

Научная статья

Original article

УДК 338.43.01

DOI 10.55186/25880209_2025_9_2_9

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ НЕЙРОСЕТЕВОГО КЛАСТЕРНОГО
АНАЛИЗА В ЭКОНОМИКЕ**

**APPLICATION OF NEURAL NETWORK CLUSTER ANALYSIS METHODS IN
ECONOMICS**



Анциферова Ольга Юрьевна, доктор экономических наук, профессор, директор института экономики и управления, ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет» (393760 Россия, г. Мичуринск, ул. Интернациональная, д. 101), тел. 8(47545) 3-88-01, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0214-8792>, anciferova-olga-7@mail.ru

Колотова Александра Сергеевна, аспирант 2 года обучения ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет» (393760 Россия, г. Мичуринск, ул. Интернациональная, д. 101), тел. 8(47545) 3-88-01, ORCID: <http://orcid.org/0009-0000-9392-8067>, aleks.kolotova@yandex.ru

Olga Y. Antsiferova, Doctor of Economics, Professor, Director of the Institute of Economics and Management, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Michurinsky State Agrarian University» (393760 Russia, Michurinsk, Internatsionalnaya St., 101), tel. 8 (47545) 3-88-01, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0214-8792>, anciferova-olga-7@mail.ru

Alexandra S. Kolotova, graduate student of 2 years of study at the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Michurinsky State Agrarian

University» (393760 Russia, Michurinsk, Internatsionalnaya St., 101), tel. 8 (47545) 3-88-01, ORCID: <http://orcid.org/0009-0000-9392-8067>, aleks.kolotova@yandex.ru

Аннотация. Цель исследования – проанализировать имеющиеся методы для оценки ресурсов в экономике и выделить наиболее перспективные. Особое внимание в работе уделяется вопросам обработки больших объемов информации, автоматизации кластеризации и интерпретации полученных результатов. Научная новизна: авторами проведен анализ преимущества и недостатков применения математических методов в экономическом анализе. В результате был выделен метод нейростетевого кластерного анализа, обладающий наибольшими преимуществами для экономического анализа. Приводятся примеры использования нейросетевых методов в задачах финансового анализа, оценки рисков. Результаты работы демонстрируют эффективность нейросетевых подходов по сравнению с традиционными статистическими методами. В статье обсуждаются перспективы дальнейшего использования нейросетевого кластерного анализа в экономической сфере. Авторы приходят к мнению, что использование математических методов в экономическом анализе дает возможность значительно расширить инструментарий для проведения исследований.

Abstract. The purpose of the study is to analyze the available methods for assessing resources in the economy and identify the most promising ones. Particular attention is paid to the processing of large amounts of information, automation of clustering and interpretation of the results obtained. Scientific novelty: the authors analyzed the advantages and disadvantages of using mathematical methods in economic analysis. As a result, the method of neural network cluster analysis was identified, which has the greatest advantages for economic analysis. Examples of the use of neural network methods in the tasks of financial analysis and risk assessment are given. The results of the work demonstrate the effectiveness of neural network approaches in comparison with traditional statistical methods. The article discusses the prospects for the further use of neural network cluster analysis in the economic sphere. The authors

come to the conclusion that the use of mathematical methods in economic analysis provides an opportunity to significantly expand the toolkit for conducting research.

Ключевые слова: нейросетевой кластерный анализ, оценка ресурсов, экономический анализ, кластерный анализ в экономике, математико-экономические методы.

Key words: neural network cluster analysis, resource assessment, economic analysis, cluster analysis in economics, mathematical and economic methods.

Введение. Одной из актуальных проблем, стоящих перед современной экономической наукой является повышение эффективности сельскохозяйственного производства. В настоящее время экономическая ситуация непрерывно меняется под воздействием различных факторов. В этой связи, крайне важно качественно и своевременно оценивать ресурсный потенциал сельскохозяйственных организаций, грамотно распоряжаться ресурсами. На наш взгляд, перспективным являются определение возможности и порядка применения нейросетевого кластерного анализа применительно к оценке производственного ресурсного потенциала в сельском хозяйстве. Нейросетевые технологии позволяют решать плохо формализуемые задачи управления сложными динамическими объектами, позволяют установить зависимость перед заданными показателями, без явного указания вида данных зависимостей. В связи с этим нейронные сети можно рассматривать как инструмент аппроксимации данных для более точного прогнозирования и планирования развития сельского хозяйства. В связи с этим предлагаемая тема является достаточно перспективной.

Кластерный анализ – одно из направлений математического исследования экономических процессов, связанных с изучением массовых явлений.

Материалы и методы исследования

Кластерный анализ является одним из методов, позволяющих провести исследование процессов экономического развития, проанализировать производственный ресурсный потенциал сельскохозяйственных организаций. Применение методов нейросетевого кластерного анализа на основе статистических данных по различным показателям экономического развития

позволяет организовать данные в структурированные кластеры. Их аналоги позволяют выявлять и эффективно решать стандартные проблемы экономического развития, выявлять способы ускорения экономических процессов. Все это дает возможность сконцентрировать ресурсы на ключевых направлениях эффективного развития.

Маркетологи, аналитики, эксперты в области регионального планирования а также во многих других областях науки и производства активно используется метод кластерного анализа «поскольку данному методу характерна универсальность, наличие большого числа алгоритмов, реализующих методы кластеризации, наличие универсальных и специализированных программных систем со встроенными сервисами кластеризации» [1].

Метод кластерного анализа широко используется в исследовании и управлении различными областями науки, особенно в экономике. Его преимущества включают в себя универсальность, наличие множества алгоритмов для кластеризации, а также доступность специализированных и универсальных программных комплексов со встроенными сервисами для проведения кластерного анализа.

Результаты исследования и их обсуждение

Экономический анализ имеет долгую историю и сформировался на стыке нескольких наук. «Экономический анализ – это комплексное изучение деятельности коммерческих организаций, с целью формирования объективной оценки достигнутых результатов и выявления возможностей повышения эффективности» [2].

Развитие экономической науки требует расширения методов экономического анализа, в том числе и за счет математико-экономических методов. Это позволит усилить уже имеющиеся инструменты и улучшить качество и скорость обработки данных.

По мнению Карла Маркса «наука только тогда достигает совершенства, когда ей удаётся пользоваться математикой»[3]. Соглашаясь с этим высказыванием, мы видим необходимость имеющихся математических методов и исследование

возможности применения современных математических методов в экономическом анализе. Основные из них представлены на рисунке 1.

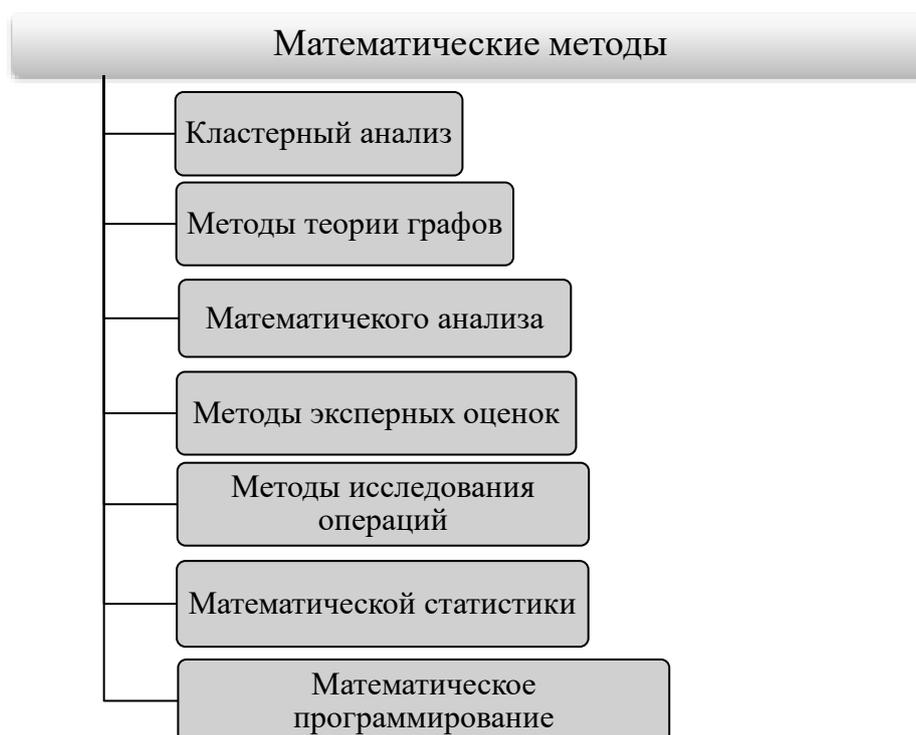


Рисунок 1. Классификация математических методов возможных для применения анализа большого массива данных

Составлено автором

При исследовании и прогнозировании экономических явлений часто возникает необходимость в многогранном анализе. Это особенно важно при разработке стратегий сегментации рынка и создании типологий стран на основе различных показателей. Такой анализ помогает предсказывать тенденции на рынке отдельных товаров, изучать и прогнозировать экономический спад и другие важные вопросы. К примеру, было уточнено экономическое обоснование понятия «себестоимости продукции растениеводства как важнейшего инструмента планирования и управления эффективностью хозяйственной деятельности» [4]. Имеющийся в настоящий момент инструментарий экономического анализа в полной мере не удовлетворяет потребности, и требует использования новых методов. Одним из таких методов является нейросетевой кластерный анализ.

Нами были проанализированы данные методы, изучен принцип работы, выявлены преимущества и недостатки (таблица 1).

Таблица 1 – Преимущества и недостатки применения математических методов в экономическом анализе

	Принцип работы	Преимущества	Недостатки
Математический анализ	Позволяет определить, сходится ли ряд, найти сумму сходящегося ряда и исследовать свойства функций, представленных в виде рядов	Проводится исключительно для прогнозирования поведения реальных систем и их оптимизации	Не позволяет обнаруживать «качественно новые явления»
Математическая статистика	Изучение случайных величин по результатам наблюдений	Дает представление о принципах изучения массовых явлениях и процессов с точки зрения их количественной оценки	Низкое качество поступающих данных, влияющих на конечный результат
Математическое программирование	Проведение расчета лучшего варианта решения по критерию оптимальности принятия управленческих решений	Наглядность	Трудно точно определить значения зависимой переменной
Методы исследования операций	Предварительное количественное обоснование оптимальных решений с опорой на показатель эффективности.	Позволяет учесть детерминированность более поздних решений от более ранних	Эффективны только в отношении хорошо структурированных проблемах
Метод теории графов	Изучение связей между сущностями	Эффективность для связанных данных	Требует построения графа
Метод экспертных оценок	Проводится сравнение каких-то параметров объектов	Разносторонний подход к анализу проблемы	Сложность процедуры получения информации, формирования группового мнения
Кластерный анализ	Использует спектральные свойства матрицы сходства объектов для их группировки. Выполняет низкоразмерное встраивание матрицы аффинности между выборками с последующей кластеризацией. Она может осуществляться, с помощью К-средних и компонентом собственных векторов в низкоразмерном пространстве	Позволяет группировать схожие объекты внутри большого набора данных. Производит поиск внутренних закономерностей и сходства в данных. Выделяет группы объектов схожих характеристик. Инструмент для поиска скрытых данных в структурах	Необходимо заранее указывать количество кластеров

Составлено автором

Проанализировав преимущества и недостатки применения математических методов в экономическом анализе, мы пришли к выводу, что кластерный анализ существенно отличается от других методов анализа данных. В процессе кластерного анализа осуществляется выявление внутренних закономерностей и сходств данных. Это позволяет формировать группы объектов с похожими характеристиками, не требуя предварительного определения переменных. В результате открываются новые возможности для получения инсайтов и обнаружения скрытых структур в данных.

«Кластерный анализ – один из методов математической статистики. Название «кластерный анализ» происходит от английского слова «cluster» – гроздь, скопление. Впервые определил предмет кластерного анализа, и дал его описание исследователь Трион в 1939 г.» [5].

«В анализе информации важное место занимает выявление общих принципов формирования однородных или похожих данных»[6]. Этот процесс называется кластерным анализом.

Следует согласиться с мнением, что «кластерный анализ – это метод обучения, исследующий основную структуру данных без каких-либо предварительных знаний или информации. Учитывая доступность различных источников экономических данных, кластерный анализ становится востребованным и для экономических исследований, чтобы выявлять и всесторонне оценивать экономически значимые кластеры» [7]. Данные подходы определяются как кластеризация на основе знаний. В научной литературе кластеры рассматриваются «как органические явления, возникающие из случайных событий, но многие ученые склонны рассматривать кластеры как организованные структуры»[8]. Развитие экономики России зависит от темпов роста её отраслей. Каждый регион страны характеризуется рядом специфических факторов. Учет особенностей способствует эффективному управлению процессами модернизации экономики сельского хозяйства. В свою очередь, это приведет к увеличению валового внутреннего продукта и повышению качества жизни населения региона.

Успех процедуры кластеризации определяется качеством данных, используемых в анализе. К основным требованиям относятся «отсутствие корреляции, больших отклонений от средних значений, закон распределения факторов должен приближаться к нормальному»[9]. Это указывает на то, что перед проведением кластерного анализа необходимо выполнить процедуры очистки и нормализации данных.

Для кластеризации в экономике рассматриваются объекты, характеризующихся набором факторных признаков по разным направлениям экономического развития.



Рисунок 2 Направления использование кластерного анализа в экономике

Кластерный анализ предоставляет инструментарий для количественной оценки влияния разнородных факторов на динамику экономического роста регионов. Это имеет существенное значение при разработке стратегий и целевых программ, направленных на устойчивое социально-экономическое развитие. Данный метод позволяет осуществлять прогнозирование потенциальных эффектов от изменения ключевых экономических индикаторов в перспективе.

Цель кластерного анализа состоит в том, чтобы разделить множество объектов с определенными признаками на группы, по установленным критериям.

Другими словами, задача заключается в том, чтобы выделить компактные группы объектов, либо определить естественное разбиение совокупности на отдельные области.

Кластерный анализ обладает рядом методологических преимуществ. Среди которых ключевым является способность к многокритериальной классификации объектов на основе совокупности признаков. Важным достоинством данного метода является отсутствие жестких ограничений на природу анализируемых данных. Это выгодно отличает его от многих традиционных статистических подходов и позволяет применять к разнородным типам информации.

Методы кластерного анализа «помогают построить научно обоснованные классификации, выявить внутренние связи»[9].

Методология кластерного анализа дает возможность идентифицировать группы показателей, демонстрирующих сходные тренды во временном аспекте. Это особенно значимо при исследовании слабоизученных явлений, поскольку позволяет систематизировать эмпирические данные, выявлять скрытые взаимосвязи и структурировать объекты.

В контексте экономического прогнозирования оптимальные результаты достигаются при комбинированном применении кластерного анализа с количественными методами исследования, что обеспечивает комплексный подход к анализу данных.

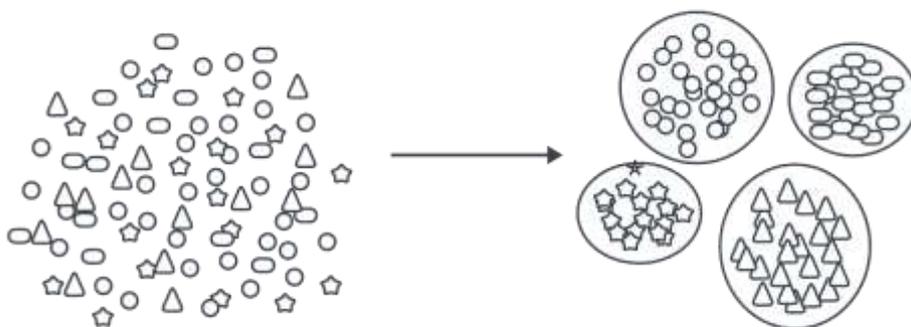


Рисунок 3. Визуализация процесса кластеризации

Следует отметить, что в процессе упрощения исходного массива данных могут возникать искажения, а уникальные особенности отдельных объектов могут

исчезать из-за замены их характеристик общими значениями параметров кластера.

Отметим, что когда «формализовать цель задачи не удается, критерием качества классификации может служить возможность содержательной интерпретации найденных групп, например, в результате определения кластерных профилей»[10].

В настоящий момент в экономике уже предпринимались попытки использования кластерного анализа, как аналитического метода.

Исследователь М.В. Ключников в своей работе при помощи кластерного анализа провел изучение крупнейших банков России. Проведенный автором анализ позволил распределить коммерческие банки России по группам, «используя не только абсолютные показатели, но и более объективные показатели, выраженные коэффициентами» [11].

Группа исследователей в составе В.Е. Ковалева, К.В. Новикова, Е.А. Антинескул исследовали продовольственных ритейлеров России с помощью кластерного анализа. В результате исследования было установлено, что «группировка магазинов по форматам кластеров позволяет стандартизировать бизнес-процессы, что может стать ключевым направлением развития регионального продуктового ритейла» [12].

В работе А.Д. Шматко и С.В. Губина проведен кластерный анализ инновационного потенциала субъектов Российской Федерации [13].

В результате проведенных исследований авторы пришли к выводу о целесообразности использования метода кластерного анализа. В первую очередь это связано с тем, что экономика достаточно неформализованная наука. Использование накопленного опыта, прецедентов, эмпирических закономерностей и экспертных предположений позволит получать новые результаты исследований. Методы диагностики, прогнозирования и выбор вариантов на основе материала наблюдений имеют большое значение в экономике.

Выводы

Сложность современной экономической науки делает невозможным использование ограниченного набора методов для анализа. Многократное увеличение объемов информации, необходимость увеличения скорости, качества обработки данных, все это требует использование новых, современных методов. В этом случае становится целесообразным использование метода нейростетевого кластерного анализа, наиболее полно подходящего для проведения анализа и исследования ресурсного потенциала.

Использование математических методов в экономическом анализе дает возможность значительно расширить инструментарий для проведения исследований, что позволит создать новые возможности для эффективного использования ресурсного потенциала и развития экономики в целом.

Нейростетевой кластерный анализ, возможно использовать, для комплексной оценки деятельности, имеющихся рисков, финансового состояния, и ряда других факторов сельскохозяйственных организаций. Метод нейросетевого кластерного анализа легко можно модифицировать под конкретные задачи, детализацию отраслевой структуры экономики. Полученные в результате анализа данные, возможно применять для прогнозирования экономических показателей, исследования и оценки ресурсного потенциала.

Список источников

1. Прохоренков П.А., Регер Т.В., Гудкова Н.В. Методы кластерного анализа в региональных исследованиях // *Фундаментальные исследования*. 2022. № 3. С.100-106.

2. Семедова К. Р. Роль экономического анализа в деятельности коммерческих предприятий // *Современная наука и ее ресурсное обеспечение: инновационная парадигма: Сборник статей Международной научно-практической конференции*, Петрозаводск, 20 февраля 2020 года. – Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская Ирина Игоревна), 2020. С. 44-46.

3. Розов Н. Х., *Математические рукописи Карла Маркса*, УМН, 1968, том 23, выпуск 5. С.205–211.

4. Солопов В.А., Анциферова О.Ю., Акиндинов В.В. Регулирование затрат и формирование себестоимости продукции растениеводства с использованием экономико-математических методов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15, № 2(73). С. 172–179. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_2_172-179.

5. Tryon R. C. Cluster Analysis; Correlation Profile and Orthometric (Factor) Analysis for the Isolation of Unities in Mind and Personality. – Ann Arbor, Mich.: Edwards brother, inc., lithoprinters and publishers. 1939.Р.374.

6. Жилов Р.А. Применение нейронных сетей при кластеризации данных // Известия КБНЦ РАН. 2021. №1 (99). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-neyronnyh-setey-pri-klasterizatsii-dannyh> (дата обращения: 26.06.2024).

7. Cheng J., Cline, M., Martin, J., Finkelstein, D., et al. Knowledge-Based Clustering Algorithm Driven by Gene Ontology // J. Biopharm Stat, 2004. No.14. P. 687–700.

8. Гичиев Н. С. Кластерный анализ в экономике: теоретический аспект // РППЭ. 2020. №8 (118). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/klasternyy-analiz-v-ekonomike-teoreticheskiy-aspekt> (дата обращения: 22.06.2024).

9. Прохоренков П.А., Регер Т.В., Гудкова Н.В. Методы кластерного анализа в региональных исследованиях // Фундаментальные исследования. 2022. № 3. С. 100-106.

10. Дуброва Т. А. Статистические методы прогнозирования. М.: ЮНИТИ, 2003. С. 178 – 184.

11. Ключников М.В. Кластерный анализ крупнейших банков России // Дайджест-финансы. 2003. №2 (98). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/klasternyy-analiz-krupneyshih-bankov-rossii> (дата обращения: 01.07.2024).

12. Ковалев В.Е., Новикова К.В., Антинескул Е.А. Кластерный анализ продовольственных ритейлеров России // Управленец. 2022. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/klasternyy-analiz-prodovolstvennyh-riteylerov-rossii> (дата обращения: 01.07.2024).

13. Шматко А. Д., Губин С. В. Кластерный анализ инновационного потенциала субъектов РФ // Управленческое консультирование. 2020. №3 (135). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/klasternyy-analiz-innovatsionnogo-potentsiala-subektov-rf> (дата обращения: 01.07.2024).

References

1. Prokhorenkov P.A., Reger T.V., Gudkova N.V. Metody klasterного analiza v regional'nykh issledovaniyakh // Fundamental'nye issledovaniya. 2022. № 3. S.100-106.

2. Samedova K. R. Rol' ehkonomicheskogo analiza v deyatel'nosti kommercheskikh predpriyatii // Sovremennaya nauka i ee resursnoe obespechenie: innovatsionnaya paradigma: Sbornik statei Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Petrozavodsk, 20 fevralya 2020 goda. – Petrozavodsk: Mezhdunarodnyi tsentr nauchnogo partnerstva «Novaya Nauka» (IP Ivanovskaya Irina Igorevna), 2020. S. 44-46.

3. Rozov N. KH., Matematicheskie rukopisi Karla Marksa, UMN, 1968, tom 23, vypusk 5. S.205–211.

4. Solopov V.A., Antsiferova O.YU., Akindinov V.V. Regulirovanie zatrat i formirovanie sebestoimosti produktsii rastenievodstva s ispol'zovaniem ehkonomiko-matematicheskikh metodov // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2022. T. 15, № 2(73). S. 172–179. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_2_172-179.

5. Tryon R. C. Cluster Analysis; Correlation Profile and Orthometric (Factor) Analysis for the Isolation of Unities in Mind and Personality. – Ann Arbor, Mich.: Edwards brother, inc., lithoprinters and publishers. 1939.P.374.

6. Zhilov R.A. Primenenie neironnykh setei pri klasterizatsii dannykh // Izvestiya KBNTS RAN. 2021. №1 (99). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-neyronnyh-setey-pri-klasterizatsii-dannyh> (дата обращения: 26.06.2024).

7. Cheng J., Cline, M., Martin, J., Finkelstein, D., et al. Knowledge-Based Clustering Algorithm Driven by Gene Ontology // J. Biopharm Stat, 2004. No.14. P. 687–700.

8. Gichiev N. S. Klasternyi analiz v ehkonomie: teoreticheskii aspekt // RPPEH. 2020. №8 (118). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/klasternyy-analiz-v-ekonomike-teoreticheskiiy-aspekt> (data obrashcheniya: 22.06.2024).

9. Prokhorenkov P.A., Reger T.V., Gudkova N.V. Metody klasternogo analiza v regional'nykh issledovaniyakh // Fundamental'nye issledovaniya. 2022. № 3. S. 100-106.

10. Dubrova T. A. Statisticheskie metody prognozirovaniya. M.: YUNITI, 2003. S. 178 – 184.

11. Klyuchnikov M.V. Klasternyi analiz krupneishikh bankov Rossii // Daidzhest-finansy. 2003. №2 (98). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/klasternyy-analiz-krupneyshih-bankov-rossii> (data obrashcheniya: 01.07.2024).

12. Kovalev V.E., Novikova K.V., Antineskul E.A. Klasternyi analiz prodovol'stvennykh riteilerov Rossii // Upravlenets. 2022. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/klasternyy-analiz-prodovolstvennyh-riteylerov-rossii> (data obrashcheniya: 01.07.2024).

13. Shmatko A. D., Gubin S. V. Klasternyi analiz innovatsionnogo potentsiala sub"ektov RF // Upravlencheskoe konsul'tirovanie. 2020. №3 (135). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/klasternyy-analiz-innovatsionnogo-potentsiala-subektov-rf> (data obrashcheniya: 01.07.2024).

© Анциферова О.Ю., Колотова А.С., 2025. *International agricultural journal*, 2025, №2, 515-528

Для цитирования: Анциферова О.Ю., Колотова А.С. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ НЕЙРОСЕТЕВОГО КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА В ЭКОНОМИКЕ //International agricultural journal. 2025. №2, 515-528