

УДК 004.032.26 : 332.1

DOI 10.52452/18115942_2024_2_31

НЕЙРОННЫЕ СЕТИ В АНАЛИЗЕ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В УСЛОВИЯХ БОЛЬШИХ ВЫЗОВОВ

© 2024 г.

Е.Н. Летягина, В.И. Перова

Летягина Елена Николаевна, к.э.н.; доц.; заведующая кафедрой управления в спорте
Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского
len@fks.unn.ru

Перова Валентина Ивановна, к.ф.-м.н.; доц.;
доцент кафедры математического моделирования экономических процессов
Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского
perova_vi@mail.ru

*Статья поступила в редакцию 28.03.2024**Статья принята к публикации 25.04.2024*

Проведено исследование развития региональной экономики Российской Федерации в ракурсе технологического суверенитета с позиций научно-исследовательской деятельности, инновационной и цифровой трансформации реального сектора экономики. Объектами исследования являлись 85 регионов Российской Федерации, аттестуемых девятью показателями, выбранными с сайта Росстата согласно авторскому представлению. Многофакторная задача, описывающая состояние экономики регионов России, решена с помощью продуктивного метода кластерного анализа на основании нейронных сетей, являющих собой важный элемент искусственного интеллекта и воплощенных на платформе аналитического программного пакета Loginom. В результате нейросетевого кластерного анализа регионы РФ сгруппировались по шести кластерным образованиям. Оценено качество разграничения регионов на кластеры – кластерного решения. Показана независимость кластерного решения от нахождения регионов России в составе федеральных округов Российской Федерации. Выявлен различный уровень современного развития региональной экономики по множеству рассматриваемых индикаторов в масштабе кластеров. Проведено ранжирование результатов исследования в аспекте выравнивания несоразмерности в развитии инновационной деятельности регионов Российской Федерации. С экономической точки зрения проанализированы особенности инновационного развития регионов РФ с целью привлечения имеющихся резервов для активизации в усилении технологического суверенитета страны. Результаты работы могут оказать помощь при выстраивании стратегических направлений, устремленных на стимулирование инновационной составляющей в экономике регионов России, повышение сбалансированности развития региональной экономики в фокусе технологического суверенитета в обстановке больших вызовов внешних факторов.

Ключевые слова: региональная экономика, регионы Российской Федерации, большие вызовы, технологический суверенитет, инновации, цифровизация, человеческий капитал, кластерный анализ, нейронные сети, Loginom.

Введение

В современных реалиях для усиления технологического суверенитета Российской Федерации в целях выполнения Указа Президента Российской Федерации от 28.02.2024 № 145 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» [1], Указа Президента Российской Федерации от 13.05.2017 № 208 «О Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года» [2] и Указа Президента Российской Федерации от 07.05.2024 № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» [3] является актуальным исследование инновационного развития эконо-

мики регионов страны, predeterminedного большими вызовами внешних факторов.

Инновации являются одной из магистральных движущих сил экономического роста [4–9]. Прежде всего их значимость важна в реальном секторе экономики. Инновации выступают в качестве эффективного средства при модернизации производства и увеличении числа высокопроизводительных рабочих мест.

В условиях больших вызовов [10, 11] особенно выявляется весомость применения научных достижений и цифровых технологий, преобразующее и всеохватывающее действие инноваций в совершенствовании региональной экономики России, в обновлении ее реального сектора и, как следствие, в повышении качества

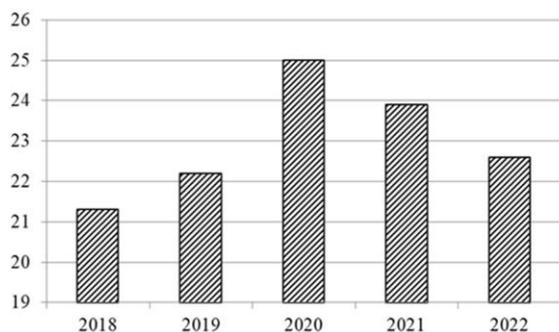


Рис. 1. Изменение доли продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей в ВВП Российской Федерации за период 2018–2022 гг., %
Источник: авторская разработка по данным Росстата [12]

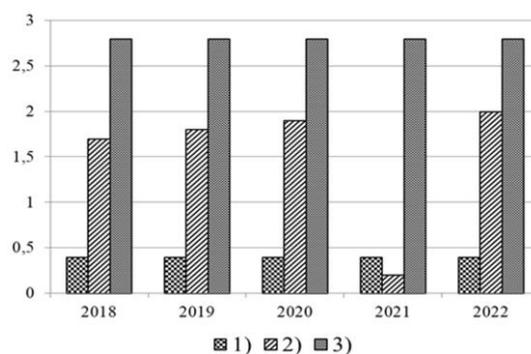


Рис. 2. Удельный вес в общей численности населения РФ студентов, обучающихся по образовательным программам подготовки: 1) квалифицированные рабочие и служащие; 2) специалисты среднего звена; 3) высшее образование
Источник: авторская разработка по данным Росстата [12]

жизни людей. Это важно для развития высокотехнологичных секторов экономики.

Согласно терминологии, базирующейся на официальной методологии определений Федеральной службы государственной статистики (Росстата) [12], экономическая деятельность по степени технологичности имеет четыре вида:

- высокотехнологичный;
- среднетехнологичный высокого уровня;
- среднетехнологичный низкого уровня;
- низкотехнологичный.

Рассмотрим показатель доли изготовленной продукции, относящейся к высокотехнологичным типам экономической деятельности, в ВВП России за период 2018–2022 гг. (рис. 1).

Этот фактор экспонирует наибольший результат в 2020 г., несмотря на сложности пандемии. С 2021 г. произошло небольшое его снижение, однако даже при больших внешних вызовах подтверждается рост доли высокотехнологичной продукции в ВВП в 2022 г. по сравнению с началом обозреваемого периода.

Отметим, что современный этап развития инновационной экономики характеризуется цифровой трансформацией [13–15]. Рост цифрового сегмента экономики в регионах России имеет воздействие на все виды экономической деятельности, в том числе на сферу образования. Этот фактор необходимо учитывать при подготовке квалифицированных кадров, уделяя особое внимание приоритетным направлениям их подготовки на основе современных стандартов, направленных на увеличение человеческого капитала, поскольку человеческий капитал является первоисточником инновационного развития социально-экономической системы.

На рис. 2 приведена динамика доли студентов, обучение которых происходит по одной из трех образовательных программ подготовки.

Представленные на рис. 2 данные показывают, что наибольшая часть студентов обучается в высших учебных заведениях. Вместе с тем сбалансированное инновационное развитие реального сектора экономики в фокусе импортозамещения [16, 17] испытывает потребность в увеличении численности квалифицированных рабочих и служащих, а также специалистов среднего звена.

Следует обратить внимание на тот факт, что с позиции цифровизации в России создано единое системное направление на разработку собственного программного обеспечения, внедрение его в реальный сектор экономики в целях обеспечения технологического суверенитета государства, исходя из Указа Президента Российской Федерации от 07.05.2024 года № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» [3]. В условиях больших вызовов вектор направленности на цифровизацию социально-экономической деятельности, информационную безопасность [18] и создание инновационных научно-технологических производств в различных секторах российской экономики гарантирует перспективу лидирующего экономического развития и реализации научно-технологического превосходства.

Продвижение инноваций в сферы функционирования высокотехнологичных производств в регионах РФ в значительной степени также связано с эффективным инвестированием в реальный сектор экономики [19–21], со своевремен-

ностью и качеством принимаемых управленческих решений и с координацией стратегий государства и бизнеса.

Задачи регионального инновационного развития относятся к многофакторным задачам, при решении которых высокоэффективными показали себя методы эконометрического моделирования, представленные в работах [22, 23], методы имитационного моделирования [24] и методы анализа паттернов [25].

Авторами настоящей работы в качестве метода исследования многомерных статистических данных предложен метод кластерного анализа на фундаменте нейронных сетей, составляющих релевантный компонент искусственного интеллекта, изложенный в работах [20, 26]. Функционал задействованных самоорганизующихся искусственных нейронных сетей – карт Кохонена – не имеет модельных препятствий [27–30]. Кроме этого, нет внешнего вмешательства в процесс работы искусственной нейронной сети. Метод нейросетевого кластерного анализа делает возможным получение наглядной иллюстрации на плоскости результатов кластеризации объектов, описываемых с помощью гетерогенного исходного пространства показателей.

Самоорганизующиеся карты Кохонена, формирование которых было проведено с использованием информационных технологий – российского программного пакета Loginom [31], представляют собой мощный аналитический инструмент, осуществляющий кластеризацию многомерных исходных статистических данных.

Материалы и методы

При проведении кластеризации исходных данных требуется найти оптимальное кластерное решение, показывающее разграничение множества объектов на группы, однородные по совокупности аттестующих объекты показателей, называемые кластерами. При этом необходимо реализовать три положения, отражающие условия кластерного анализа, приведенные в работе [22], которые касаются расположения объектов в кластерах.

Согласно методологии статистического учета, установленной Росстатом, авторами выбраны следующие индикаторы, которые квалифицируют состояние региональной экономики Российской Федерации за 2022 г. [12]:

– *показатели, характеризующие научную сферу деятельности:*

П1 – численность исследователей, имеющих ученую степень, чел.;

П2 – внутренние затраты на научные исследования и разработки, млн руб.;

– *показатели, аттестующие инновационную сферу деятельности реального сектора экономики:*

П3 – удельный вес организаций, осуществляющих технологические инновации, в общем числе обследованных организаций, %;

П4 – удельный вес инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг организаций промышленного производства, %;

П5 – разработанные передовые производственные технологии, ед.;

П6 – затраты на приобретение машин, оборудования, прочих основных средств, связанных с инновационной деятельностью, млн руб.;

П7 – затраты на обучение и подготовку персонала, связанные с инновационной деятельностью, млн руб.;

– *показатели, характеризующие цифровую трансформацию реального сектора экономики:*

П8 – число персональных компьютеров в расчете на 100 работников организаций, ед.;

П9 – затраты на разработку и приобретение программ для ЭВМ и баз данных, связанных с инновационной деятельностью, млн руб.

Анализ дескриптивной статистики [20, 26], включающей меры положения, вариации и формы закона распределения используемых в работе индикаторов, показал, что они не подчиняются нормальному закону распределения (закону Гаусса). Этот факт требует применения таких методов исследования, которые не коррелируют с модельными барьерами. К продуктивным методам исследования многомерных данных статистики относится кластерный анализ на базе нейросетевого моделирования.

В настоящей работе инструментом проведения исследований выбран нейросетевой кластерный анализ с применением самоорганизующихся карт Кохонена, которые объективированы на платформе российского программного комплекса Loginom. Эти нейросети относятся к типу обучения без учителя, т.е. исследователю заранее неизвестно количество кластерных формаций.

В процесс исследования было включено 85 из 89 регионов Российской Федерации. В исследовании не участвовали регионы: Донецкая Народная Республика (ДНР), Луганская Народная Республика (ЛНР), Запорожская область и Херсонская область, поскольку на сайте Росстата отсутствуют официальные показатели их инновационного развития за 2022 г., используемые в данной работе.

Таблица 1

Количество регионов России в кластерах в 2022 г.

Кластер	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
Количество регионов	8	1	23	14	31	8
Количество регионов (%)	9.41	1.18	27.06	16.47	36.47	9.41

Источник: авторская разработка.

Таблица 2

Структура кластерных образований за 2022 г.

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

Источник: авторская разработка.

Результаты построения региональных инновационных кластеров с использованием нейросетевого моделирования

В результате нейросетевого моделирования 85 объектов – регионов Российской Федерации – по комплексу приведенных выше показателей П1–П9 сгруппировались в шесть кластерных образований (табл. 1).

Так как изначально неизвестен результат дифференциации регионов РФ на кластеры и число кластерных комплексов, была выполнена достоверная количественная оценка качества кластерного решения путем применения индекса силуэта [32–34], который проверяет полученные кластеры, основываясь на кластеризованных данных. Итогом вычислений индекса силуэта всей кластерной структуры является его значение, равное 0.4. Это значение подтверждает, что кластеры не перекрываются друг с другом, т.е. имеем хорошее качество кластерного

решения, которое подкрепляет результаты нейросетевого кластерного анализа.

Развернутое ранжирование регионов по кластерам показано в табл. 2.

Из результатов, представленных в табл. 2, видна сильная неравномерность разграничения регионов по кластерным образованиям. При этом нет корреляции между группированием регионов по кластерам и их наличием в составе федеральных округов Российской Федерации.

Статистику средних значений индикаторов в каждом кластерном образовании показывает табл. 3.

Результаты в табл. 3 показывают, что среди всех кластеров большинством наименьших значений из совокупности девяти показателей характеризуются регионы, составившие кластер № 6. Максимальные значения семи из девяти индикаторов, за исключением показателей: удельный вес организаций, осуществляющих технологические инновации, в общем числе обследованных организаций (П3) и удельный

Таблица 3

Средние показатели по кластерам и по Российской Федерации за 2022 г.

Индикатор	Кластер № 1	Кластер № 2	Кластер № 3	Кластер № 4	Кластер № 5	Кластер № 6	Среднее значение по РФ
П1, чел.	3181	37880	656	420	295	190	1117
П2, млн руб.	68248.8	515912.9	8357.3	4824.7	3376.7	1171.6	16890.8
П3, %	33.1	31.6	21.9	19.9	14.5	9.3	18.9
П4, %	12.90	4.2	8.5	5.3	1.2	1.1	5.0
П5, ед.	132	568	14	16	11	14	31
П6, млн руб.	36505.7	190157.0	4979.4	17280.8	4041.1	4064.8	11723.0
П7, млн руб.	127.3	1746.1	9.6	14.4	5.6	7.4	40.2
П8, ед.	58	99	61	53	59	47	58
П9, млн руб.	2639.6	65494.9	187.1	617.5	84.0	4983.3	1670.9

Источник: авторская разработка.

Таблица 4

Ранжирование кластеров по уровню инновационного развития

Кластер	Ранг	Уровень инновационного развития региональных кластеров
№ 2	1	Высокий
№ 1	2	Средне-высокий
№ 3 и № 4	3	Средний
№ 5	4	Средне-низкий
№ 6	5	Низкий

Источник: авторская разработка.

вес инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг организаций промышленного производства (П4), аттестуют кластер № 2, в который вошел только один регион – г. Москва. Наибольшие значения показателей П3 и П4 наблюдаются в регионах кластера № 1. Минимальные показатели П6, П7 и П9, отражающие затраты, связанные с инновационной деятельностью, характеризуют регионы, входящие в состав кластера № 5. Все средние значения исследуемых индикаторов в регионах кластеров № 1 и № 2 превышают среднероссийские значения, кроме П4 в кластере № 2. Регионы, составившие кластеры № 3 и № 4, имеют средние значения по этим кластерам, которые колеблются около средних значений по России.

Таким образом, в контексте выполнения задач по продолжающемуся укреплению устойчивого развития и технологического суверенитета Российской Федерации в обстановке больших вызовов полученные результаты нейросетевого моделирования констатируют необходимость использования разных магистральных направлений инновационного экономического развития регионов РФ с учетом их специфики в ракурсе кластерных образований.

Заключение

В данном исследовании, базирующемся на нейросетевом моделировании, региональные

инновационные кластеры интерпретируются в виде групп регионов Российской Федерации, степень инновационного развития которых преимущественно продиктована направлением, нацеленным, в соответствии с анализируемыми показателями, на неограниченное использование интеллектуального капитала, продвижение современных инновационных технологий в реальный сектор экономики, создание новейших цифровых технологий, а также на результативность стратегий государства и бизнеса. С учетом весомости комплекса индикаторов инновационного экономического развития кластерных образований, приведенных в табл. 3, кластеры были расставлены нами по рангам следующим образом (табл. 4).

С экономической позиции результаты ранжирования дают возможность анализа особенностей инновационного развития регионов РФ в масштабе кластеров, привлечения имеющихся резервов для активизации в укреплении технологического суверенитета страны.

Кластер № 2, имеющий ранг 1, состоит из одного региона (г. Москва), в котором наивысшими показателями представлены научная, инновационная и цифровая сферы деятельности. Однако, как показали полученные в работе результаты, необходимо усилить инновационную деятельность в части увеличения числа организаций, осуществляющих технологические инновации, и увеличения инновационных товаров, работ, услуг.

Кластер № 1, которому присвоен ранг 2, содержит 8 регионов, аттестующихся многофункциональной экономикой, которые представляют 5 федеральных округов России: Центральный федеральный округ, Северо-Западный федеральный округ, Южный федеральный округ, Приволжский федеральный округ и Уральский федеральный округ. Все рассматриваемые индикаторы, характеризующие экономическое развитие регионов данного кластера, выше соответствующих среднероссийских показателей. В регионах кластера № 1 следует обратить внимание на то, что при стратегическом планировании необходимо увеличение затрат на разработку и приобретение программ для ЭВМ и баз данных, связанных с инновационной деятельностью, а именно повышение инвестирования разработок российских программных комплексов.

Кластеры № 3 и № 4, отнесенные к рангу 3, содержат 23 региона и 14 регионов соответственно (табл. 1). Средние значения обозначенных в работе показателей в регионах этих кластерных структур имеют неодинаковые по весомости значения по сравнению со среднероссийскими значениями. Поэтому отметим как положительные, так и отрицательные стороны инновационного развития экономики в условиях больших вызовов внешних факторов. Положительное влияние на экономику в 2022 г. оказало продуктивное функционирование организаций, связанное с технологическими инновациями и отгрузкой инновационных товаров организациями промышленного производства. Кроме того, в организациях регионов кластера № 3 имеются в достаточном количестве персональные компьютеры, а регионы кластера № 4 эффективно используют финансирование на приобретение машин, оборудования и других основных средств, повышающих инновационную деятельность. Вместе с тем для совершенствования инновационной активности в регионах кластеров № 3 и № 4 необходимо использовать имеющиеся резервы в области научных исследований и подготовки квалифицированных кадров, а также усилить цифровую трансформацию в направлении роста разработок российских программных продуктов в контексте импортозамещения.

Кластер № 5, наделенный рангом 4, включает наибольшее количество регионов РФ среди всех кластеров. В этот кластер сгруппировались регионы, обладающие различным характером экономического состояния, например сырьевые регионы, ориентированные на экспорт продукции, аграрно-промышленные регионы, аграрные регионы. При этом все значения исследуе-

мых показателей в регионах этого кластера ниже среднероссийских, за исключением количества персональных компьютеров в организациях. Поэтому требуется вложение инвестиций со стороны государства и частных компаний в целях повышения и выравнивания результатов инновационного положения регионов, составивших данный кластер.

Кластер № 6, имеющий ранг 5, представлен в основном сырьевыми и аграрными регионами. Инновационный характер экономического развития по комплексу рассматриваемых показателей в регионах находится на низком уровне. Следовательно, стратегические направления по повышению инновационного состояния регионов этого кластерного образования должны учитывать инвестиционную составляющую и опыт регионов, лидирующих в области инновационной активности.

Из проведенного ранжирования результатов исследования с точки зрения выравнивания несбалансированности в развитии инновационной деятельности регионов Российской Федерации отметим избранные детерминанты, которые могут заметно способствовать продвижению инноваций в реальный сектор экономики. К таким элементам относятся:

- уменьшение рискованных ситуаций, возникающих при затратах на технологические инновации;
- повышение научных бизнес-разработок;
- усиление совместной работы между научными организациями и реальным сектором экономики.

Предложенный в работе метод, который основан на нейросетевом кластерном анализе многомерных данных статистики, дает возможность эффективного выявления стратегических направлений для корректирования управленческих решений при альтернативах генерирования стратегий инновационного развития региональной экономики Российской Федерации, адекватных актуальным задачам и вызовам внешних обстоятельств в современных условиях, характеризующихся нарастанием конкуренции.

Список литературы

1. Указ Президента Российской Федерации от 28 февраля 2024 г. № 145 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации». URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/50358>
2. Указ Президента Российской Федерации от 13.05.2017 № 208 «О Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года». URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41921>
3. Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2024 № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года». URL: <https://www.garant.ru/hotlaw/federal/1717715/>

4. Яшин С.Н., Яшина Н.И., Захарова Ю.В., Боронин О.С. Концептуальный подход к анализу структурных и институциональных условий инновационного развития промышленного региона // Креативная экономика. 2019. Т. 13. № 11. С. 2195–2206.
5. Болдыревский П.Б., Игошев А.К., Кистанова Л.А. Оценка рисков инновационных процессов // Экономический анализ: теория и практика. 2018. Т. 17. № 8 (479). С. 1465–1475.
6. 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://Ieconomic.ru/lib/100921>
7. Болдыревский П.Б., Кистанова Л.А. Оценка эффективности инновационной деятельности промышленных предприятий // Актуальные вопросы науки. 2014. № 12. С. 65–69.
8. Макаров В.Л. Обзор математических моделей экономики с инновациями // Экономика и математические методы. 2009. Т. 45. № 1. С. 3–14. URL: <https://emm.jes.su/s042473880000616-6-1-ru-276/>
9. Клейнер Г.Б., Мишуров С.С., Ерзкян Б.А. и др. Инновационное развитие региона: потенциал, институты, механизмы: Монография. Иваново: Ивановский государственный университет, 2011. 198 с.
10. 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.19.12.225>
11. Любушин Н.П., Летагина Е.Н., Перова В.И. Нейросетевой анализ основных вызовов и угроз экономической безопасности Российской Федерации // Экономический анализ: теория и практика. 2023. Т. 22. № 4. С. 598–619. URL: <https://doi.org/10.24891/ea.22.4.598>
12. Федеральная служба государственной статистики (Росстат). URL: <https://gks.ru>
13. Кузнецов Ю.А., Маркова С.Е. Анализ качественных особенностей динамики развития российского рынка ИКТ. Структурный подход // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2013. № 3 (100). С. 242–252. URL: https://doi.org/10.46960/2713-2633_2021_1_83
14. Летагина Е.Н. Управление цифровой трансформацией отраслей, комплексов, предприятий: Монография. Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского, 2021. 240 с.
15. Добрынин А.П. и др. Цифровая экономика – различные пути к эффективному применению технологий (BIM, PLM, CAD, ЮТ, Smart City, BIG DATA и другие) // International Journal of Open Information Technologies. 2016. Vol. 4. No. 1. P. 4–11.
16. Трофимов О.В., Саакян А.Г. Политика импортозамещения на предприятиях оборонно-промышленного комплекса России // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. 2022. № 3 (67). С. 44–49. URL: https://doi.org/10.52452/18115942_2022_3_44
17. Алёхина Т.А., Захаркина Н.В. Импортозамещение как основной инструмент развития экономики России // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2018. № 45 (1). С. 223–235. URL: <https://doi.org/10.21822/2073-6185-2018-45-1-223-235>
18. Болдыревский П.Б., Кистанова Л.А. Анализ и оценка рисков информационной безопасности бизнес-процессов // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. 2023. № 4 (72). С. 18–24. URL: https://doi.org/10.52452/18115942_2023_4_18
19. Никитин Г.С., Скобелев Д.О. Эффективность государственных и корпоративных инвестиций в развитие реального сектора экономики // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. 2022. № 4 (68). С. 32–41. URL: https://doi.org/10.52452/18115942_2022_4_32
20. Фролов В.Г., Перова В.И. Анализ инновационно-инвестиционной сбалансированности промышленной политики России в условиях цифровой трансформации с применением методов искусственного интеллекта // Вопросы инновационной экономики. 2023. № 1. Т. 13. С. 127–148. URL: <https://doi.org/10.18334/vin.ec.13.1.117247>
21. Хрусталёв Е.Ю., Шрамко О.Г. Использование метода нейронных сетей для прогнозирования эффективности инвестиционных вложений // Экономический анализ: теория и практика. 2017. Т. 16. Вып. 8. С. 1438–1454. URL: <https://doi.org/10.24891/ea.16.8.1438>
22. Балабанов А.С., Стронгина Н.Р. Анализ данных в экономических приложениях: Учебное пособие. Нижний Новгород: Изд-во ННГУ, 2004. 135 с.
23. Буреева Н.Н., Петрова О.В. Эконометрика. Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского, 2006. 144 с.
24. Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Сушко Е.Д., Сушко Г.Б. Создание суперкомпьютерной имитации общества с активными агентами разных типов и ее апробация // Вестник Российской академии наук. 2022. Т. 92 № 5. С. 458–466. URL: <https://doi.org/10.31857/S0869587322050115>
25. Aleskerov F., Egorova L., Gokhberg L. 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. Vol. 104. Springer, Cham, 2014. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-319-09758-9_1
26. Летагина Е.Н., Перова В.И. Нейросетевое моделирование региональных инновационных экосистем // Journal of New Economy. 2021. Т. 22. № 1. С. 71–89. URL: <https://doi.org/10.29141/2658-5081-2021-22-1-4>
27. Kohonen T. The self-organizing map // Proceedings of the IEEE. Sept. 1990. V. 78. № 9. P. 1464–1480.
28. Kohonen T., Oja E., Simula O. et al. Engineering applications of the self-organizing map // Proceedings of the IEEE. Oct. 1996. V. 84. № 10. P. 1358–1384.
29. Chen N., Chen L., Ma Y., Chen A. Regional disaster risk assessment of China based on self-organizing map: Clustering, visualization and ranking // International

al Journal of Disaster Risk Reduction. 2019. № 33. P. 196–206.

30. Трифонов Ю.В., Сочков А.Л., Миронов Е.А. Типология российских регионов с точки зрения развития человеческого капитала на базе нейросетевого кластерного анализа // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. 2021. № 4 (64). С. 23–34. URL: https://doi.org/10.52452/18115942_2021_4_23

31. Аналитическая платформа Loginom. URL: <https://loginom.ru>.

32. Rousseeuw P.J. Silhouettes: a Graphical Aid to the Interpretation and Validation of Cluster Analysis //

Journal of Computational and Applied Mathematics. 1987. V. 20. P. 53–65.

33. Kaufman L., Rousseeuw P. Finding groups in data: An introduction to cluster analysis. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2005. 342 p. URL: <http://dx.doi.org/10.1002/9780470316801.ch1.analysis>

34. Паклин Н.Б., Орешков В.И. Кластерные силуэты // Системный анализ в проектировании и управлении: Сб. научн. тр. XX Международной научн.-практ. конф., Санкт-Петербург, 29 июня – 01 июля 2016 г. СПб.: Изд-во ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический ун-т Петра Великого», 2016. С. 314–321.

**NEURAL NETWORKS IN THE ANALYSIS OF INNOVATIVE DEVELOPMENT
OF THE REGIONAL ECONOMY OF THE RUSSIAN FEDERATION
IN THE CONDITIONS OF BIG CHALLENGES**

E.N. Letiagina, V.I. Perova

Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod

A research of the development of the regional economy of the Russian Federation in the perspective of technological sovereignty from the standpoint of research, innovation and digital transformation of the real sector of the economy has been conducted. The objects of the study were 85 regions of the Russian Federation, certified by 9 indicators selected from the Rosstat website according to the author's presentation. The multifactorial task describing the state of the economy of the Russian regions was solved using a productive cluster analysis method based on neural networks, which are an important element of artificial intelligence and implemented on the platform of the Loginom analytical software package. As a result of neural network cluster analysis, the regions of the Russian Federation were grouped into 6 cluster formations. The quality of the division of regions into clusters – a cluster solution - is evaluated. The independence of the cluster solution from the location of Russian regions within the federal districts of the Russian Federation is shown. It is found that there is a significant inequality in the number of regions in clusters. The different level of development of the regional economy has been identified for a variety of considered indicators on the scale of clusters. The results of the work can help in building strategic directions aimed at stimulating the innovative component in the economy of the regions of Russia, increasing the balance of the development of the regional economy in the focus of technological sovereignty in an environment of great challenges from external factors.

Keywords: regional economy, regions of the Russian Federation, big challenges, technological sovereignty, innovation, digitalization, human capital, cluster analysis, neural networks, Loginom.