

НЕЙРОСЕТЕВОЙ АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ВЫЗОВОВ И УГРОЗ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Николай Петрович ЛЮБУШИН ^{a,*},

Елена Николаевна ЛЕТЯГИНА ^b,

Валентина Ивановна ПЕРОВА ^c

^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

* Ответственный автор

История статьи:

Рег. № 97/2023
Получена 27.03.2023
Получена в
доработанном виде
05.04.2023
Одобрена 11.04.2023
Доступна онлайн
27.04.2023

Специальность 5.2.3

УДК 004.032.26:332.1
JEL: C45, O30, R11

Аннотация

Предмет. Проведение исследования развития региональной экономики Российской Федерации с позиций производственной, инновационной, инвестиционной и научно-исследовательской деятельности в регионах Российской Федерации в ракурсе технологического суверенитета и экономической безопасности страны.

Цели. Решение многофакторной задачи, описывающей состояние экономики регионов России, путем нового перспективного метода – кластерного анализа на основе нейросетевого моделирования. Объектами исследования являлись 85 регионов Российской Федерации, аттестуемых 12 показателями, выбранными с сайта Росстата в соответствии с авторским представлением. Выполнение анализа динамики состояния основных фондов за 2017–2021 гг., аттестующих уровень развития и обновления материально-технической базы отраслей в масштабе федеральных округов Российской Федерации.

Методология. В качестве метода исследования многомерных статистических данных использован кластерный анализ на основании нейронных сетей, представляющих собой важный раздел искусственного интеллекта.

Результаты. Обращение к инструментарию искусственных нейронных

Ключевые слова:

экономическая
безопасность,
региональная экономика
России, искусственный
интеллект, кластерный
анализ, нейронные
сети

сетей позволило осуществить кластеризацию гетерогенных данных, в результате которой регионы России разместились по шести кластерным образованиям. При этом наблюдается независимость разделения регионов на кластеры – кластерного решения – от их пребывания в составе федеральных округов Российской Федерации. Проведена оценка влияния каждого исследуемого показателя на формирование кластеров. Показано, что имеется значительное неравенство числа регионов Российской Федерации в кластерах. Установлен различный уровень развития региональной экономики по совокупности рассматриваемых показателей в масштабе кластеров.

Выводы. Результаты работы могут оказать помощь при выработке и применении стратегий, нацеленных на повышение сбалансированности развития региональной экономики в фокусе технологического суверенитета в обстановке новых угроз и вызовов экономической безопасности.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2023

Для цитирования: Любушин Н.П., Летягина 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.
<https://doi.org/10.24891/ea.22.4.598>

Введение

На современном этапе в условиях появления новых угроз и вызовов экономической безопасности Российская Федерация обладает достаточно высоким уровнем социально-экономической стабильности и экономического суверенитета. Процесс поступательного и устойчивого развития экономики регионов России тесно сопряжен с активно развивающимися наукой, технологиями и существованием значительной конкуренции.

При изменении социально-экономических трендов в глобальном масштабе к приоритетам государственной политики России в области обеспечения национальной безопасности, в том числе экономической безопасности, что отмечено в работах [1–8], относится упреждение мировых тенденций научно-технологического развития, как указано в работе [9]. Это особенно важно для гарантии совершенствования технологического суверенитета РФ, повышения результативности регионов в решении данной задачи в целях выполнения Указа Президента России от 01.12.2016 № 642 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» и Указа Президента РФ от 13.05.2017 № 208 «О Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года».

На развитие региональной экономики России существенное влияние оказывает состояние основных фондов, которое характеризует материально-техническую базу отраслей. На *рис. 1* представлена динамика степени износа основных фондов по уровню технологичности по коммерческим (без субъектов малого

предпринимательства) и некоммерческим организациям (по полной учетной стоимости, в смешанных ценах) в Российской Федерации за 2017–2021 гг.

Из представленных данных (*рис. 1*) следует, что в конце рассматриваемого периода наблюдается увеличение степени износа основных фондов по высокотехнологичным и среднетехнологичным высокого уровня видам деятельности. В то же время, наоборот, произошло снижение степени износа основных фондов по среднетехнологичным низкого уровня и низкотехнологичным видам деятельности.

На *рис. 2* представлено изменение во времени коэффициента обновления основных фондов по уровню технологичности по коммерческим (без субъектов малого предпринимательства) и некоммерческим организациям (по полной учетной стоимости, в смешанных ценах) в Российской Федерации за 2017–2021 гг.

Результаты, приведенные на *рис. 2*, показывают разнонаправленную динамику коэффициента обновления основных фондов, который аттестует уровень развития и обновления материально-технической базы отраслей. Отметим, что в конце рассматриваемого периода существенно увеличился коэффициент обновления основных фондов по низкотехнологичным видам деятельности. Данные (*рис. 1, 2*) свидетельствуют о необходимости обновления основных фондов по высокотехнологичным и среднетехнологичным видам деятельности, что связано с креативными инструментами управления экономическим развитием. При этом экономическая политика регионов РФ в условиях изменения глобальных социально-экономических направлений должна отвечать современным требованиям экономической безопасности России.

В ракурсе обеспечения поступательного и устойчивого развития региональной экономики России и совершенствования экономической безопасности страны, согласно Указу Президента РФ от 13.05.2017 № 208 «О Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года», авторское исследование состоит в анализе развития региональной экономики с применением инструментов искусственного интеллекта – нейронных сетей, представленных в работах [10–13]. Предложенный в работе метод кластерного анализа данных, исходя из нейросетевого моделирования, раскрывает себя в качестве перспективного и эффективного инструмента, который входит в состав технологии интеллектуального анализа данных (Data Mining) и добавляет новые возможности для анализа многомерных задач.

Метод кластерного анализа данных осуществляет разграничение множества объектов на компактные области – кластеры. При этом необходимо, как отметили А.С. Балабанов и Н.Р. Стронгина¹, исполнить следующие требования:

¹ Балабанов А.С., Стронгина Н.Р. Анализ данных в экономических приложениях: учебное пособие. Н. Новгород: ННГУ, 2004. 135 с.

- каждый объект помещается лишь в один из кластеров;
- объекты внутри одного кластера являются близкими между собой по характеристикам их развития;
- объекты из разных кластеров имеют веские различия.

Кластеризация исходного многомерного пространства статистических данных на базе искусственных нейронных сетей (ИНС) содержит ряд особенностей. Эти особенности заключаются, как указано в работах² [14–19], в следующем:

- обучение ИНС совершается без внешнего вмешательства в процесс обучения, то есть причисляется к парадигме обучения без учителя;
- при выполнении нейросетевого моделирования нет модельных ограничений;
- в обучающих данных используются значения исключительно входных переменных;
- алгоритмы обучения реализуют визуализацию нелинейного многомерного входного пространства данных, проецируя его с сохранением топологического подобия в двумерное пространство.

В структуру данного класса искусственных нейронных сетей входят самоорганизующиеся карты (СОК) Кохонена³ [14–19]. Выходной слой нейронов таких ИНС носит название топологической карты. Нейросетевые концепции материализованы в специализированных компьютерных программах MATLAB, Statistica, Deductor, Viscovery SOMine, Loginom и др. В настоящей работе применен аналитический программный пакет Deductor.

Некоторые сведения о терминологии

В данном случае нами используются терминология и понятия, которые основаны на официальной методологии определений, предложенной Федеральной службой государственной статистики.

К видам экономической деятельности по уровню технологичности относятся следующие:

- *высокотехнологичные виды экономической деятельности*, содержащие производство лекарственных средств и материалов, применяемых в медицинских целях; производство компьютеров, электронных и оптических изделий;

² 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. URL: <https://doi.org/10.2991/icistis-19.2019.37>

³ Там же.

производство летательных аппаратов, включая космические, и соответствующего оборудования;

- *среднетехнологичные высокого уровня виды экономической деятельности*, которые включают в себя производства химических веществ и химических продуктов; электротехнического оборудования; машин и оборудования, не включенных в другие группировки; автотранспортных средств, прицепов и полуприцепов; медицинских инструментов и оборудования; ремонт и монтаж машин и оборудования;
- *среднетехнологичные низкого уровня виды экономической деятельности*, охватывающие копирование записанных носителей информации и производства кокса и нефтепродуктов; резиновых и пластмассовых изделий; металлургическое; готовых металлических изделий, за исключением машин и оборудования;
- *низкотехнологичные виды экономической деятельности*, обеспечивающие производства пищевых продуктов; напитков; табачных изделий; текстильных изделий, одежды, кожи и изделий из кожи; бумаги и бумажных изделий; мебели; прочих готовых изделий, кроме медицинских инструментов и оборудования; полиграфическую деятельность и копирование носителей информации без копирования записанных носителей информации.

Степень износа основных фондов по отраслям экономики, в том числе относящимся к высокой, средней и низкой степеням технологичности, вычисляется следующим образом. Рассматривается износ основных фондов, состоящий из разницы их полной учетной и остаточной балансовой стоимости. Затем производится расчет отношения накопленного к определенной дате износа имеющихся основных фондов к полной учетной стоимости основных фондов на ту же дату.

Коэффициент обновления основных фондов по отраслям экономики, в том числе относящимся к высокой, средней и низкой степеням технологичности, оценивается как отношение стоимости основных фондов, которые введены в действие в течение года, к их наличию на конец года по полной учетной стоимости. Таким образом, данный коэффициент есть удельный вес введенных за год основных фондов в их общем объеме.

Нейросетевой анализ результатов кластеризации регионов Российской Федерации в фокусе экономической безопасности

В настоящей работе исследования проведены на основе официальных данных Федеральной службы государственной статистики. В исследовании в качестве объектов были выбраны 85 регионов Российской Федерации. Инструментом исследования являлись ИНС – СОК Кохонена, произведенные на платформе аналитического программного пакета Deductor. Отметим, что среди вызовов и угроз, которые, согласно Стратегии экономической безопасности Российской Федерации

на период до 2030 года⁴, относятся к основным вызовам и угрозам экономической безопасности, значатся следующие: «недостаточный объем инвестиций в реальный сектор экономики, обусловленный неблагоприятным инвестиционным климатом, высокими издержками бизнеса, избыточными административными барьерами, неэффективной защитой права собственности; слабая инновационная активность, отставание в области разработки и внедрения новых и перспективных технологий (в том числе технологий цифровой экономики), недостаточный уровень квалификации и ключевых компетенций отечественных специалистов». В связи с этим, по нашему мнению, объекты целесообразно квалифицировать набором следующих показателей за 2021 г.

Показатели, аттестующие производственную деятельность в регионах Российской Федерации:

- X1 – степень износа основных фондов на конец года по полному кругу организаций, %;
- X2 – прирост высокопроизводительных рабочих мест, %;
- X3 – электровооруженность труда работников промышленных организаций, кВт·ч;
- X4 – используемые передовые производственные технологии, ед.

Показатели, аттестующие инновационную деятельность регионов Российской Федерации:

- X5 – удельный вес организаций, осуществлявших технологические инновации, в общем числе обследованных организаций, %;
- X6 – уровень инновационной активности организаций, %;
- X7 – удельный вес инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг организаций промышленного производства, %;
- X8 – удельный вес затрат на инновационную деятельность в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг, %.

Показатели, аттестующие инвестиционную деятельность регионов Российской Федерации:

- X9 – индекс физического объема инвестиций в основной капитал, %;

⁴О Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года: Указ Президента Российской Федерации от 13.05.2017 № 208.

- X10 – доля инвестиций в машины, оборудование, транспортные средства в общем объеме инвестиций в основной капитал, направленных на реконструкцию и модернизацию, %.

Показатели, аттестующие научные исследования по регионам Российской Федерации:

- X11 – численность персонала, занятого научными исследованиями и разработками, чел.;
- X12 – внутренние текущие затраты на научные исследования и разработки по видам работ (фундаментальные исследования, прикладные исследования, разработки, всего), млн руб.

Результатом нейросетевого моделирования стало интегрирование регионов России по шести кластерным образованиям (*рис. 3*).

Обоснованность и качество полученных результатов кластеризации были подтверждены использованием индекса Дэвиса – Боулдина [20], который показал отсутствие перекрытия кластеров. Кроме того, из данных кластеризации, приведенных на *рис. 3*, также видно, что нет перекрытия кластеров. Это означает, что нет так называемых спорных объектов, которые могли бы одновременно находиться в нескольких кластерах.

Следует подчеркнуть, что на формирование кластеров совокупность статистических индикаторов X1–X12 оказала различный уровень воздействия, что демонстрируют результаты, представленные в *табл. 1*.

Данные, представленные в *табл. 1*, показывают, что чем больше значимость индикатора, тем больше его участие в создании соответствующего кластерного образования.

Количество регионов Российской Федерации в кластерных образованиях распределилось следующим образом:

- кластер № 1 – 20 регионов;
- кластер № 2 – 12 регионов;
- кластер № 3 – 15 регионов;
- кластер № 4 – 5 регионов;
- кластер № 5 – 13 регионов;
- кластер № 6 – 20 регионов.

Таким образом, наибольшее число регионов распределилось в кластеры № 1 и № 6, а наименьшее количество регионов образовало кластер № 4. Это удостоверяет наличие сильной вариации (в 4 раза) количества регионов между кластерами.

В *табл. 2* приведена конкретная архитектура кластерных образований за 2021 г.

Данные в *табл. 2* констатируют, что конструкция кластерных образований не зависит от того, в каком федеральном округе Российской Федерации регионы находятся. Например, 14 регионов Приволжского федерального округа разместились по кластерам № 3–6.

В *табл. 3* представлены результаты расчетов средних значений исследуемых показателей по кластерам и в целом по стране.

Результаты, приведенные в *табл. 3*, указывают, что в масштабе кластерных образований наблюдается различие показателей уровня развития регионов РФ по кластерам и по сравнению со среднероссийскими показателями. Значения показателей развития экономики регионов России, образовавших кластер № 1, ниже значений в других кластерах, за исключением показателя степени износа основных фондов X_1 и показателя удельного веса затрат на инновационную деятельность в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг X_8 . Показатель X_1 имеет наибольшее значение в регионах кластера № 3, а наименьшее значение – в регионах кластера № 4. Значения показателя X_8 максимальны в регионах кластера № 5 и минимальны – в регионах кластера № 3.

Регионы кластера № 2 характеризуются наибольшими значениями электровооруженности труда работников промышленных организаций X_3 и индекса физического объема инвестиций в основной капитал X_9 .

В регионах кластера № 3 наблюдается наименьшее значение показателя удельного веса затрат на инновационную деятельность в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг X_8 и, как отмечено ранее, имеет место самая большая степень износа основных фондов.

Кластер № 4, который образовали Московская область, Москва, Санкт-Петербург, Пермский край и Свердловская область, характеризуется наибольшими значениями следующих показателей: используемые передовые производственные технологии X_4 , численность персонала, занятого научными исследованиями и разработками X_{11} , и внутренние текущие затраты на научные исследования и разработки по видам работ (фундаментальные исследования, прикладные исследования, разработки, всего) X_{12} . В регионах этого кластера наименьшая степень износа основных фондов.

Регионы кластера № 5 находятся на передовых позициях по показателям инновационной деятельности: удельный вес организаций, осуществляющих

технологические инновации, в общем объеме обследованных организаций X5, уровень инновационной активности организаций X6 и удельный вес затрат на инновационную деятельность в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг X8, а также по показателю инвестиционной деятельности: доля инвестиций в машины, оборудование, транспортные средства в общем объеме инвестиций в основной капитал, направленных на реконструкцию и модернизацию X10.

Регионы, составившие кластер № 6, аттестуются наибольшими значениями показателя инновационной деятельности: удельный вес инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг организаций промышленного производства X7. При этом остальные показатели экономической деятельности регионов данного кластера не превышают среднероссийские значения, за исключением показателей инновационной деятельности X5 и X6.

Заключение

В наше исследование был вовлечен перспективный и эффективный инструмент – искусственные нейронные сети, которые относятся к важной составляющей искусственного интеллекта. Выполненное исследование развития экономики России в ракурсе экономической безопасности позволило проанализировать состояние экономики с точки зрения производственной, инновационной, инвестиционной и научно-исследовательской деятельности в регионах Российской Федерации. Кардинальное отличие метода кластерного анализа на базе нейросетевого моделирования с применением информационных технологий содержится в том, что самоорганизующиеся искусственные нейронные сети – СОК Кохонена самостоятельно строят нейронную сеть на представлении лишь входной информации. Существенно, что не имеется модельных ограничений при проведении нейросетевого моделирования. Кроме того, этот класс нейронных сетей позволяет визуализировать на плоскости результаты кластеризации многомерного входного пространства данных.

Выявлен неравномерный характер развития регионов РФ в экономической деятельности. Это подтверждается различиями в количестве регионов в кластерах, а также уровнем средних значений показателей экономического развития по кластерам.

Результаты кластерного анализа данных констатируют, что структура кластерных образований не зависит от того, к какому федеральному округу принадлежат регионы, вошедшие в конкретный кластер.

Необходимо отметить, что поступательное инновационное развитие экономики России в контексте экономической безопасности связано с увеличением доли

продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей в ВВП и во многом обусловлено взаимосвязью государства и бизнеса. Гармонизация стратегий такого взаимодействия будет стимулировать повышение эффективности экономического развития и дальнейшее укрепление экономической безопасности Российской Федерации. На *рис. 4* представлена динамика показателя доли продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей в ВВП Российской Федерации за 2011–2021 гг.

Результаты, представленные на *рис. 4*, свидетельствуют, что максимальное значение данного показателя наблюдалось в 2020 г. несмотря на ограничения, налагаемые пандемией. В 2021 г. произошло небольшое снижение данного показателя, однако и в условиях больших внешних вызовов он демонстрировал рост по сравнению с началом рассматриваемого периода.

Полученные результаты с применением перспективного метода кластерного анализа многомерных статистических данных на основании нейросетевого моделирования имеют практическую значимость. Они могут оказать помощь при разработке стратегий, ориентированных на повышение сбалансированности экономического развития регионов РФ среди новых угроз и вызовов экономической безопасности России в условиях трансформирования глобальных социально-экономических направлений. Это будет способствовать повышению обоснованности принятия управленческих решений, соответствующих потребностям национальной экономики, технологического суверенитета и экономической безопасности Российской Федерации.

Таблица 1

Профили построения кластеров, %

Table 1

Cluster building profiles, percentage

Индикатор	Кластер					
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
X1	78	8,5	100	88	12,2	82,3
X2	100	92,4	19,1	99,2	91,8	3,1
X3	72,3	98,5	31,6	42	38,3	67,2
X4	99,3	88,9	52,2	100	90,1	26,3
X5	99,9	91,2	94,4	98,6	100	89,9
X6	100	89,7	84,2	77,7	100	96,5
X7	99,4	93,8	89,3	58,3	82,6	99,9
X8	88,6	45,3	95,9	79,3	99,8	48,2
X9	98	100	78,9	13,3	75,1	75,5
X10	100	90,1	74,3	56,2	99,9	31,4
X11	75,9	58,9	64,6	100	25,2	53,5
X12	57	51	62,3	100	20,1	57

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 2**Конфигурация построенных кластеров за 2021 г.****Table 2****Configuration of built clusters for 2021**

Кластер	Субъект Федерации
№ 1	Ненецкий автономный округ, Калининградская область, Новгородская область, Республика Адыгея, Республика Калмыкия, Краснодарский край, Республика Дагестан, Республика Ингушетия, Кабардино-Балкарская Республика, Карачаево-Черкесская Республика, Республика Северная Осетия – Алания, Чеченская Республика, Республика Алтай, Республика Тыва, Забайкальский край, Камчатский край, Приморский край, Амурская область, Сахалинская область, Еврейская автономная область
№ 2	Костромская область, Курская область, Республика Карелия, Псковская область, г. Севастополь, Республика Хакасия, Красноярский край, Иркутская область, Республика Бурятия, Республика Саха (Якутия), Магаданская область, Чукотский автономный округ
№ 3	Смоленская область, Республика Коми, Архангельская область, Вологодская область, Ленинградская область, Республика Крым, Астраханская область, Волгоградская область, Республика Марий Эл, Оренбургская область, Саратовская область, Курганская область, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, Ямало-Ненецкий автономный округ, Кемеровская область
№ 4	Московская область, Москва, Санкт-Петербург, Пермский край, Свердловская область
№ 5	Калужская область, Липецкая область,

	Тульская область, Ярославская область, Ростовская область, Республика Башкортостан, Республика Татарстан, Кировская область, Нижегородская область, Самарская область, Ульяновская область, Челябинская область, Томская область
№ 6	Белгородская область, Брянская область, Владимирская область, Воронежская область, Ивановская область, Орловская область, Рязанская область, Тамбовская область, Тверская область, Мурманская область, Ставропольский край, Республика Мордовия, Удмуртская Республика, Чувашская Республика, Пензенская область, Тюменская область, Алтайский край, Новосибирская область, Омская область, Хабаровский край

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 3

Результаты расчетов средних показателей экономического развития по кластерам и в целом по стране за 2021 г.

Table 3

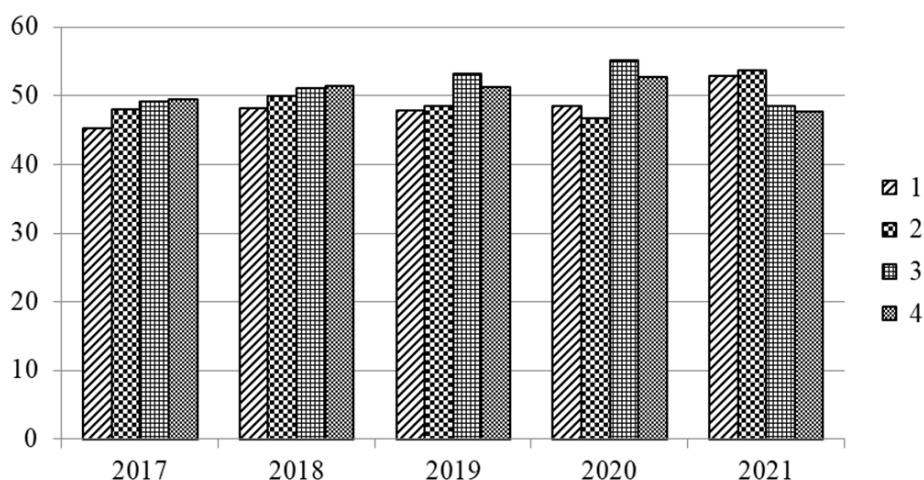
Calculation results of average indicators of economic development by cluster and countrywide for 2021

Показатель	Номер кластера						Средние индикаторы по РФ
	1	2	3	4	5	6	
Степень износа основных фондов на конец года по полному кругу организаций X1, %	40,4	42,4	50,9	37,2	42,3	40,3	42,3
Прирост высокопроизводительны х рабочих мест X2, %	-5,6	3,2	-0,5	7,5	2,9	-0,2	-0,1
Электровооруженность труда работников промышленных организаций X3, кВт·ч	49 801,4	150 787,6	81 065,9	50 086,8	59 556,1	52 245,9	71 659,4
Используемые передовые производственные технологии X4, ед.	806,3	1 361,3	2 356,1	14 549,2	4 702,1	2 746	3 018,6

Показатель	Номер кластера						Средние индикаторы по РФ
	1	2	3	4	5	6	
Удельный вес организаций, осуществлявших технологические инновации, в общем числе обследованных организаций X5, %	13,4	15,6	15,6	27,9	28,7	22,3	19,4
Уровень инновационной активности организаций X6, %	5,3	7,7	8,3	13,7	17,4	12,9	10,3
Удельный вес инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг организаций промышленного производства X7, %	1,3	1,8	2,6	7,6	7,7	11	5,2
Удельный вес затрат на инновационную деятельность в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг X8, %	0,9	1	0,6	2,5	3,3	1,3	1,5
Индекс физического объема инвестиций в основной капитал X9, %	93,6	129,2	98,1	105,1	109,5	98,2	103,8
Доля инвестиций в машины, оборудование, транспортные средства в общем объеме инвестиций в основной капитал, направленных на реконструкцию и модернизацию X10, %	14,1	36	33,5	34	42,4	28,2	29,4
Численность персонала, занятого научными исследованиями и разработками X11, чел.	1 127,2	1 766,4	1 714	77 855	10 082,6	3 640,1	7 795,3
Внутренние текущие затраты на научные исследования и разработки по видам работ (фундаментальные исследования, прикладные исследования, разработки, всего) X12, млн руб.	1 398,8	3 867,5	2 422,7	150 411,4	17 666,5	5 046,9	14 039,8

Источник: авторская разработка

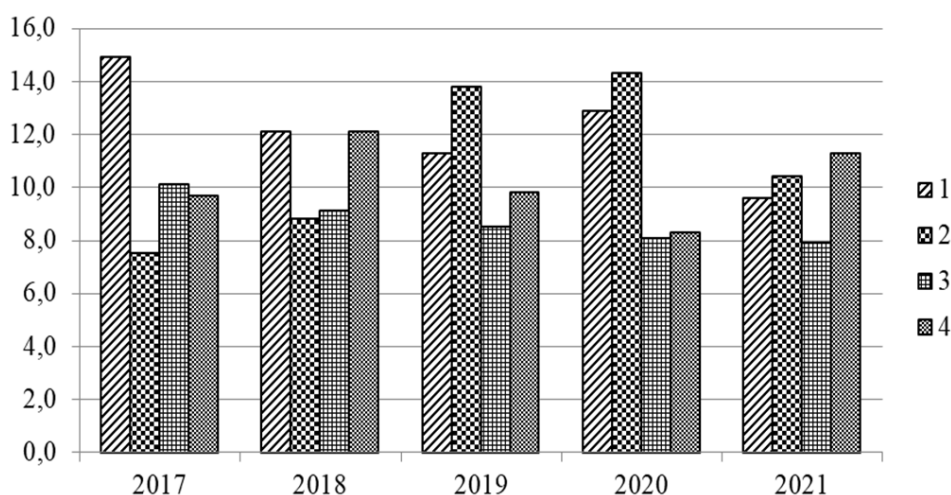
Source: Authoring

Рисунок 1**Степень износа основных фондов по уровню технологичности за 2017–2021 гг., %****Figure 1****The degree of fixed asset depreciation by level of manufacturability for 2017–2021, percentage**

Примечание. 1 – высокотехнологичные виды деятельности; 2 – среднетехнологичные высокого уровня виды деятельности; 3 – среднетехнологичные низкого уровня виды деятельности; 4 – низкотехнологичные виды деятельности.

Источник: авторская разработка по данным Росстата

Source: Authoring, based on the Rosstat data

Рисунок 2**Коэффициент обновления основных фондов по уровню технологичности по коммерческим (без субъектов малого предпринимательства) и некоммерческим организациям (по полной учетной стоимости, в смешанных ценах) 2017–2021 гг., %****Figure 2****Coefficient of renewal of fixed assets by level of manufacturability, for commercial (without small businesses) and non-profit organizations (at full book value, in mixed prices), 2017–2021, percentage**

Примечание. 1 – высокотехнологичные виды деятельности; 2 – среднетехнологичные высокого уровня виды деятельности; 3 – среднетехнологичные низкого уровня виды деятельности; 4 – низкотехнологичные виды деятельности.

Источник: авторская разработка по данным Росстата

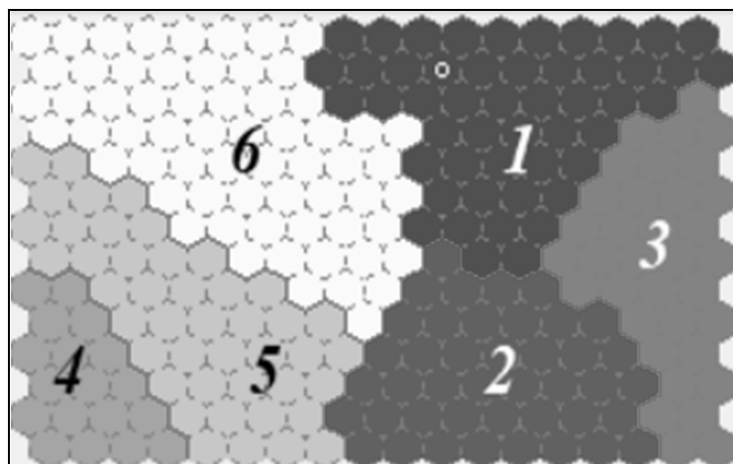
Source: Authoring, based on the Rosstat data

Рисунок 3

Самоорганизующаяся топологическая карта интеграции регионов России по кластерам за 2021 г.

Figure 3

Self-organizing topological map of integration of Russian regions by cluster for 2021



Источник: авторская разработка

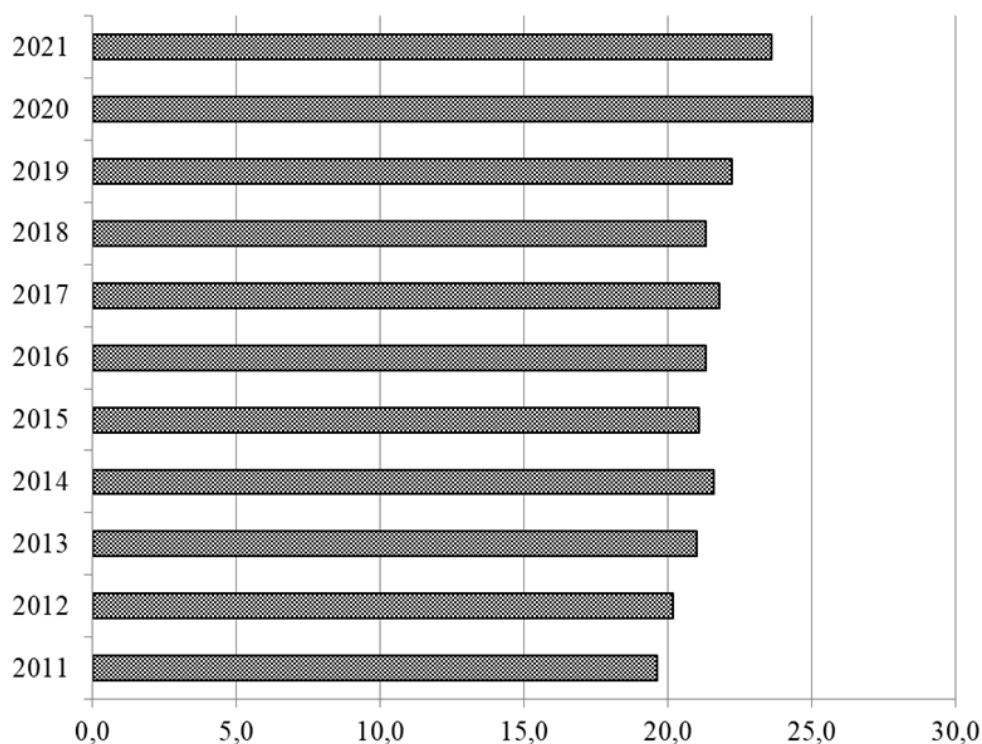
Source: Authoring

Рисунок 4

Доля продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей в ВВП Российской Федерации за 2011–2021 гг., %

Figure 4

The share of high-tech and knowledge-intensive industries in the GDP of the Russian Federation for 2011–2021, percentage



Источник: авторская разработка по данным Росстата

Source: Authoring, based on the Rosstat data

Список литературы

1. *Сенчагов В.К.* Экономическая безопасность как основа обеспечения национальной безопасности России // *Вопросы экономики*. 2001. № 8. С. 64–79.
2. *Сенчагов В.К., Иванов Е.А.* Структура механизма современного мониторинга экономической безопасности России. М.: Институт экономики РАН, 2016. 71 с.
3. *Арбузов С.Г., Головнин М.Ю.* Стабилизация валютного рынка России в контексте экономической безопасности на современном этапе // *Экономическое возрождение России*. 2016. № 2. С. 104–110.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/stabilizatsiya-valyutnogo-rynka-rossii-v-kontekste-obespecheniya-ekonomicheskoy-bezopasnosti-na-sovremennom-etape/viewer>
4. *Татаркин А.И., Куклин А.А.* Изменение парадигмы исследований экономической безопасности региона // *Экономика региона*. 2012. № 2. С. 25–39.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izmenenie-paradigmy-issledovaniy-ekonomicheskoy-bezopasnosti-regiona?ysclid=lfqtp64rz6577563434>
5. *Городецкий А.Е.* Экономическая безопасность России: новая стратегия в новых реалиях // *Проблемы теории и практики управления*. 2018. № 1. С. 8–23.
6. *Караваева 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://doi.org/10.18334/epp.10.8.110705>
7. *Гребенкина С.А., Славянов А.С., Хрусталёв Е.Ю.* Экономическая безопасность субъектов РФ: системный подход // *Региональная экономика: теория и практика*. 2019. Т. 17. Вып. 10. С. 1909–1922.
URL: <https://doi.org/10.24891/re.17.10.1909>
8. *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.
9. *Любушин Н.П., Бабичева Н.Э., Королев Д.С.* Экономический анализ возможностей технологического развития России (на примере нанотехнологий) // *Экономический анализ: теория и практика*. 2012. № 9. С. 2–11.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskii-analiz-vozmozhnostey-tehnologicheskogo-razvitiya-rossii-na-primere-nanotehnologiy>
10. *Горбань А.Н., Россиев Д.А.* Нейронные сети на персональном компьютере: монография. Новосибирск: Наука, 1996. 276 с.

11. 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. Вып. 6. С. 994–1017.
URL: <https://doi.org/10.24891/ea.21.6.994>
12. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации. М.: Финансы и статистика, 2002. 344 с.
13. 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>
14. Kohonen T. The Self-Organizing Map. *Proceedings of the IEEE*, 1990, vol. 78, iss. 9, pp. 1464–1480.
URL: <https://doi.org/10.1109/5.58325>
15. Kohonen T. Self-Organized Formation of Topologically Correct Feature Maps. *Biological Cybernetics*, 1982, vol. 43, pp. 59–69.
URL: <https://doi.org/10.1007/BF00337288>
16. 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>
17. Летягина 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>
18. Sinha S., Singh T.N., Singh V.K., Verma A.K. Epoch Determination for Neural Network by Self-Organized Map (SOM). *Computational Geosciences*, 2010, vol. 14, iss. 1, pp. 199–206.
URL: <https://doi.org/10.1007/s10596-009-9143-0>
19. Carboni O.A., Russu P. Assessing regional wellbeing in Italy: An application of Malmquist–DEA and self-organizing map neural clustering. *Social Indicators Research*, 2015, vol. 122, no. 3, pp. 677–700.
URL: <https://doi.org/10.1007/s11205-014-0722-7>
20. 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.

NEURAL NETWORK ANALYSIS OF THE MAIN CHALLENGES AND THREATS TO THE ECONOMIC SECURITY OF THE RUSSIAN FEDERATION

Nikolai P. LYUBUSHIN ^{a,*},

Elena N. LETYAGINA ^b,

Valentina I. PEROVA ^c

^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>

* Corresponding author

Article history:

Article No. 97/2023
Received 27 March 2023
Received in revised form
5 April 2023
Accepted 11 April 2023
Available online
27 April 2023

JEL classification: C45,
O30, R11

Keywords: economic
security, regional
economy, artificial
intelligence, cluster
analysis, neural network

Abstract

Subject. The article addresses regional economy development from the standpoint of production, innovation, investment, and research activities in the regions of the Russian Federation, in the perspective of technological sovereignty and economic security of the country.

Objectives. The aim is to solve a multifactorial problem describing the state of the economy in Russian regions by a new promising method, i.e. cluster analysis based on neural network modeling.

Methods. To examine multidimensional statistical data, we employed the cluster analysis based on neural networks being an important branch of artificial intelligence.

Results. We examined 85 regions and assessed them, using 12 indicators that we selected from the Rosstat website. The tools of artificial neural networks enabled the clustering of heterogeneous data. As a result, the Russian regions were located in six cluster formations. The paper assesses the influence of each indicator on cluster formation, demonstrates a significant inequality in the number of regions in clusters, highlights different levels of development of the regional economy, according to the totality of the considered indicators on cluster scale.

Conclusions. The findings may help work out and implement strategies aimed at improving the balance of regional economy development, in the focus of technological sovereignty, under new threats and challenges to economic security.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2023

Please cite this article as: Lyubushin N.P., Letyagina E.N., Perova V.I. Neural Network Analysis of the Main Challenges and Threats to the Economic Security of the Russian Federation. *Economic Analysis: Theory and Practice*, 2023, vol. 22, iss. 4, pp. 598–619.
<https://doi.org/10.24891/ea.22.4.598>

References

1. Senchagov V.K. [Economic security as the basis for ensuring Russia's National Security]. *Voprosy Ekonomiki*, 2001, no. 8, pp. 64–79. (In Russ.)
2. Senchagov V.K., Ivanov E.A. *Struktura mekhanizma sovremennogo monitoringa ekonomicheskoi bezopasnosti Rossii* [The structure of modern monitoring mechanism of Russia's Economic Security]. Moscow IE RAS Publ., 2016, 71 p.
3. Arbuzov S.G., Golovnin M.Yu. [Stabilization of Russian foreign exchange market and economic security under current conditions]. *Ekonomicheskoe vrozozhdenie Rossii = Economic Revival of Russia*, 2016, no. 2, pp. 104–110.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/stabilizatsiya-valyutnogo-rynka-rossii-v-kontekste-obespecheniya-ekonomicheskoy-bezopasnosti-na-sovremennom-etape/viewer> (In Russ.)
4. Tatarkin A.I., Kuklin A.A. [Changing the paradigm of region's economic security research]. *Ekonomika regiona = Economy of Region*, 2012, no. 2, pp. 25–39.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izmenenie-paradigmy-issledovaniy-ekonomicheskoy-bezopasnosti-regiona?ysclid=lfqtp64rz6577563434> (In Russ.)
5. Gorodetskii A.E. [Economic security of Russia: A new strategy in new realities]. *Problemy teorii i praktiki upravleniya = Theoretical and Practical Aspects of Management*, 2018, no. 1, pp. 8–23. (In Russ.)
6. 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. (In Russ.) URL: <https://doi.org/10.18334/epp.10.8.110705>
7. Grebenkina S.A., Slavyanov A.S., Khrustalev E.Yu. [Economic security of the Russian Federation subjects: A systems-based approach]. *Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika = Regional Economics: Theory and Practice*, 2019, vol. 17, iss. 10, pp. 1909–1922. (In Russ.) URL: <https://doi.org/10.24891/re.17.10.1909>
8. Mityakov S.N., Lapaev D.N., Kataeva L.Yu., Ramazanov S.A. [Sustainable development and threats to economic security]. *Ekonomika i predprinimatel'stvo = Journal of Economy and Entrepreneurship*, 2019, no. 10, pp. 111–114. (In Russ.)
9. Lyubushin N.P., Babicheva N.E., Korolev D.S. [Economic analysis of the opportunities for technological development of Russia (an example of nanotechnologies)]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika = Economic Analysis: Theory and Practice*, 2012, vol. 11, iss. 9, pp. 2–11.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskii-analiz-vozmozhnostey-tehnologicheskogo-razvitiya-rossii-na-primere-nanotehnologiy> (In Russ.)

10. Gorban' A.N., Rossiev D.A. *Neironnye seti na personal'nom komp'yutere: monografiya* [Neural networks on a personal computer: a monograph]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1996, 276 p.
11. 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]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika = Economic Analysis: Theory and Practice*, 2022, vol. 21, iss. 6, pp. 994–1017. (In Russ.)
URL: <https://doi.org/10.24891/ea.21.6.994>
12. Osovskii S. *Neironnye seti dlya obrabotki informatsii* [Neural networks for information processing]. Moscow, Finansy i statistika Publ., 2002, 344 p.
13. Khrustalev E.Yu., Shramko O.G. [Using the neural network method to forecast investment efficiency]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika = Economic Analysis: Theory and Practice*, 2017, vol. 16, iss. 8, pp. 1438–1454. (In Russ.)
URL: <https://doi.org/10.24891/ea.16.8.1438>
14. Kohonen T. The Self-Organizing Map. *Proceedings of the IEEE*, 1990, vol. 78, iss. 9, pp. 1464–1480. URL: <https://doi.org/10.1109/5.58325>
15. Kohonen T. Self-Organized Formation of Topologically Correct Feature Maps. *Biological Cybernetics*, 1982, vol. 43, pp. 59–69.
URL: <https://doi.org/10.1007/BF00337288>
16. 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>
17. 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. (In Russ.) URL: <https://doi.org/10.29141/2658-5081-2021-22-1-4>
18. Sinha S., Singh T.N., Singh V.K., Verma A.K. Epoch Determination for Neural Network by Self-Organized Map (SOM). *Computational Geosciences*, 2010, vol. 14, iss. 1, pp. 199–206. URL: <https://doi.org/10.1007/s10596-009-9143-0>
19. Carboni O.A., Russu P. Assessing regional wellbeing in Italy: An application of Malmquist–DEA and self-organizing map neural clustering. *Social Indicators Research*, 2015, vol. 122, no. 3, pp. 677–700.
URL: <https://doi.org/10.1007/s11205-014-0722-7>

20. 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.