэвиса – Боулдина [34], который показал неимение перекрытия кластерных образований и обоснованность результатов кластеризации.

Результаты, представленные на *рис. 1*, констатируют, что имеет место выраженная неравномерность распределения регионов Российской Федерации по кластерам. В исследуемом периоде времени наименьшее число регионов Российской

Федерации распределилось в кластер № 3, а наибольшее – в кластер № 1. Более детальное вхождение регионов России в кластеры представлено в *табл. 2*.

Из данных *табл. 2* следует, что за рассматриваемый период времени в каждом из кластеров имеются регионы, которые находятся в одном и том же соответствующем кластере, то есть образуют, можно сказать, «основание» кластеров. К таким регионам относятся регионы, обозначенные в *табл. 3*.

Средние значения динамики исследуемых показателей экономического развития регионов Российской Федерации по кластерам за 2018–2020 гг. представлены в *табл. 4*.

Из данных, приведенных в *табл. 4*, следует, что в разрезе кластерных образований наблюдается различный уровень экономической деятельности регионов России. В 2018 г. значения показателей всех исследуемых видов деятельности в регионах, образовавших кластер № 1, были ниже по сравнению с их значениями в регионах других кластеров и с общероссийскими значениями. Однако в последующие годы, несмотря на экономические потери, связанные с санкциями и пандемией, в регионах кластера № 1 произошло увеличение показателей, связанных с развитием инновационной деятельности. Более стабильное развитие демонстрируют регионы, составившие кластер № 2. В регионах этого кластера на фоне глобальных вызовов произошло некоторое снижение показателя доли инвестиций, направленных на реконструкцию и модернизацию, в общем объеме инвестиций в основной капитал по субъектам Российской Федерации (X11). В регионах кластера № 4 в 2019 г. наблюдается снижение показателей инновационной деятельности по сравнению с 2018 г., но эти показатели вновь демонстрируют увеличение в 2020 г. Наиболее устойчивое развитие экономики в 2018–2020 гг. по совокупности исследуемых показателей демонстрируют регионы кластера № 3. Показатели экономического развития регионов данного кластера имеют значения, превосходящие соответствующие значения в других кластерах и общие средние значения по Российской Федерации. При этом практикуются минимальные значения показателя энерговооруженности труда работников промышленных организаций (всего по добывающим, обрабатывающим производствам, производству и распределению электроэнергии, газа и воды) (X10), максимальные значения которого показывают регионы кластера № 1. Результаты исследования, приведенные в *табл. 2* и *табл. 4*, демонстрируют, что большинство регионов Дальневосточного федерального округа вошли в состав кластеров № 1 и № 4. В регионах данных кластеров в 2019 г. было некоторое снижение показателя инвестиционной деятельности (X11) по сравнению с 2018 г. Необходимо отметить, что в 2020 г. произошло возрастание данного показателя, при этом в регионах кластера № 4 он превысил свое значение по сравнению с 2018 г. Важно отметить, что регионы Приволжского федерального округа – Нижегородская область, Пермский край и Уральского федерального округа – Свердловская область в 2020 г. вошли в состав кластера № 3 с наивысшими значениями исследуемых показателей.

Проведенное исследование позволяет констатировать, что вопреки большим вызовам, характеризующим внешними факторами и пандемией, которые привели к усилению неблагоприятных внешних факторов на экономику Российской Федерации, экономическое развитие в 2018–2020 г. в целом демонстрирует устойчивое поступательное развитие. При этом в современных условиях вектор направленности совершенствования экономической деятельности целесообразно ориентировать на эффективное использование внутренних источников экономического роста Российской Федерации.

Выполненные исследования показали эффективность применения кластерного анализа многомерных статистических данных на основе перспективного подхода – нейронных сетей, относящихся к одному из значимых разделов искусственного интеллекта. Полученные результаты дают возможность интегрировать функционал искусственных нейронных сетей в процессы исследования и построения эффективных региональных кластеров.

Результаты кластерного анализа на базе нейросетевого моделирования свидетельствуют о том, что 85 регионов России по совокупности одиннадцати рассматриваемых показателей экономического развития кооперировались в четыре кластерных образования. Креативный подход к проведению кластеризации данных на основе методов искусственного интеллекта позволил выявить дифференцированность регионов Российской Федерации по рассматриваемым показателям их экономического развития.

Мы истолковываем региональный экономический кластер как группу регионов России, уровень развития экономики которых учитывает следующие виды деятельности: инновационную, научно-исследовательскую, производственную и инвестиционную. Результаты выполненного исследования позволили определить уровень экономического развития кластера № 1 как низкий, кластера № 2 – средне-высокий, кластера № 3 – высокий, кластера № 4 – средний.

В современных условиях больших вызовов устойчивое развитие регионов Российской Федерации, аффилированное с новым организационно-управленческим подходом, может послужить гарантией конкурентоспособности и экономической безопасности страны благодаря созданию эффективных механизмов приумножения и преимущественно полного использования потенциала региональных кластерных образований. Применение предлагаемого методологического подхода проведения кластерного анализа на базе нейросетевого моделирования может оказать помощь при разработке стратегических направлений регулирования управленческих решений по созданию стратегий социально-экономического развития, адекватных вызовам внешних ограничений и новым задачам.

Таблица 1**Динамика значимости показателей при создании кластеров в 2018–2020 гг.****Table 1****Dynamics of the importance of indicators when creating clusters in 2018–2020**

Год	Кластер	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11
2018	№ 1	9,7	100	93,1	100	100	93,1	96,9	100	99,1	70,3	100
	№ 2	29,5	0,7	46,6	100	7,6	46,6	46,9	58,3	7,8	51,1	45,1
	№ 3	100	100	100	99	100	100	100	100	100	43,7	63,8
	№ 4	97,6	96,7	289,9	38,4	85,3	28,9	41,5	63,8	27,6	78,1	100
2019	№ 1	97,9	98,7	89,2	99,4	99,9	91,3	94,2	99,9	98,1	88,6	100
	№ 2	100	100	99,8	100	68,5	36,6	14,1	98,2	14,2	70,4	68,4
	№ 3	100	84,4	86,7	56,3	100	100	100	100	100	44,8	49,6
	№ 4	98,3	98,9	97,1	99,2	52,8	50,4	70,6	87,9	46,8	89,9	100
2020	№ 1	100	100	97,3	100	99,6	91,4	94,7	99,9	72,1	56,2	100
	№ 2	100	100	95,4	100	36	45,7	43,6	61,7	27,5	56,8	48,5
	№ 3	98,9	75,4	99,8	95,3	100	100	100	100	100	46,2	43,3
	№ 4	84	97,3	89,3	80,3	51,9	51,8	67,9	89,5	72,6	12,6	100

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 2**Динамика структуры кластеров в 2018–2020 гг.****Table 2****Dynamics of cluster structure in 2018–2020**

Субъект Федерации	2018	2019	2020
Белгородская область	2	2	2
Брянская область	1	1	2
Владимирская область	4	2	2
Воронежская область	4	2	2
Ивановская область	4	4	2
Калужская область	4	4	4
Костромская область	2	4	4
Курская область	2	1	1
Липецкая область	4	2	4
Московская область	3	3	3
Орловская область	1	1	1
Рязанская область	4	2	4
Смоленская область	4	4	4
Тамбовская область	2	2	1
Тверская область	4	4	4
Тульская область	2	2	2
Ярославская область	4	2	4
Москва	3	3	3
Республика Карелия	1	1	1
Республика Коми	1	4	1
Ненецкий автономный округ	1	1	1
Архангельская область	2	4	4
Вологодская область	1	1	1
Калининградская область	1	4	1
Ленинградская область	1	1	1
Мурманская область	1	1	2
Новгородская область	4	1	4
Псковская область	1	1	1
Санкт-Петербург	3	3	3
Республика Адыгея	1	1	1
Республика Калмыкия	1	4	1
Республика Крым	1	1	1

Краснодарский край	2	4	1
Астраханская область	1	4	1
Волгоградская область	4	4	4
Ростовская область	4	2	2
Севастополь	1	1	2
Республика Дагестан	1	4	4
Республика Ингушетия	1	4	4
Кабардино-Балкарская Республика	4	4	4
Карачаево-Черкесская Республика	1	4	1
Республика Северная Осетия – Алания	1	4	4
Чеченская Республика	1	1	1
Ставропольский край	2	1	4
Республика Башкортостан	4	2	2
Республика Марий Эл	1	2	4
Республика Мордовия	2	2	2
Республика Татарстан	3	2	2
Удмуртская Республика	2	2	2
Чувашская Республика	4	2	2
Пермский край	2	2	3
Кировская область	2	2	2
Нижегородская область	3	2	3
Оренбургская область	1	1	1
Пензенская область	4	2	2
Самарская область	2	2	2
Саратовская область	4	4	4
Ульяновская область	2	2	2
Курганская область	4	4	4
Свердловская область	4	2	3
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	1	1	1
Ямало-Ненецкий автономный округ	1	1	1
Тюменская область	2	1	2
Челябинская область	4	2	2
Республика Алтай	1	1	1
Республика Тыва	1	1	1
Республика Хакасия	1	1	4
Алтайский край	1	4	2
Красноярский край	1	1	1
Иркутская область	1	1	1
Кемеровская область – Кузбасс	1	1	1
Новосибирская область	4	4	4
Омская область	4	1	2
Томская область	4	2	2
Республика Бурятия	4	4	4
Республика Саха (Якутия)	1	1	1
Забайкальский край	1	4	4
Камчатский край	1	1	1
Приморский край	1	1	1
Хабаровский край	2	2	2
Амурская область	1	1	1
Магаданская область	1	1	1
Сахалинская область	1	1	1
Еврейская автономная область	1	4	4
Чукотский автономный округ	1	1	1

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 3**Регионы, составившие «основание» кластеров в 2018–2020 гг.****Table 3****Regions that formed the “foundation” of clusters in 2018–2020**

Кластер	Количество регионов	Субъект Федерации
№ 1	24	Орловская область, Республика Карелия, Ненецкий автономный округ, Вологодская область, Ленинградская область, Псковская область, Республика Адыгея, Республика Крым, Чеченская Республика, Оренбургская область, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, Ямало-Ненецкий автономный округ, Республика Алтай, Республика Тыва, Красноярский край, Иркутская область, Кемеровская область – Кузбасс, Республика Саха (Якутия), Камчатский край, Приморский край, Амурская область, Магаданская область, Сахалинская область, Чукотский автономный округ
№ 2	8	Белгородская область, Тульская область, Республика Мордовия, Удмуртская Республика, Кировская область, Самарская область, Ульяновская область, Хабаровский край
№ 3	3	Московская область, Москва, Санкт-Петербург
№ 4	9	Калужская область, Смоленская область, Тверская область, Волгоградская область, Кабардино-Балкарская Республика, Саратовская область, Курганская область, Новосибирская область, Республика Бурятия

Источник: авторская разработка*Source:* Authoring

Таблица 4

**Динамика средних показателей экономической деятельности регионов
Российской Федерации в 2018–2020 гг.**

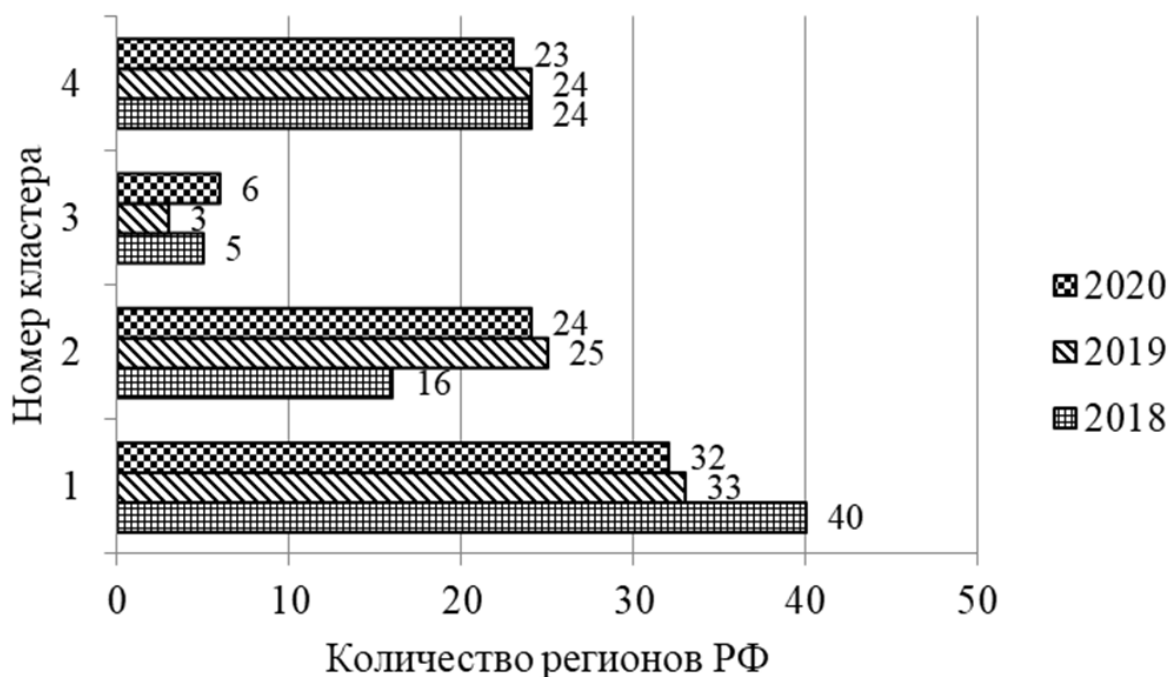
Table 4

**Dynamics of average indicators of economic activity of regions of the Russian Federation
in 2018–2020**

Показатель	Кластер № 1	Кластер № 2	Кластер № 3	Кластер № 4	Среднее по всем регионам Российской Федерации
2018					
X1	13,62	16,76	32,34	21,48	18,32
X2	8,41	11,61	23,16	14,49	11,6
X3	0,81	1,86	4,18	1,74	1,47
X4	1,6	13,79	12,54	4,83	5,45
X5	0,53	0,99	3,3	1,37	1,01
X6	288,8	481,44	12 174	837,79	1 179,2
X7	1 806,78	5 020,81	128 859,56	6 820,66	11 301,15
X8	1 159,35	3 758	11 859,4	3 713,67	2 999,14
X9	13,61	28,39	180,92	25,85	29,69
X10	91 374,25	54 386,19	47 075,2	47 539	69 421,42
X11	13,79	19,78	15,34	26,35	18,55
2019					
X1	15	24,74	35,43	14,07	18,32
X2	6,67	12,71	12,03	5,95	8,43
X3	1,11	2,78	3	0,84	1,59
X4	2,64	9,54	6,73	2,06	4,65
X5	0,58	1,16	4,79	0,82	0,97
X6	329,15	743,44	19 111,67	543,12	1 174,33
X7	2 945,19	10 838,03	209 230,43	2 692	12 475,78
X8	1 566,3	4 998,76	13 346,67	1 914,5	3 089,94
X9	5,54	11,89	130,17	9,34	12,88
X10	107 075,76	51 283,88	40 036,33	40 486,67	69 498,66
X11	10,96	19,4	14,4	25,27	17,6
2020					
X1	14,54	27,32	28,08	17,46	19,9
X2	7,24	15,74	12,62	7,47	10,08
X3	1,06	2,4	3,93	1,04	1,64
X4	1,68	9,92	9,18	3,68	5,08
X5	0,55	1,06	3,33	0,79	0,96
X6	322,12	609,58	10 408,83	506,3	1 165,13
X7	2 589,2	7 166,69	128 335,02	2 882,36	12 837,17
X8	1 444,5	3 470,62	12 299,33	1 722,43	2 858,01
X9	10,66	12,67	59,37	9,24	14,28
X10	80 296,09	54 556,17	47 239,67	72 044	68 462,03
X11	12,77	17,9	17,08	29,63	19,08

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Рисунок 1**Сегрегация регионов Российской Федерации по кластерам в 2018–2020 гг.****Figure 1****Segregation of regions of the Russian Federation by cluster in 2018–2020**

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Список литературы

1. Макаров В.Л., Айвазян С.А., Афанасьев М.Ю. и др. Моделирование развития экономики региона и эффективность пространства инноваций // Форсайт. 2016. Т. 10. № 3. С. 76–90. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-razvitiya-ekonomiki-regiona-i-effektivnost-prostranstva-innovatsiy>
2. Клейнер Г.Б., Рыбачук М.А. Системная сбалансированность экономики России: региональный разрез // Экономика региона. 2019. Т. 15. № 2. С. 309–323. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistemnaya-sbalansirovannost-ekonomiki-rossii-regionalnyy-razrez>
3. Aleskerov F.T., Gokhberg L.M., Egorova L.G. et al. A Method of Static and Dynamic Pattern Analysis of Innovative Development of Russian Regions in the Long Run. In: Batsyn, M., Kalyagin, V., Pardalos, P. (eds) Models, Algorithms and Technologies for Network Analysis. Springer Proceedings in Mathematics & Statistics, 2014, vol. 104. Springer, Cham. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-319-09758-9_1
4. Любушин Н.П., Бабичева Н.Э., Лылов А.И., Пуляхин Е.И. Экономический анализ влияния «больших вызовов» на устойчивость и непрерывность деятельности

- субъектов хозяйствования // *Экономический анализ: теория и практика*. 2020. Т. 19. Вып. 12. С. 2253–2275. URL: <https://doi.org/10.24891/ea.19.12.2253>
5. *Едронова В.Н.* Анализ использования трудовых ресурсов регионов Приволжского федерального округа // *Экономический анализ: теория и практика*. 2022. Т. 21. Вып. 2. С. 307–328. URL: <https://doi.org/10.24891/ea.21.2.307>
 6. *Любушин Н.П., Летягина Е.Н., Перова В.И.* Исследование инновационного развития региональной экономики как императива устойчивого социально-экономического роста России с применением нейросетевого моделирования // *Экономический анализ: теория и практика*. 2021. Т. 20. Вып. 8. С. 1394–1414. URL: <https://doi.org/10.24891/ea.20.8.1394>
 7. *Лаврикова Ю.Г., Андреева Е.Л., Тарасов А.Г., Ратнер А.В.* Влияние глобальных экономических вызовов на развитие рынков будущего // *Экономика и управление*. 2019. № 9. С. 34–42. URL: <https://doi.org/10.35854/1998-1627-2019-9-34-42>
 8. *Валентей С.Д., Бахтизин А.Р., Кольчугина А.В.* Готовность региональных экономик к модернизации // *Федерализм*. 2018. № 2. С. 143–157. URL: <https://federalizm.rea.ru/jour/article/view/70>
 9. *Яшин С.Н., Борисов С.А.* Методологические подходы к определению рейтинга экономико-инновационного развития промышленных предприятий региона // *Вопросы инновационной экономики*. 2020. Т. 10. № 2. С. 819–836. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodologicheskie-podhody-k-opredeleniyu-reytinga-ekonomiko-innovatsionnogo-razvitiya-promyshlennyh-predpriyatiy-regiona>
 10. *Летягина Е.Н., Перова В.И.* Нейросетевое моделирование региональных инновационных экосистем // *Journal of New Economy*. 2021. Т. 22. № 1. С. 71–89. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/neyrosetevoe-modelirovanie-regionalnyh-innovatsionnyh-ekosistem>
 11. *Летягина Е.Н.* Управление цифровой трансформацией отраслей, комплексов, предприятий: монография. Н. Новгород: ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 2021. 240 с.
 12. *Кузнецов Ю.А., Перова В.И., Семиков Д.С.* Информационные и коммуникационные технологии как фактор развития цифровой экономики в Российской Федерации // *Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки*. 2017. № 4. С. 38–47. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionnye-i-kommunikatsionnye-tehnologii-kak-faktor-razvitiya-tsifrovoy-ekonomiki-v-rossiyskoy-federatsii>

13. *Кабалина М.Ю., Садовникова Н.А.* Инновационное развитие России: статистический анализ и модели прогноза: монография. М: Научная библиотека, 2015. 160 с.
14. *Викулов С.Ф., Хрусталёв Е.Ю.* Экономические основы военной безопасности России // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2014. № 7. С. 2–9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskie-osnovy-voennoy-bezopasnosti-rossii>
15. *Бухвальд Е.М.* Институты развития и национальная безопасность Российской Федерации // Развитие и безопасность. 2021. № 1. С. 16–28. URL: https://ds.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/nomera/2021/1_2021.pdf
16. *Сенчагов В.К., Иванов Е.А.* Структура механизма современного мониторинга экономической безопасности России. М.: Институт экономики РАН, 2016. 71 с.
17. *Караваяева И.В., Иванов Е.А., Лев М.Ю.* Паспортизация и оценка показателей состояния экономической безопасности России // Экономика, предпринимательство и право. 2020. Т. 10. № 8. С. 2179–2198. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pasportizatsiya-i-otsenka-pokazateley-sostoyaniya-ekonomicheskoy-bezopasnosti-rossii>
18. *Глебова О.В., Симонов А.В.* Управление экономической безопасностью участников высокотехнологичных проектов разработки и производства продукции двойного и гражданского назначения на основе контрактного подхода // Вопросы инновационной экономики. 2018. Т. 8. № 1. С. 117–128. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-ekonomicheskoy-bezopasnostyu-uchastnikov-vysokotekhnologichnyh-proektov-razrabotki-i-proizvodstva-produktsii-dvoynogo-i>
19. *Митяков С.Н., Лапаев Д.Н., Катаева Л.Ю., Рамазанов С.А.* Устойчивое развитие и угрозы экономической безопасности // Экономика и предпринимательство. 2019. № 10. С. 111–114.
20. *Лев М.Ю., Леценко Ю.Г.* Экономическая безопасность в системе здравоохранения в период пандемии COVID-19: ответная реакция государств и финансовых органов // Экономика, предпринимательство и право. 2020. Т. 10. № 6. С. 1857–1884. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskaya-bezopasnost-v-sisteme-zdravooohraneniya-v-period-pandemii-covid-19-otvetnaya-reaktsiya-gosudarstv-i-finansovyh>
21. *Перова В.И., Папко А.В.* Нейросетевой анализ динамики инвестиционной деятельности регионов Российской Федерации // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. 2019. № 1.

- С. 24–32. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/neyrosetevoy-analiz-dinamiki-investitsionnoy-deyatelnosti-regionov-rossiyskoy-federatsii>
22. *Ермошина Т.В.* Инвестиционное обеспечение инновационной экономики // Вопросы инновационной экономики. 2018. Т. 8. № 1. С. 39–50.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/investitsionnoe-obespechenie-innovatsionnoy-ekonomiki>
23. *Суетина Т.А., Сафина Д.М.* Методика оценки экономической эффективности инвестиций во внедрение мероприятий бережливого производства // Российское предпринимательство. 2018. Т. 19. № 10. С. 3085–3094.
URL: <https://creativeconomy.ru/lib/39490>
24. *Мылыхина И.О.* Стимулирование высокотехнологичных производств как императив технологического развития отечественной экономики // Вопросы инновационной экономики. 2019. Т. 9. № 4. С. 1469–1478.
URL: <https://1economic.ru/lib/41251>
25. *Фролов В.Г., Павлова А.А.* Системные эффекты реализации инновационно-инвестиционно-сбалансированной промышленной политики в условиях цифровой экономики // Экономические отношения. 2019. Т. 9. № 4. С. 2919–2936.
URL: <https://1economic.ru/lib/41479>
26. *Люгер Дж.Ф.* Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем. М.: Вильямс, 2005. 864 с.
27. *Невредин А.Р.* Подход к нейросетевому анализу текстовой информации при экономической оценке компаний // Экономический анализ: теория и практика. 2021. Т. 20. № 8. С. 1574–1594. URL: <https://doi.org/10.24891/ea.20.8.1574>
28. *Хайкин С.* Нейронные сети: полный курс. М.: Вильямс, 2006. 1104 с.
29. *Kohonen T.* Self-Organizing Maps. NY., Springer-Verlag, 2001, 317 p.
30. *Балабанов А.С., Стронгина Н.Р.* Анализ данных в экономических приложениях. Н. Новгород: ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 2004. 135 с.
31. *Алескерев Ф.Т., Гохберг Л.М., Егорова Л.Г. и др.* Анализ данных науки, образования и инновационной деятельности с использованием методов анализа паттернов: препринт WP7/2012/07. М.: НИУ ВШЭ, 2012. 68 с.
URL: https://www.hse.ru/data/2013/01/22/1305726760/WP7_2012_07_f_.pdf
32. *Алескерев Ф.Т., Белоусова В.Ю., Егорова Л.Г., Миркин Б.Г.* Анализ паттернов в статике и динамике, часть 1: Обзор литературы и уточнение понятия // Бизнес-информатика. 2013. № 3. С. 3–18.
URL: <https://bijournal.hse.ru/data/2013/10/03/1277895965/1.pdf>

33. Алескеров Ф.Т., Белоусова В.Ю., Егорова Л.Г., Миркин Б.Г. Анализ паттернов в статике и динамике, часть 2: Примеры применения к анализу социально-экономических процессов // Бизнес-информатика. 2013. № 4. С. 3–20.
URL: [https://bijournal.hse.ru/en/2013--4\(26\)/109343158.html](https://bijournal.hse.ru/en/2013--4(26)/109343158.html)
34. Davies D.L., Bouldin D.W. A Cluster Separation Measure. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1979, vol. PAMI-1, no. 2, pp. 224–227.
URL: <https://doi.org/10.1109/TPAMI.1979.4766909>

Информация о конфликте интересов

Мы, авторы данной статьи, со всей ответственностью заявляем о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

pISSN 2073-039X
eISSN 2311-8725

Economic Advancement

ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS IN THE STUDY OF THE ECONOMIC POTENTIAL OF RUSSIAN REGIONS IN CONDITIONS OF GRAND CHALLENGES

Nikolai P. LYUBUSHIN ^{a,*},

Elena N. LETYAGINA ^b,

Valentina I. PEROVA ^c,

Roman M. KOTOV ^d

^a Voronezh State University (VSU),
Voronezh, Russian Federation
lubushinnp@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4493-2278>

^b National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (UNN),
Nizhny Novgorod, Russian Federation
len@fks.unn.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6539-6988>

^c National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (UNN),
Nizhny Novgorod, Russian Federation
perova_vi@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1992-5076>

^d Kemerovo State University (KemSU),
Kemerovo, Russian Federation
rmkotov@mail.ru
ORCID: not available

* Corresponding author

Article history:

Article No. 264/2022
Received 2 June 2022
Received in revised form
9 June 2022
Accepted 17 June 2022
Available online
29 June 2022

JEL classification: C45,
O30, R11

Keywords: grand
challenge, sustainable
development, cluster
analysis, artificial
intelligence method,
neural networks

Abstract

Subject. The article investigates methodological approaches to the analysis of economic potential of regions, considering the achievement of the national goal of sustainable development of the Russian Federation in conditions of grand challenges.

Objectives. The aim is to study the dynamics of economic activity in Russian regions, using artificial intelligence methods, to analyze the innovative development of the Russian economy in the face of grand challenges.

Methods. The study rests on the analysis of development indicators of the regional economy of Russia. We propose a cluster analysis of the regional economy development, free from model constraints, based on neural network modeling, which enables to assess the dynamics of development and ranking of Russian regions, according to the totality of considered indicators. We apply Kohonen self-organizing maps as a promising means of clustering and visual embodiment of multidimensional statistical data.

Results. The neural network modeling enabled to segregate 85 regions of the Russian Federation into four compact groups. We estimated the significance of each indicator in the formation of clusters, revealed a strong difference in the number of regions in the clusters. In the period under review, some regions were part of the same corresponding cluster. The paper presents the dynamics of average values of the studied indicators in clusters for 2018–2020.

Conclusions. We demonstrate a disproportion of economic development of Russian regions. It requires an individual approach to regional economy's strategy development, corresponding KPIs, and measures to stimulate economic activity in the field of innovation, investment, and introduction of research results in the regions of the Russian Federation.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2022

Please cite this article as: Lyubushin N.P., Letyagina E.N., Perova V.I., Kotov R.M. Artificial Intelligence Methods in the Study of the Economic Potential of Russian Regions in Conditions of Grand Challenges. *Economic Analysis: Theory and Practice*, 2022, vol. 21, iss. 6, pp. 994–1017. <https://doi.org/10.24891/ea.21.6.994>

References

1. Makarov V.L., Aivazyanyan S.A., Afanas'ev M.Yu. et al. [Modeling the Development of Regional Economy and an Innovation Space Efficiency]. *Forsait = Foresight and STI Governance*, 2016, vol. 10, no. 3, pp. 76–90.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-razvitiya-ekonomiki-regiona-i-effektivnost-prostranstva-innovatsiy> (In Russ.)
2. Kleiner G.B., Rybachuk M.A. [System balance of the Russian economy: Regional perspective]. *Ekonomika regiona = Economy of Region*, 2019, vol. 15, no. 2, pp. 309–323. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistemnaya-sbalansirovannost-ekonomiki-rossii-regionalnyy-razrez> (In Russ.)
3. Aleskerov F.T., Gokhberg L.M., Egorova L.G. et al. A Method of Static and Dynamic Pattern Analysis of Innovative Development of Russian Regions in the Long Run. In: Batsyn, M., Kalyagin, V., Pardalos, P. (eds) *Models, Algorithms and Technologies for Network Analysis*. Springer Proceedings in Mathematics & Statistics, 2014, vol. 104. Springer, Cham. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-319-09758-9_1
4. Lyubushin N.P., Babicheva N.E., Lylov A.I., Pulyakhin E.I. [An economic analysis of the impact of "grand challenges" on sustainability and business continuity of economic entities]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika = Economic Analysis: Theory and Practice*, 2020, vol. 19, iss. 12, pp. 2253–2275. (In Russ.)
URL: <https://doi.org/10.24891/ea.19.12.2253>
5. Edronova V.N. [Analyzing the use of labor resources in regions of the Volga Federal District]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika = Economic Analysis: Theory and Practice*, 2022, vol. 21, iss. 2, pp. 307–328. (In Russ.)
URL: <https://doi.org/10.24891/ea.21.2.307>
6. Lyubushin N.P., Letyagina E.N., Perova V.I. [Studying the innovative development of regional economy as an imperative of sustainable socio-economic growth in Russia, using neural network modeling]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika =*

- Economic Analysis: Theory and Practice*, 2021, vol. 20, iss. 8, pp. 1394–1414.
(In Russ.) URL: <https://doi.org/10.24891/ea.20.8.1394>
7. Lavrikova Yu.G., Andreeva E.L., Tarasov A.G., Ratner A.V. [Impact of Global Economic Challenges on the Development of Future Markets]. *Ekonomika i upravlenie = Economics and Management*, 2019, no. 9, pp. 34–42. (In Russ.)
URL: <https://doi.org/10.35854/1998-1627-2019-9-34-42>
 8. Valentei S.D., Bakhtizin A.R., Kol'chugina A.V. [The readiness of regional economies to modernization]. *Federalizm = Federalism*, 2018, no. 2, pp. 143–157.
URL: <https://federalizm.rea.ru/jour/article/view/70> (In Russ.)
 9. Yashin S.N., Borisov S.A. [Methodological approaches to the determination of the rating of economic and innovative development of industrial enterprises in the region]. *Voprosy innovatsionnoi ekonomiki = Russian Journal of Innovation Economics*, 2020, vol. 10, no. 2, pp. 819–836. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodologicheskie-podhody-k-opredeleniyu-reytinga-ekonomiko-innovatsionnogo-razvitiya-promyshlennyh-predpriyatiy-regiona> (In Russ.)
 10. Letyagina E.N., Perova V.I. [Neural network modelling of regional innovation ecosystems]. *Journal of New Economy*, 2021, vol. 22, no. 1, pp. 71–89.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/neyrosetevoe-modelirovanie-regionalnyh-innovatsionnyh-ekosistem> (In Russ.)
 11. Letyagina E.N. *Upravlenie tsifrovoi transformatsiei otraslei, kompleksov, predpriyatii: monografiya* [Management of digital transformation of industries, complexes, enterprises: a monograph]. Nizhny Novgorod, UNN Publ., 2021, 240 p.
 12. Kuznetsov Yu.A., Perova V.I., Semikov D.S. [Information and communication technologies as a factor in the development of digital economy in the Russian Federation]. *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo. Seriya: Sotsial'nye nauki = Vestnik of Lobachevsky University of Nizhny Novgorod. Series: Social Sciences*, 2017, no. 4, pp. 38–47.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionnye-i-kommunikatsionnye-tehnologii-kak-faktor-razvitiya-tsifrovoy-ekonomiki-v-rossiyskoy-federatsii> (In Russ.)
 13. Kabalina M.Yu., Sadovnikova N.A. *Innovatsionnoe razvitie Rossii: statisticheskiy analiz i modeli prognoza: monografiya* [Innovative development of Russia: Statistical analysis and forecasting models: a monograph]. Moscow, Nauchnaya biblioteka Publ., 2015, 160 p.
 14. Vikulov S.F., Khrustalev E.Yu. [Economic bases of Russia's military security]. *Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost' = National Interests: Priorities and Security*, 2014, no. 7, pp. 2–9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskie-osnovy-voennoy-bezopasnosti-rossii> (In Russ.)

15. Bukhval'd E.M. [Institutes of development and the national security of the Russian Federation]. *Razvitie i bezopasnost' = Development and Security*, 2021, no. 1, pp. 16–28. URL: https://ds.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/nomera/2021/1_2021.pdf (In Russ.)
16. Senchagov V.K., Ivanov E.A. *Struktura mekhanizma sovremennogo monitoringa ekonomicheskoi bezopasnosti Rossii* [The structure of the mechanism of modern monitoring of Russia's economic security]. Moscow, IE RAS Publ., 2016, 71 p.
17. Karavaeva I.V., Ivanov E.A., Lev M.Yu. [Passportization and assessment of Russia's economic security indicators]. *Ekonomika, predprinimatel'stvo i pravo = Journal of Economics, Entrepreneurship and Law*, 2020, vol. 10, no. 8, pp. 2179–2198. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pasportizatsiya-i-otsenka-pokazateley-sostoyaniya-ekonomicheskoy-bezopasnosti-rossii> (In Russ.)
18. Glebova O.V., Simonov A.V. [Managing economic security of participants of high-tech projects for development and production of dual and civil products based on the contract approach]. *Voprosy innovatsionnoi ekonomiki = Russian Journal of Innovation Economics*, 2018, vol. 8, no. 1, pp. 117–128. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-ekonomicheskoy-bezopasnostyu-uchastnikov-vysokotekhnologichnyh-proektov-razrabotki-i-proizvodstva-produktsii-dvoinogo-i> (In Russ.)
19. Mityakov S.N., Lapaev D.N., Kataeva L.Yu., Ramazanov S.A. [Sustainable development and threats to economic security]. *Ekonomika i predprinimatel'stvo = Economy and Entrepreneurship*, 2019, no. 10, pp. 111–114. (In Russ.)
20. Lev M.Yu., Leshchenko Yu.G. [Economic security in the health system during the COVID-19 pandemic: Response of States and financial authorities]. *Ekonomika, predprinimatel'stvo i pravo = Journal of Economics, Entrepreneurship and Law*, 2020, vol. 10, no. 6, pp. 1857–1884. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskaya-bezopasnost-v-sisteme-zdravoohraneniya-v-period-pandemii-covid-19-otvetnaya-reaktsiya-gosudarstv-i-finansovyh> (In Russ.)
21. Perova V.I., Papko A.V. [Neural network analysis of investment activity dynamics of the Russian Federation regions]. *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo. Seriya: Sotsial'nye nauki = Vestnik of Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod. Series: Social Sciences*, 2019, no. 1, pp. 24–32. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/neyrosetevoy-analiz-dinamiki-investitsionnoy-deyatelnosti-regionov-rossiyskoy-federatsii> (In Russ.)
22. Ermoshina T.V. [Investment support for innovation economy]. *Voprosy innovatsionnoi ekonomiki = Russian Journal of Innovation Economics*, 2018, vol. 8, no. 1, pp. 39–50.

- URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/investitsionnoe-obespechenie-innovatsionnoy-ekonomiki> (In Russ.)
23. Suetina T.A., Safina D.M. [Methodology for assessing the economic efficiency of investments in the implementation of lean manufacturing measures]. *Rossiiskoe predprinimatel'stvo = Russian Journal of Entrepreneurship*, 2018, vol. 19, no. 10, pp. 3085–3094. URL: <https://creativeconomy.ru/lib/39490> (In Russ.)
 24. Mylykhina I.O. [Stimulation of high-tech industries as an imperative of technological development of the domestic economy]. *Voprosy innovatsionnoi ekonomiki = Russian Journal of Innovation Economics*, 2019, vol. 9, no. 4, pp. 1469–1478. URL: <https://1economic.ru/lib/41251> (In Russ.)
 25. Frolov V.G., Pavlova A.A. [Systemic effects of implementation of innovation and investment balanced industrial policy in the context of the digital economy]. *Ekonomicheskie otnosheniya = Journal of International Economic Affairs*, 2019, vol. 9, no. 4, pp. 2919–2936. URL: <https://1economic.ru/lib/41479> (In Russ.)
 26. Luger G.F. *Iskusstvennyi intellekt: strategii i metody resheniya slozhnykh problem* [Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem Solving]. Moscow, Vil'yams Publ., 2005, 864 p.
 27. Nevredinov A.R. [An approach to neural network analysis of text information in the economic assessment of companies]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika = Economic Analysis: Theory and Practice*, 2021, vol. 20, no. 8, pp. 1574–1594. (In Russ.) URL: <https://doi.org/10.24891/ea.20.8.1574>
 28. Haykin S. *Neironnye seti: polnyi kurs* [Neural Networks and Learning Machines]. Moscow, Vil'yams Publ., 2006, 1104 p.
 29. Kohonen T. *Self-Organizing Maps*. NY., Springer-Verlag, 2001, 317 p.
 30. Balabanov A.S., Strongina N.R. *Analiz dannykh v ekonomicheskikh prilozheniyakh* [Data analysis in economic applications]. Nizhny Novgorod, UNN Publ., 2004, 135 p.
 31. Aleskerov F.T., Gokhberg L.M., Egorova L.G. et al. *Analiz dannykh nauki, obrazovaniya i innovatsionnoi deyatel'nosti s ispol'zovaniem metodov analiza patternov* [Data analysis of science, education and innovation using pattern analysis methods]. Moscow, NRU HSE Publ., 2012, 68 p. URL: https://www.hse.ru/data/2013/01/22/1305726760/WP7_2012_07_f_.pdf
 32. Aleskerov F.T., Belousova V.Yu., Egorova L.G., Mirkin B.G. [Methods of pattern analysis in statics and dynamics, part 1: Literature review and clarification of the term]. *Biznes-informatika = Business Informatics*, 2013, no. 3, pp. 3–18. URL: <https://bijournal.hse.ru/data/2013/10/03/1277895965/1.pdf> (In Russ.)

33. Aleskerov F.T., Belousova V.Yu., Egorova L.G., Mirkin B.G. [Methods of pattern analysis in statics and dynamics, part 2: Examples of application for social and economic processes analysis]. *Biznes-informatika* = *Business Informatics*, 2013, no. 4, pp. 3–20. URL: [https://bijournal.hse.ru/en/2013--4\(26\)/109343158.html](https://bijournal.hse.ru/en/2013--4(26)/109343158.html) (In Russ.)
34. Davies D.L., Bouldin D.W. A Cluster Separation Measure. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1979, vol. PAMI-1, no. 2, pp. 224–227. URL: <https://doi.org/10.1109/TPAMI.1979.4766909>

Conflict-of-interest notification

We, the authors of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.