

УПРАВЛЕНИЕ РЕГИОНАЛЬНЫМИ ЭКОНОМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ: ФИНАНСОВЫЕ, МАРКЕТИНГОВЫЕ И ИННОВАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ

УДК 338.26

АГЛОМЕРАТИВНАЯ ИЕРАРХИЧЕСКАЯ КЛАСТЕРИЗАЦИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПО УРОВНЮ УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ

Коды JEL: L00, O03

Азарова Н. А., кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры мировой и национальной экономики, Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова, г. Воронеж, Россия

E-mail: azarovarsd@rambler.ru; SPIN-код 8450-8957

Поступила в редакцию 09.11.2024. Принята к публикации 18.11.2024

Аннотация

Актуальность темы. Актуальность исследования обусловлена необходимостью формирования модели экономической успешности развития регионов, их конкурентоспособность определяются скоростью управленческих реакций на изменения и вызовы во внешней среде. Изучение и оценка текущего уровня социально-экономического развития регионов, разработка актуального инструментария оценки динамики результативности проводимой региональными органами исполнительной власти экономической политики — тема данного исследования.

Цель. Целью исследования является применение современного метода агломеративной иерархической кластеризации для классификации социально-экономических систем по уровню управления инновационным потенциалом регионов в рамках долгосрочных целей построения конкурентоспособной экономики, что является важным фактором достижения технологического суверенитета страны и повышения уровня жизни населения.

Методология. Предложен метод использования одномерной кластеризации на основе алгоритма Фишера, агломеративной иерархической кластеризации, кластеризации k -средних, нечеткой кластеризации как актуальных статистических методов ранжирования регионов по уровню управления инновационным потенциалом.

Результаты и выводы. Для формирования и классификации социально-экономических систем регионов предложено применение 8-этапного процесса выбора эффективного алгоритма кластеризации данных и рассмотрены основные этапы его использования. Выполнена идентификация социально-экономических мезосистем Российской Федерации с применением авторской методики классификации по уровню управления инновационным потенциалом. В матрице сбалансированного научно-технического развития исследовано влияние методов управления инновациями с помощью метода кластерного анализа для ранжирования пяти групп кластеров социально-экономических мезосистем, что даст дальнейшую возможность разработки управленческих решений в контексте управления инновационным потенциалом регионов, выработки государственной стратегической политики в целях повышения конкурентоспособности регионов, достижения технологического суверенитета и повышения качества жизни населения.

Область применения. Для оценки качества результатов кластеризации мезосистем Российской Федерации по уровню управления инновационным потенциалом в матрице сбалансированного научно-технического развития с применением метрики силуэтного коэффициента на основе авторской методики.

Ключевые слова: инновационный потенциал, управление, кластеризация данных, региональные социально-экономические.

DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR CLASSIFYING OF REGIONAL SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS TO THE LEVEL OF INNOVATION POTENTIAL MANAGEMENT

JEL Codes: L00, O03

Azarova N. A., Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of World and National Economy, Voronezh State Forestry University named after G.F.Morozov, Voronezh, Russia

E-mail: azarovarsd@rambler.ru; SPIN-code: 8450-8957

Abstract

The relevance of the topic. *The relevance of the study is due to the need to form a model of the economic success of the development of regions, their competitiveness is determined by the speed of managerial reactions to changes and challenges in the external environment. The study and assessment of the current level of socio-economic development of regions, the development of relevant tools for assessing the dynamics of the effectiveness of economic policy pursued by regional executive authorities is the topic of this study.*

Goal. *The purpose of the study is to apply the modern method of agglomerative hierarchical clustering to classify socio-economic systems according to the level of management of the innovative potential of regions within the framework of long-term goals of building a competitive economy, which is an important factor in achieving the technological sovereignty of the country and improving the standard of living of the population.*

Methodology. *A method of using one-dimensional clustering based on the Fisher algorithm, agglomerative hierarchical clustering, k-means clustering, and fuzzy clustering as relevant statistical methods for ranking regions by the level of innovation potential management is proposed.*

Results and conclusions. *For the formation and classification of socio-economic systems of regions, the application of an 8-stage process for choosing an effective data clustering algorithm is proposed and the main stages of its use are considered. The identification of socio-economic mesosystems of the Russian Federation was carried out using the author's classification methodology according to the level of innovation potential management. In the matrix of balanced scientific and technological development, the influence of innovation management methods using the cluster analysis method for ranking and grouping clusters of socio-economic mesosystems is studied, which will further enable the development of management decisions in the context of managing the innovative potential of regions, developing state strategic policy in order to increase the competitiveness of regions, achieve technological sovereignty and improve the quality of life of the population.*

The scope of application. *To assess the quality of the results of clustering of mesosystems of the Russian Federation according to the level of innovation potential management in the matrix of balanced scientific and technical development using metrics, a silhouette coefficient based on the author's methodology.*

Keywords: *innovation potential, management, data clustering, regional socio-economic.*

DOI: 10.22394/1997-4469-2024-67-4-125-133

Введение

Управление инновационным потенциалом в целях стимулирования и поддержания экономического роста в регионах с помощью оценки экономического состояния социально-экономических систем привлекает все большее внимание исследователей. Необходимо понять, как управление инновациями в регионах позволит им внедрять инновации и достигать определённого уровня развития. Основными факторами, определяющими экономический рост отдельных стран и регионов в последние десятилетия, являются наука, технологии и инновации, которые образуют матрицу сбалансированного научно-технического развития регио-

нальных социально-экономических систем. По результатам исследований эти факторы базируются на знаниях, которые являются основой развития инновационной экономики Российской Федерации [7]. С точки зрения развития территории РФ модель их позиционирования даёт представление о характере развития регионов, определяет их уровень инновационности и конкурентоспособности.

Для типологизации региональных социально-экономических систем по уровню управления в данной работе предлагается принципиально иная структура взаимосвязи показателей, отражающая инновационный потенциал, как основной объект исследования, и систему

управления (рисунок 1). Основными компонентами системы управления являются прямые и косвенные управляющие воздействия,

внутренние и внешние предпосылки функционирования системы, отклики на управляющие воздействия.



Рис. 1. Предлагаемая структурная схема системы управления инновационным потенциалом регионов РФ

Уровень инновационности региональных социально-экономических систем определяется инновационной системой региона, состоящей из научно-технической и производственной подсистем, институциональных механизмов и взаимосвязей между ними. Эти факторы образуют инновационную среду региона [3].

В силу количества субъектов-участников, степени сложности, а также множественности экономических, социальных и экономических явлений, сопровождающих процесс построения инновационной экономики, данная система является очень сложной. Поэтому можно сказать, что развитие региональной и инновационной экономики предполагает упорядочивание процессов социально-экономических преобразований, протекающих в региональном пространстве на многих уровнях. Они включают экономические, социальные, экологические и культурные вопросы, которые взаимосвязаны многочисленными взаимозависимостями, а преимущества получает лишь тот регион, который имеет конкурентную отраслевую специализацию, высокий уровень инновационного развития, качественный человеческий капитал и эффективную систему регионального управления [4]. Поэтому инновации являются фундаментальным фактором роста и экономического развития региональных социально-экономических систем.

Основными задачами этой политики являются содействие созданию рабочих мест, повышение конкурентоспособности и экономический рост, улучшение качества жизни и реали-

зация идеи устойчивого развития. В результате выполнения вышеперечисленных задач должна быть сформирована государственная региональная политика, целью которой является выравнивание возможностей развития всех регионов Российской Федерации и создание благоприятных условий для их развития.

Несмотря на приложенные усилия и затраты федеральных и местных органов власти, уровни развития отдельных регионов в Российской Федерации демонстрируют очень большие экономические и инновационные различия. Эти различия обусловлены сочетанием очень многих технологических, экономических, организационных и социальных факторов [5]. Для управления инновационным потенциалом необходим математический аппарат, который позволяет прогнозировать параметры инновационного потенциала на основе параметров предполагаемых управляющих воздействий, параметров внешней среды и текущих характеристик инновационного потенциала.

При рассмотрении роли регионов в генерации инноваций и экономического роста представляется целесообразным изучение уровня инновационного развития, поиск инструментов количественного измерения эффективности инновационной деятельности и разработка методологии объективной оценки инновационного развития регионов [6]. В исследованиях многих авторов инновационность регионов Российской Федерации изучается по конкретным параметрам (инновационная деятельность, воз-

действие, рамочные условия, инвестиции). Однако общий уровень инноваций с учетом этих аспектов можно оценить с учетом классификации социально-экономических систем Российской Федерации по уровню управления инновационным потенциалом [7]. Эта классификация позволит оценить современную инвестиционную региональную политику с помощью механизма мониторинга инновационных проектов в рамках социально-экономических систем [8].

Классификация социально-экономических систем по уровню управления инновационным потенциалом на основе кластерного анализа

Классификацию социально-экономических систем Российской Федерации по уровню управления инновационным потенциалом в целях настоящего исследования целесообразно проводить с помощью методики кластеризации данных [2]. Кластерный анализ в данном исследовании можно применять достаточно эффективно, так как экономическая суть этой методики позволяет осуществить разбивку массива экономических данных на группы, называемые кластерами [1]. Российские ученые занимались разработкой теоретических исследований кластерного анализа и возможности его практического применения методов региональной кластеризации [4]. Также этот метод актуально использовать в целях оценки состояния инновационного потенциала региона при выработке концепции управления развитием региона [10]. С помощью методики агломеративной иерархической кластеризации можно выделить «похожие» объекты исследования, при условии выделенной различности объектов групповой классификации [6]. Обусловленность данного метода даст возможность получить оптимальный результат исследования в целях эффективного ранжирования регионов Российской Федерации по показателю «инновационный потенциал».

Выбор алгоритма кластеризации предлагается проводить на основе следующего процесса:

Этап 1. Тестирование алгоритма одномерной кластеризации.

Этап 2. Тестирование алгоритма иерархического кластерного анализа.

Этап 3. Тестирование алгоритма кластеризации k -средних при $k = 3$.

Этап 4. Тестирование алгоритма кластеризации k -средних при $k = 4$.

Этап 5. Тестирование алгоритма кластеризации k -средних при $k = 5$.

Этап 6. Тестирование алгоритма нечеткой кластеризации k -средних.

Этап 7. Расчет силуэтного коэффициента для каждого алгоритма.

Этап 8. Принятие решения о наиболее эффективном алгоритме кластеризации [12].

Этап 1. Одномерная кластеризация — это статистический метод, целью которого является кластеризация N одномерных наблюдений (в нашем случае — 85 субъектов Российской Федерации), описываемых одной количественной переменной (в нашем случае — интегральным индексом), в K однородных групп (кластеров). Однородность измеряется здесь с помощью суммы внутриклассовых вариаций. Чтобы максимизировать однородность классов, необходимо минимизировать сумму внутриклассовых вариаций. В контексте настоящего исследования при проведении одномерной кластеризации используется алгоритм на основе метода У. Д. Фишера [11]. Преимуществом данного метода над другими методами анализа можно рассматривать применение практической процедуры группировки произвольных чисел, чтобы свести к минимуму дисперсию внутри групп, включая описание автоматической компьютерной программы, включая процесс превращения количественной переменной в дискретную порядковую переменную.

Одномерная кластеризация, проведенная на основе инструмента XLSTAT, возвращает несколько таблиц в выходном листе. Прежде всего, выводится описательная таблица, суммирующая исходные данные (таблица 1).

Таблица 1

Описательная статистика

Переменная	Количество наблюдений	Наблюдения с потерянными данными	Наблюдения без потерянных данных	Минимум	Максимум	Среднее	Стандартное отклонение
X1	85	0	85	0,470	4,720	1,942	0,736

Для переменной собрано 85 наблюдений. Отсутствующих значений нет. Мы также можем увидеть максимум, минимум, среднее значение и стандартное отклонение для каждой мезосистемы Российской Федерации. Например, средний уровень развития инновационного потенциала составляет 1,942. Стандартное отклонение состав-

ляет 0,736, что означает, что большинство индексов находится примерно между 1,206 и 2,678.

По результатам кластерного анализа можно предположить, что все мезосистемы Российской Федерации хорошо различаются, учитывая разные значения исходных центроидов (таблица 2).

Таблица 2

Начальные центроиды кластеров на основе алгоритма одномерной кластеризации

Кластер	X1
1	1,121
2	1,765
3	2,297
4	2,987
5	4,200

После запуска кластеризации центроиды не изменились. В таблице 3 отображается сумма весов, которая равна общему количеству субъектов Российской Федерации, а также внутрикластерная дисперсия. Здесь наиболее

однородным кластером является кластер 4, поскольку он имеет наименьшую внутрикластерную дисперсию. Следовательно, менее однородным кластером является кластер 1.

Таблица 3

Центроиды кластеров на основе алгоритма одномерной кластеризации

Кластер	X1	Сумма весов	Внутрикластерная дисперсия
1	4,200	3,000	0,239
2	2,987	7,000	0,047
3	2,297	25,000	0,039
4	1,765	28,000	0,022
5	1,121	22,000	0,068

Затем представлена таблица 4, суммирующая расстояния между центроидами кластеров. Кластеры 1 и 5 находятся на расстоянии 3,079

пунктов друг от друга. Действительно, центроид кластера 1 равен 1,121, а центроид кластера 5—4,2.

Таблица 4

Расстояния между центрами кластеров на основе алгоритма одномерной кластеризации

	1	2	3	4	5
1	0	1,213	1,903	2,435	3,079
2	1,213	0	0,690	1,222	1,866
3	1,903	0,690	0	0,532	1,176
4	2,435	1,222	0,532	0	0,644
5	3,079	1,866	1,176	0,644	0

Аналогичным образом мы можем изучить центральные объекты каждого кластера (таблицы 5, 6). Центральным объектом первого кластера является Московская область со зна-

чением переменной 4,13, пятого кластера — Чукотский автономный округ со значением переменной 1,090. Это еще раз показывает разрыв между кластерами 1 и 5.

Таблица 5

Центральные объекты на основе алгоритма одномерной кластеризации

Кластер	X1
1 (Московская область)	4,130
2 (Республика Саха (Якутия))	3,110
3 (Кемеровская область)	2,280
4 (Пензенская область)	1,780
5 (Чукотский автономный округ)	1,090

Таблица 6

Расстояния между центральными объектами на основе алгоритма одномерной кластеризации

	1 (Московская область)	2 (Республика Саха (Якутия))	3 (Кемеровская область)	4 (Пензенская область)	5 (Чукотский автономный округ)
1 (Московская область)	0	1,020	1,850	2,350	3,040
2 (Республика Саха (Якутия))	1,020	0	0,830	1,330	2,020
3 (Кемеровская область)	1,850	0,830	0	0,500	1,190
4 (Пензенская область)	2,350	1,330	0,500	0	0,690
5 (Чукотский автономный округ)	3,040	2,020	1,190	0,690	0

Далее необходимо рассмотреть подробные результаты по каждому кластеру (таблица 7), а также по наблюдениям. В каждом кластере от 3 до 28 наблюдений. Как было отмечено выше, внутриклассовая дисперсия показывает, что кластер 4 является наиболее однородным, а кластер 1 — наименее однородным. Минимальное, максимальное и среднее расстояния до центроида дают нам информацию об

интегральном уровне инновационного потенциала мезосистемы, присутствующей в каждом кластере, в сравнении со средним уровнем инновационного потенциала по кластеру. В первом кластере мезосистемы отличаются интегральным уровнем инновационного потенциала в среднем на 0,347 пунктов больше или меньше, чем средний интегральный уровень по кластеру.

Таблица 7

Результаты по кластерам на основе алгоритма одномерной кластеризации

Кластер	1	2	3	4	5
Количество объектов по кластеру	3	7	25	28	22
Сумма весов	3	7	25	28	22
Внутрикластерная дисперсия	0,239	0,047	0,039	0,022	0,068
Минимальное расстояние до центроида	0,070	0,123	0,017	0,015	0,031
Среднее расстояние до центроида	0,347	0,188	0,172	0,130	0,207
Максимальное расстояние до центроида	0,520	0,333	0,343	0,255	0,651

Этап 2. Тестирование алгоритма иерархического кластерного анализа.

Иерархический кластерный анализ проводился на основе следующих методов: для оценки несходства применялось Евклидово расстояние, методом агломерации выступил метод

Уорда, центрирование не проводилось, усечение определялось на основе адаптированного индекса Хартигана.

Агломеративная иерархическая кластеризация показала следующие результаты (таблица 8).

Таблица 8

Результаты по кластерам на основе алгоритма агломеративной иерархической кластеризации

Кластер	1	2	3	4
Количество объектов по кластерам	3	22	38	22
Сумма весов	3	22	38	22
Внутрикластерная дисперсия	0,239	0,098	0,039	0,068
Минимальное расстояние до центроида	0,070	0,004	0,007	0,031
Среднее расстояние до центроида	0,347	0,246	0,167	0,207
Максимальное расстояние до центроида	0,520	0,714	0,343	0,651

Этап 3. Тестирование алгоритма кластеризации k-средних при $k = 3$.

Кластеризация k-средних проводилась на основе следующих методов:

- метод: Евклидово расстояние;
- критерий кластеризации: детерминант (W);

— условия остановки: итерации = 500 / сходимость = $1E-05$;

— количество кластеров: от 3 до 5.

Кластеризация k-средних при $k = 3$ показала следующие результаты (таблица 9).

Таблица 9

Результаты по кластерам на основе алгоритма кластеризации k -средних при $k = 3$

Кластер	1	2	3
Количество объектов по кластерам	10	41	34
Сумма весов	10	41	34
Внутрикластерная дисперсия	0,428	0,069	0,102
Минимальное расстояние до центроида	0,031	0,013	0,044
Среднее расстояние до центроида	0,509	0,218	0,261
Максимальное расстояние до центроида	1,369	0,507	0,826

Этап 4. Тестирование алгоритма кластеризации k -средних при $k = 4$.

Кластеризация k -средних при $k = 4$ показала следующие результаты (таблица 10).

Таблица 10

Результаты по кластерам на основе алгоритма кластеризации k -средних при $k = 4$

Кластер	1	2	3	4
Количество объектов по кластерам	6	20	37	22
Сумма весов	6	20	37	22
Внутрикластерная дисперсия	0,396	0,047	0,037	0,068
Минимальное расстояние до центроида	0,047	0,004	0,015	0,031
Среднее расстояние до центроида	0,497	0,182	0,163	0,207
Максимальное расстояние до центроида	1,017	0,366	0,335	0,651

Этап 5. Тестирование алгоритма кластеризации k -средних при $k = 5$.

Кластеризация k -средних при $k = 5$ показала следующие результаты (таблица 11).

Таблица 11

Результаты по кластерам на основе алгоритма кластеризации k -средних при $k = 5$

Кластер	1	2	3	4	5
Количество объектов по кластерам	3	13	24	26	19
Сумма весов	3	13	24	26	19
Внутрикластерная дисперсия	0,239	0,070	0,024	0,024	0,063
Минимальное расстояние до центроида	0,070	0,032	0,012	0,014	0,015
Среднее расстояние до центроида	0,347	0,211	0,128	0,129	0,198
Максимальное расстояние до центроида	0,520	0,522	0,272	0,286	0,605

Этап 6. Тестирование алгоритма нечеткой кластеризации k -средних.

Применение алгоритма нечеткой кластеризации k -средних показано следующие результаты (таблица 12).

Таблица 12

Результаты по кластерам на основе алгоритма нечеткой кластеризации k -средних

	Кластер 1	Кластер 2	Кластер 3	Кластер 4	Кластер 5
Размер	17	28	6	5	29
Внутри кластера	0,004	0,002	0,005	0,025	0,006
Минимальное расстояние до центроида	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Максимальное расстояние до центроида	0,037	0,024	0,030	0,156	0,019
Среднее расстояние до центроида	0,012	0,007	0,022	0,040	0,011

Этап 7. Расчет силуэтного коэффициента для каждого алгоритма.

Для оценки качества результатов кластеризации социально-экономических систем Российской Федерации по уровню управления инновационным потенциалом в матрице сбалан-

сированного научно-технического развития применяется метрика силуэтного коэффициента. Данная оценка проводилась на основе индикаторов, характеризующих измерение региональных инноваций с помощью инновационного потенциала с учетом понятия «силуэтный коэффициент».

Средний силуэтный коэффициент — это среднее по всем наблюдениям для следующей формулы, вычисляемой для каждого наблюдения:

$$(B - A) / \max(A, B), \quad (1.1)$$

где A — расстояние от наблюдения до центраида того кластера, к которому отнесено данное наблюдение;

B — минимальное расстояние от этого наблюдения до центроидов остальных кластеров. Значение данного показателя варьируется от -1 (показатель очень плохой модели) до 1 (показатель очень хорошей модели) [12].

Силуэтные коэффициенты для всех примененных алгоритмов кластеризации представлены в таблице 13.

Таблица 13

Силуэтные коэффициенты для всех примененных алгоритмов кластеризации

Алгоритм кластеризации	a	b	Силуэтный коэффициент
Алгоритм одномерной кластеризации	0,209	0,051	-0,7545
Алгоритм иерархического кластерного анализа	0,242	0,028	-0,8841
Алгоритм кластеризации k-средних при k = 3	0,329	0,029	-0,9106
Алгоритм кластеризации k-средних при k = 4	0,262	0,024	-0,9077
Алгоритм кластеризации k-средних при k = 5	0,202	0,029	-0,8591
Алгоритм нечеткой кластеризации k-средних	0	0,018	-0,9926

Этап 8. Принятие решения о наиболее эффективном алгоритме кластеризации

По результатам анализа силуэтных коэффициентов можно сделать вывод, что наиболее эффективными методами построения алгоритма являются применение одномерной и самое главное, агломеративной иерархической кластеризации, так как силуэтный коэффициент при данном методе максимален.

Достоинством этого метода является то, что все социально-экономические мезосистемы Российской Федерации могут быть классифицированы по уровню управления инновационным потенциалом в матрице сбалансированного научно-технического развития на пять групп кластеров (сильные инноваторы (3 социально-экономических мезосистемы Российской Федерации), средне-сильные инноваторы (7 социально-экономических мезосистем Российской Федерации), средние инноваторы (25 социально-экономических мезосистем Российской Федерации), средне-слабые инноваторы (28 социально-экономических мезосистем Российской Федерации), слабые инноваторы (22 социально-экономических мезосистем Российской Федерации)).

Заключение

Более детальный анализ аспектов развития процесса управления инновационным потенциалом позволяет расширить дифференциацию моделей и методов государственного регулирования, в зависимости от типа и характера регионального развития с учетом уровня и использования инновационного потенциала региональных социально-экономических систем.

Полученная классификация позволит детально описать перспективные направления

совершенствования процесса управления инновационным потенциалом региональных социально-экономических систем Российской Федерации для каждого выделенного типа, структурировать региональную экономику, акцентируя финансовые потоки на ускоренном росте инновационных и высокопроизводительных секторов в регионах.

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.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мандель И. Д. Кластерный анализ / И. Д. Мандель. — Москва, 1988.
2. Бериков В. С. Современные тенденции в кластерном анализе / В. С. Бериков, Г. С. Лбов // Всероссийский конкурсный отбор обзорно-аналитических статей по приоритетному направлению «Информационно-телекоммуникационные системы». 2008.
3. Pino R. M. Regional innovation systems: Systematic literature review and recommendations for future research / R. M. Pino, A. M. Ortega // Cogent Business and Management. — 2018. — V. 5. — P. 1463606. — DOI: 10.1080/23311975.2018.1463606.
4. Маркова Е. С. Классификация методов региональной кластеризации / Е. С. Маркова // Социально-экономические явления и процессы. — 2013. — № 9 (055). — URL: [https://cyberleninka.ru/article/n/klassifikatsiya-metodov-](https://cyberleninka.ru/article/n/klassifikatsiya-metodov)

regionalnoy-klasterizatsii (дата обращения: 04.11.2024).

5. *Nowak-Brzezińska A.* How the Outliers Influence the Quality of Clustering? / A. Nowak-Brzezińska, I. Gaibei // *Entropy* 2022, 24, 917. — <https://doi.org/10.3390/e24070917>.

6. *Brodny J.* Assessing the Level of Innovation of Poland from the Perspective of Regions between 2010 and 2020 / J. Brodny, M. Tutak // *J. Open Innov. Technol. Mark. Complex.* 2022, 8, 190. — <https://doi.org/10.3390/joitmc8040190>.

7. *Лаврикова Н. И.* Формирование эффективной региональной экономической политики в условиях дифференциации индикаторов территориального развития / Н. И. Лаврикова // *Экономические и гуманитарные науки.* — 2023. — № 3 (374). — С. 50—56. — DOI 10.33979/2073-7424-2023-374-3-50-56.

8. *Садиков М. А.* Кластеризация в обеспечении инновационного регионального развития / М. А. Садиков // *Креативная экономика.* — 2021. — Т. 15. № 8. — С. 3183—3194. — doi: 10.18334/ce.15.8.113241.

9. *Чочиева А. С.* Выбор алгоритмов кластеризации / А. С. Чочиева, И. И. Пилецкий // *BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня : сб. материалов VI Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 20—21 мая 2020 года: в 3 ч. Ч. 1 / редкол.: В. А. Богущ [и др.]. — Минск : Бестпринт, 2020. — С. 281—283.*

10. *Чарыкова О. Г.* Региональная кластеризация в цифровой экономике / О. Г. Чарыкова, Е. С. Маркова // *Экономика региона.* — 2019. — Т. 15, вып. 2. — С. 409—419.

11. *Fisher W. D.* On grouping for maximum homogeneity / W. D. Fisher // *Journal of the American statistical Association.* — 1958. — Т. 53. № 284. — С. 789—798.

12. *Азарова Н. А.* Разработка алгоритма классификации социально-экономических систем регионов по уровню управления инновационным потенциалом / Н. А. Азарова // *Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе.* — 2024. — № 2(50). — С. 5—22. — DOI 10.21685/2227-8486-2024-2-1.

LITERATURE

1. *Mandel I. D.* Cluster analysis / I. D. Mandel. — Moscow, 1988.

2. *Berikov V. S.* Modern trends in cluster analysis / V. S. Berikov, G. S. Lbov // *All-Russian competitive selection of review and analytical articles in the priority area «Information and telecommunication systems».* 2008.

3. *Pino R. M.* Regional innovation systems: Systematic literature review and recommendations for future research / R. M. Pino, A. M. Ortega // *Cogent Business and Management.* — 2018. — V. 5. — P. 1463606. — DOI: 10.1080/23311975.2018.1463606.

4. *Markova E. S.* Classification of regional clustering methods / E. S. Markova // *Socio-economic phenomena and processes.* — 2013. — № 9 (055). — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/klassifikatsiya-metodov-regionalnoy-klasterizatsii> (accessed: 11/04/2024).

5. *Nowak-Brzezińska A.* How does the Outliers Influence the Quality of Clustering? / A. Nowak-Brzezińska, I. Gaibei // *Entropy* 2022, 24, 917. — <https://doi.org/10.3390/e24070917>.

6. *Brodny J.* Assessing the Level of Innovation of Poland from the Perspective of Regions between 2010 and 2020 / J. Brodny, M. Tutak // *J. Open Innov. Technol. Mark. Complex.* 2022, 8, 190. — <https://doi.org/10.3390/joitmc8040190>.

7. *Lavrikova N. I.* Formation of an effective regional economic policy in the context of differentiation of indicators of territorial development / N. I. Lavrikova // *Economic and humanitarian sciences.* — 2023. — № 3 (374). — Pp. 50—56. — DOI 10.33979/2073-7424-2023-374-3-50-56.

8. *Sadykov M. A.* Clusterization in ensuring innovative regional development / M. A. Sadykov // *Creative economics.* — 2021. — Volume 15. No. 8. — Pp. 3183—3194. — doi: 10.18334/ce.15.8.113241.

9. *Chochieva A. S.* The choice of clustering algorithms / A. S. Chochieva, I. I. Piletsky // *BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA and high-level analysis : collection of materials of the VI International Scientific and Practical Conference, Minsk, May 20—21, 2020: at 3 p. m. 1 / editorial board.: V. A. Bogush [et al.]. — Minsk : Bestprint, 2020. — Pp. 281—283.*

10. *Charykova O. G.* Regional clustering in the digital economy / O. G. Charykova, E. S. Markova // *The economy of the region.* — 2019. — Vol. 15, issue 2. — Pp. 409—419.

11. *Fisher W. D.* On grouping for maximum homogeneity / W. D. Fisher // *Journal of the American statistical Association.* — 1958. — Vol. 53. No. 284. — Pp. 789—798.

12. *Azarova N. A.* Development of an algorithm for classifying socio-economic systems of regions by the level of management of innovative potential / N. A. Azarova // *Models, systems, networks in economics, technology, nature and society.* — 2024. — № 2 (50). — Pp. 5—22. — DOI 10.21685/2227-8486-2024-2-1.