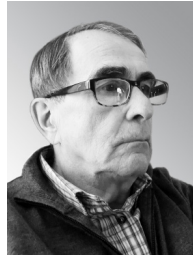




Методика оценки и ранжирования социально-экономического развития моногородов на основе многофакторного анализа фрактальных показателей

С. М. Никоноров¹✉А. И. Кривичев²А. Н. Насонов²И. В. Цветков³

¹ *Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова (г. Москва, Российская Федерация)*

² *Московский государственный университет геодезии и картографии (г. Москва, Российская Федерация)*

³ *Тверской государственный университет (г. Тверь, Российская Федерация)*
✉ nico73@mail.ru

Аннотация

Введение. Оценка урбанизированных территорий с точки зрения их устойчивого развития и рационального использования ресурсно-экологического потенциала остается наиболее востребованной в современных условиях, так как в определенных случаях открывает возможности предупредительного управления антропогенно нарушенными территориями. Цель исследования – с помощью многофакторного анализа социально-экономических показателей моногородов и с использованием системного и фрактального подходов провести ранжирование моногородов по ряду показателей.

Материалы и методы. Исследование выполнено на основе многофакторного анализа социально-экономических показателей моногородов, с использованием системного и фрактального подходов. Проанализированы существующие методики оценки социально-экономического устойчивого развития региона и разработки интегральных региональных индикаторов. Использована авторская методика, которую можно рассматривать как развитие существующих методик и разработку новых методов индикации и ранжирования социально-экономических процессов с точки зрения их устойчивости.

Результаты исследования. Разработана новая методика социально-экономической оценки и ранжирования моногородов на основе многофакторного анализа фрактальных показателей их жизнеобеспечения: социальных, экономических, ресурсно-экологических. С помощью предлагаемой методики проведено ранжирование моногородов Архангельской области по интегрированному фрактальному показателю классов социально-экономических процессов, индицирующих качество жизнеобеспечения рассматриваемых моногородов, потенциальные риски и устойчивость их развития.

Обсуждение и заключение. Разработанная методика верифицирует и дополняет существующие критерии перевода моногородов из одной категории в другую. За счет введения определенных показателей она позволяет оценить устойчивость социально-экономического развития моногородов и возможности диверсификации их экономик, а также является полезным практическим инструментом для федеральных, региональных и муниципальных институтов, специализирующихся в вопросах управления развитием территорий.

© Никоноров С. М., Кривичев А. И., Насонов А. Н., Цветков И. В., 2024



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 License.



Ключевые слова: моногород, устойчивое развитие, социально-экономические процессы, индикатор социально-экономического развития, ранжирование уровня социально-экономического развития.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Методика оценки и ранжирования социально-экономического развития моногородов на основе многофакторного анализа фрактальных показателей / С. М. Никоноров [и др.] // Регионология. 2024. Т. 32, № 2. С. 326–344. <https://doi.org/10.15507/2413-1407.127.032.202402.326-344>

Methodology for Assessing and Ranking of the Socio-Economic Development of Single-Industry Towns Based on Multifactor Analysis of Fractal Indicators

S. M. Nikonorov^a ✉, A. I. Krivichev^b, A. N. Nasonov^b, I. V. Tsvetkov^c

^a Moscow State University named after M. V. Lomonosov
(Moscow, Russian Federation)

^b Moscow State University of Geodesy and Cartography
(Moscow, Russian Federation)

^c Tver State University (Tver, Russian Federation)

✉ nico73@mail.ru

Abstract

Introduction. Assessment of urbanized areas in terms of their sustainable development and rational use of resource and environmental potential remains the most demanded in modern conditions, because in certain cases it opens up opportunities for preventive management of anthropogenically disturbed areas. The aim of the study is to rank single-industry towns by a number of indicators by means of multifactor analysis of socio-economic indicators of single-industry towns and using systemic and fractal approaches.

Materials and Methods. The study was carried out on the basis of a multifactor analysis of socio-economic indicators of single-industry towns, using systemic and fractal approaches. Existing methods for assessing the socio-economic sustainable development of a region and developing integrated regional indicators are analyzed. The authors' methodology was used, which can be considered as the development of existing methods and the development of new methods for indicating and ranking socio-economic processes from the point of view of their sustainability.

Results. A new methodology for socio-economic assessment and ranking of single-industry towns has been developed based on multifactor analysis of fractal indicators of their life support: social, economic, resource and environmental. Using the proposed methodology, single-industry towns of the Arkhangelsk Region were ranked according to an integrated fractal indicator of classes of socio-economic processes that indicate the quality of life support of the single-industry towns under consideration, potential risks and the sustainability of their development.

Discussion and Conclusion. The developed methodology verifies and complements the existing criteria for transferring single-industry towns from one category to another. It allows, by introducing certain indicators, to assess the sustainability of the socio-economic development of single-industry towns and the possibility of diversifying their economies, and is also a useful practical tool for federal, regional and municipal institutions specializing in managing the development of territories.

Keywords: single-industry town, sustainable development, socio-economic processes, indicator of socio-economic development, ranking of the level of socio-economic development

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

For citation: Nikonorov S.M., Krivichev A.I., Nasonov A.N., Tsvetkov I.V. Methodology for Assessing and Ranking of the Socio-Economic Development of Single-Industry Towns Based on Multifactor Analysis of Fractal Indicators. *Russian Journal of Regional Studies*. 2024;32(2):326–344. <https://doi.org/10.15507/2413-1407.127.032.202402.326-344>



Введение. В настоящее время особо востребована оценка урбанизированных территорий с точки зрения их устойчивого развития и рационального использования ресурсно-экологического потенциала. Такая оценка открывает возможности предупредительного управления антропогенно нарушенными территориями в случае, когда существует угроза необратимой утраты природного ресурса, являющегося основой развития социально-экономических процессов и качества жизни населения на конкретной территории. К сожалению, существующие средства обработки мониторинговой информации в области социально-экономической безопасности не позволяют фиксировать моменты перехода системы в неустойчивое состояние, что является причиной наступления социально-экономических кризисов, ликвидация которых сопряжена с высокими материальными затратами и снижением качества жизни.

В этих условиях существует насущная необходимость разработки математических инструментов, оперирующих предупредительными индикаторами состояний, на основании которых принимаются своевременные решения об управлении сложившейся негативной ситуацией, чтобы она не переросла в кризисную.

Цель исследования – осуществить оценку возможностей агломеративного развития моногородов на основе новой методики многофакторного анализа фрактальных показателей, провести ранжирование моногородов для эффективного и оптимального принятия управленческих решений.

Обзор литературы. Неравномерность развития моногородов Архангельской области обусловлена миграцией населения на территории с более благоприятными условиями проживания. Это может привести к стагнации развития социально-экономических процессов и, как следствие, деградации территорий. Эта проблема неразрывно связана с вопросами устойчивого развития территорий и индексирования состояний в процессе мониторинга социально-экономических процессов. Анализ исследований и литературы касается различных сфер: экономики, экологии, социума, но не представлен формализованный подход к созданию методики интегрированной оценки и ранжирования социо-эколого-экономического развития моногородов.

В числе исследований по этой проблематике можно выделить публикации с методикой сравнительного анализа способов классификации моногородов России по уровням их социально экономического развития [1–3], а также с методикой оценки возможности агломеративного развития городов, на основе системы расселения, формализуемых моделью Ципфа [4]. Так, Ю. В. Павлов рассматривает проявления неоднородного характера регионального расселения, формализуемые моделью Ципфа и влияющие на уровень социально-экономического развития [4]. В некоторых работах представлен набор индикаторов, позволяющих оценить факторную нагрузку на социально-экономическое развитие региона, на основе статистических показателей¹ [5], а А. П. Соколовым разработана система индикаторов социально-экономического развития на

¹ Dolgova O., Nikitaeva A. Industrial Symbiosis as a Way to Solve Environmental Problems in Regions (on the Example of the Russian Black Sea Area) // BIO Web of Conferences (July 2023). 2023. Vol. 63. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20236303007>



основе статистико-экономических, балансовых и экономико-математических методов². Также учеными анализируются методики, основанные на расчете динамических показателей социально-экономического развития и рейтинговой оценки регионов [6; 7].

В контексте нашего исследования следует также отметить публикации, посвященные моногородам как важным экономическим образованиям Российской Федерации [8–11], а также развитию моногородов конкретных регионов, в том числе зарубежных [12; 13].

У иностранных авторов существует свой подход к теории фракталов [14–16]. Публикация З.-Дж. Ду и соавторов посвящена исследованиям в области кластерной политики в регионах [17]. Полезны для полноты картины устойчивого развития региона и исследования демографических и миграционных процессов в регионе [18]. Международное исследование в области разработки стратегий развития регионов после пандемии коронавирусной инфекции COVID-19 также имеет научный интерес [19].

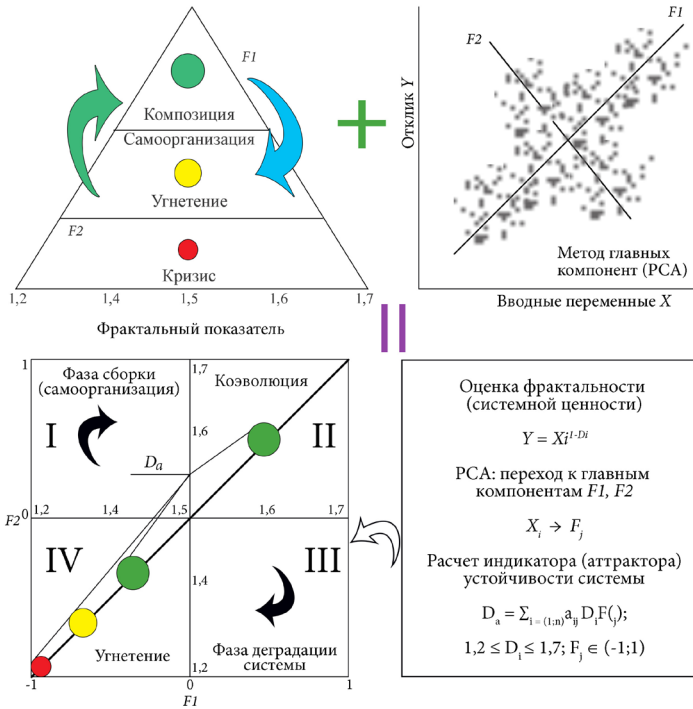
Все указанные научные исследования, как российские, так и зарубежные, представляют собой фрагментарный характер, но позволили нам создать свою комплексную методику оценки моногородов для принятия оптимальных и сбалансированных управленческих решений. В отличие от перечисленных, предлагаемая нами в данной публикации методика позволяет оценить экологический след (аттрактор развития в фазовом пространстве), который определяет возможности агломеративного развития моногородов как единого функционала (триады устойчивого развития).

Материалы и методы. Исследование выполнено на основе многофакторного анализа социально-экономических показателей моногородов с использованием системного и фрактального подходов. Рассмотрены существующие методики оценки социально-экономического устойчивого развития региона и разработки интегральных региональных индикаторов. Предложенную авторами методику можно рассматривать как развитие существующих методик и разработку новых методов индикации и ранжирования социально-экономических процессов с точки зрения их устойчивости. В рамках методики авторами разработана фрактальная модель самоорганизации социально-экономических процессов моногородов.

Синтез модели самоорганизации состоит во фрактальном нормировании фазового пространства в структуре метода главных компонент (РСА), переводящем исчисления функциональных переменных (X_i) социально-экономических процессов в структурные (F_j). Состояние системы в условиях конкуренции факторных нагрузок (F_j) определяет цикл системного развития через механизм самоорганизации и оценивается аттрактором в биполярной системе координат фазового пространства.

При этом диагональ фазового пространства отображает тренд самоорганизации, на котором фиксируется аттрактор системы, начиная от сборки системных компонентов до вырождения, когда система не может оставаться в состоянии гомеостаза (рис. 1).

² Соколов А. П. Индикативное планирование социально-экономического развития региона: на примере Вологодской области : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05. Вологда, 2013. 176 с.



Р и с. 1. Структура фрактальной модели самоорганизации социально-экономических процессов, используемой в методике

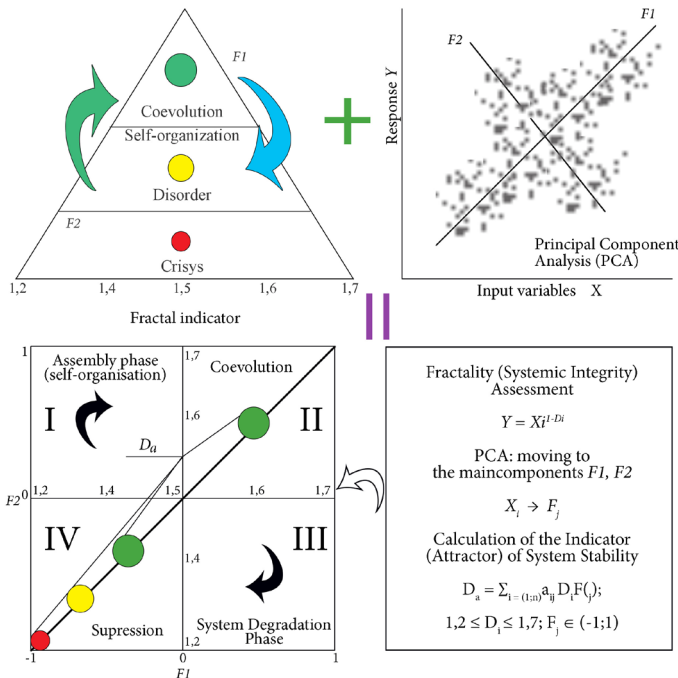


Fig. 1. The structure of the fractal model of self-organization socio-economic processes used in the methodology



Исследование проводилось в несколько этапов. На первом этапе для научного исследования были выбраны моногорода Архангельской области. На втором этапе была поставлена цель – представить все моногорода Архангельской области по трем категориям социально-экономического развития и связать с разработанной авторами фрактальной моделью самоорганизации социально-экономических процессов в моногородах. На третьем этапе разработана шкала устойчивости моногородов в четырехфазном пространстве. На четвертом этапе проведено новое ранжирование моногородов согласно авторской методике. На пятом этапе сделаны выводы о дальнейшем развитии моногородов Архангельской области.

Результаты исследования. Разработана новая методика социально-экономической оценки и ранжирования моногородов на основе многофакторного анализа фрактальных показателей их жизнеобеспечения: социальных, экономических, ресурсно-экологических. Предлагаемая методика ранжирует моногорода по интегрированному фрактальному показателю классов социально-экономических процессов, индицирующих качество жизнеобеспечения рассматриваемых моногородов, потенциальные риски и устойчивость их развития. Расширению информативности представленной методики способствует рассмотрение моногорода или других урбанизированных территорий как сложной нелинейной системы, способной к самоорганизации и сохранению ресурсно-экологического потенциала как базиса социально-экономического развития территории.

Методика основывается на оценке уровня социально-экономического развития в условиях экологических ограничений территории, занимаемой моногородом. Это вписывается в триаду устойчивого развития территорий по базовым категориям их жизнеобеспечения: экология, экономика, социальная среда. Серьезной методологической проблемой при поиске официальных статистических данных по моногородам является «неполноценность информационно-статистической базы в разрезе муниципальных образований» [20].

При таком подходе развитие социально-экономических процессов моногородов рассматривается в условиях экологических ограничений, которые включают сырьевые, природные, человеческие и технологические ресурсы, необходимые для жизнеобеспечения территории, занимаемой моногородом.

Формально среда жизнеобеспечения моногорода, как и других урбанизированных территорий, формируется на основе множества процессов, представленных в таблице 1.

Таблица 1. Множества анализируемых процессов

Table 1. Sets of Analyzed Processes

Вид процесса / Type of process	Анализируемые процессы / Analyzed processes
R1 – Демография / Demographics	Система расселения территории и ее демографические показатели / System of settlement of the territory and its demographic indicators
R2 – Социальная сфера / Social sphere	Социальные процессы, формирующие среду обитания населения и качество его проживания / Social processes that shape the habitat of the population and the quality of its living
R3 – Экономика / Economics	Экономические процессы, формирующие доходность населения и его уровень жизни / Economic processes shaping the income of the population and its standard of living
R4 – Экология / Ecology	Экологические процессы, выступающие ресурсным ограничением социально-экономического развития территории и показателем эффективности использования ресурсов / Environmental processes acting as a resource constraint of socio-economic development of the development territory and an indicator of resource utilization efficiency

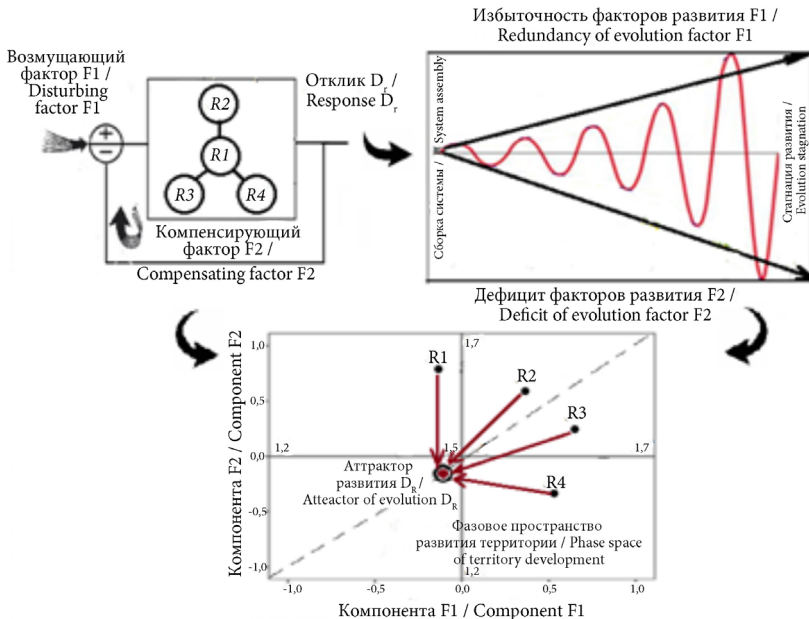
В теоретическом плане социально-экономическая система моногорода рассматривается как сложная система, способная к самоорганизации или адаптации в условиях действия многофакторных внешних и внутренних нагрузок, конкурирующих между собой в динамике.

В плане структурной динамики модель самоорганизации социально-экономической системы может быть представлена биполярной структурой конкурирующих между собой возмущающих факторов внешней среды ($F1$) и внутренних, ресурсных факторов ($F2$), компенсирующих внешнюю нагрузку по схеме отрицательной обратной связи. Такая структура формирует определенный цикл социально-экономического развития моногорода или других урбанизированных территорий, по которому оценивают качество их жизнеобеспечения.

В результате самоорганизации внешних и внутренних процессов система стабилизируется на определенном уровне социально-экономического развития, который в математическом плане отображается аттрактором в фазовом пространстве системных состояний [12].

Аттрактор здесь классически понимается как ограниченная область устойчивых состояний, к которым эволюционирует социально-экономическая система в условиях действующих на нее внешних и внутренних факторных нагрузок.

Оценить размерность аттрактора как математическую свертку многофакторных социально-экономических процессов моногорода в единый интегрированный индикатор позволяет нормирование фазового пространства фрактальными показателями дефицита и избыточности факторов развития (рис. 2).



Р и с. 2. Процесс самоорганизации социально-экономической среды моногорода и его индикации в фазовом пространстве состояний

F i g. 2. Process of self-organization of socio-economic environment of a single-industry town and its indication in the phase space of states



В аналитическом плане результат самоорганизации может быть получен в виде расчета интегрированного фрактального индикатора социально-экономической системы на основе следующего соотношения:

$$D_A = \sum_{j=2}^{i=4} a_{ij} F_j D_i \tag{1}$$

$$1,2 \leq D_i \leq 1,7; F_j \in (-1;1),$$

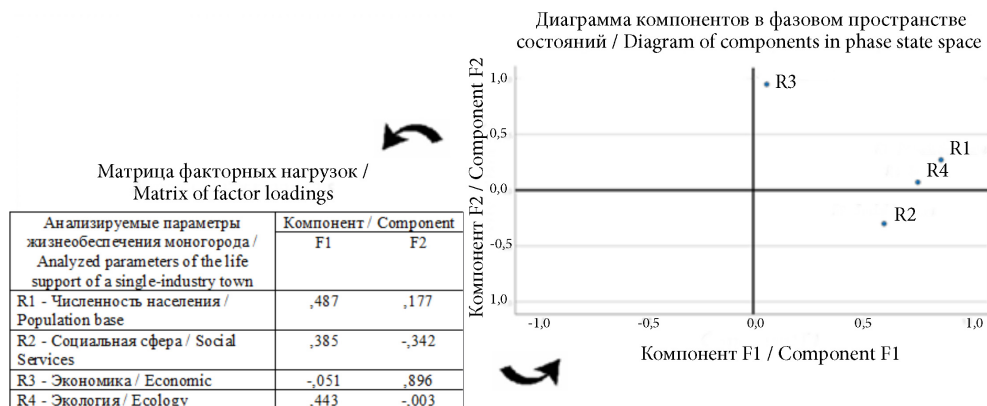
где D_A – интегрированный фрактальный индикатор (аттрактор) социально-экономического развития моногорода; D_i – локальные фрактальные показатели моногорода по выбранным параметрам жизнеобеспечения R_i ; $F_j(D_i)$ – фрактальные показатели факторных нагрузок социально-экономических процессов анализируемого моногорода; a_{ij} – весовые коэффициенты параметров жизнеобеспечения, обеспечивающих сбалансированность факторных нагрузок.

Локальные фрактальные показатели моногорода по выбранным параметрам жизнеобеспечения R_i рассчитываются по временным рядам анализируемых процессов R_1-R_4 на основе соотношения [21]:

$$L(\delta) = L_0 \delta^{1-D}, \tag{2}$$

где $L(\delta)$ – длина кривой временного ряда, D – фрактальный показатель временного ряда, L_0 – длина кривой при $D = 1$.

Весовые коэффициенты параметров жизнеобеспечения, обеспечивающих сбалансированность и структурирование факторных нагрузок, определяются в плагине метода главных компонент (PCA) в структуре SPSS. Пример матрицы факторных нагрузок и ее визуального структурирования в фазовом пространстве представлен на рисунке 3.



Р и с. 3. Матрица факторных нагрузок параметров жизнеобеспечения моногорода и ее диаграмма в фазовом пространстве состояний

F i g. 3. Matrix of factor loadings of life support parameters of a single-industry town and its diagram in the phase space of states

Существенная особенность модели в том, что она работает на всех стадиях социально-экономического развития моногорода, которые можно представить как усложнение структуры социально-экономических отношений в результате усиления факторных нагрузок.

В результате усиления факторных нагрузок социально-экономическое развитие моногорода последовательно проходит стадию коэволюции процессов, когда формируется замкнутый социально-экономический цикл развития в условиях ограниченности экологического ресурса (сырье, население, природные ресурсы, геоэкологическое состояние территории). Далее следует стадия угнетения или социально-экономической напряженности, когда экологический ресурс начинает расходоваться нерационально, что приводит к торможению социально-экономических процессов, вплоть до их стагнации.

Перечисленные стадии (фазы) социально-экономического развития моногорода соответствуют существующим классификационным рангам, формируемым на основе анализа экономической деятельности базового градообразующего предприятия³:

1-й ранг (категория) – высокие экономические риски градообразующих предприятий, связанные с оттоком населения моногорода, значительным сокращением рабочих мест, деградацией социальной инфраструктуры (фаза истощения ресурса, приводящая к стагнации развития);

2-й ранг – средние экономические риски градообразующих предприятий, связанные с торможением социально-экономических процессов, сохранением или частичной утратой рабочих мест, частичным снижением качества обслуживания населения (фаза угнетения или социально-экономической напряженности);

3-й ранг – низкие экономические риски градообразующих предприятий, связанные с устойчивым развитием моногорода без утраты его экологического ресурса (фаза коэволюции социально-экономических процессов).

Очевидно, что из трех стадий развития фаза истощения экологического ресурса, приводящая к стагнации социально-экономической системы моногорода, является наиболее неблагоприятным состоянием, ранжируемым по 1-й категории.

Если появляются факторы риска, приводящие к торможению социально-экономических процессов моногорода, то мы можем ранжировать такое состояние как угнетенное, т. е. система не может самостоятельно справиться с возникшими экономическими рисками только за счет собственных ресурсов. Такие моногорода ранжируются по 2-й категории.

Наиболее благоприятный режим развития моногорода связывают с коэволюцией (устойчивостью) социально-экономических процессов, при которой экологический ресурс расходуется наиболее рационально, что способствует его сохранению. Такие моногорода ранжируются по 3-й категории.

Все множество аналитических решений уравнения (1), определяющих уровни социально-экономического развития моногорода и их ранжирования по выделенным категориям, можно представить в таблице 2.

³ Вертяков А. А. Анализ понятия «моногород» и выделение проблем моногородов // Научные механизмы решения проблем инновационного развития : сб. ст. по итогам междунар. науч.-практ. конф. Стерлитамак, 2018. Ч. 1. С. 56–61.



Т а б л и ц а 2. Аналитические решения по оценке размерностей аттракторов социально-экономических процессов в фазовом пространстве состояний⁴

T a b l e 2. Analytical solutions for estimating the dimensions of attractors of socio-economic processes in the phase space of states

Фрактальный показатель аттрактора развития / Fractal index of the development attractor	Интерпретация решений / Interpretation of decisions	Ранг моногорода / Monocity rank
$r = 0;$ $D_A \rightarrow 1,5$	Баланс факторных нагрузок при сохранении экологического ресурса / Balance of factor loadings while preserving an ecological resource	Теоретический оптимум, относительно которого осуществляется ранжирование социально-экономического уровня развития моногородов / Theoretical optimum against which the socio-economic level of development of single-industry towns is ranked
$0 < r < 1;$ $1,4 \leq D_A \leq 1,6$	Фаза коэволюции социально-экономических процессов, соответствующая рациональному использованию экологического ресурса / Phase of co-evolution of socio-economic processes corresponding to the rational use of environmental resource	Моногорода 3-й категории с низкими экономическими рисками развития градообразующих предприятий / Single-industry towns of the 3 rd category with low economic risks for the development of city-forming enterprises
$0 \ll r < 1;$ $1,2 < D_A < 1,4$	Фаза угнетения или социально-экономической напряженности, появление потенциальных факторов риска, не компенсируемых системой / Phase of oppression or socio-economic tension, emergence of potential risk factors not compensated for by the system	Моногорода 2-й категории со средними экономическими рисками развития градообразующих предприятий / Single-industry towns of the 2 nd category with medium economic risks for the development of city-forming enterprises
$r \rightarrow 1;$ $D_A \rightarrow 1,2$	Фаза истощения экологического ресурса, приводящая к стагнации развития / Phase of ecological resource depletion leading to development stagnation	Моногорода 1-й категории с высокими экономическими рисками развития градообразующих предприятий / Single-industry towns of the 1 st category with high economic risks for the development of city-forming enterprises

В расчете ранжирования уровня социально-экономического развития участвовали семь моногородов Архангельской области: г. п. «Онежское», г. п. «Октябрьское», с. п. «Киземское», г. п. «Североонежское», г. о. «Новодвинск», г. о. «Коряжма», г. о. «Северодвинск». Ряд исследователей отмечают произошедшие за последнее десятилетие негативные изменения в социально-экономическом развитии как Архангельска, так и Архангельской области в целом, которые нуждаются в формальной проверке [22].

Как было отмечено ранее, оценка состояний и ранжирование моногородов основывается на расчете фрактальной размерности социально-экономического аттрактора в фазовом пространстве состояний, который агрегирует в себе все процессы жизнеобеспечения исследуемой территории моногорода (R_1 – R_4) в условиях ресурсно-экологических ограничений.

⁴ Управление устойчивым развитием моногородов. Социо-эколого-экономические индикаторы / С. М. Никоноров [и др.]. М. : ДеЛибри, 2019. 158 с.

Расчет локальных фрактальных показателей моногородов Архангельской области по выбранным параметрам жизнеобеспечения R_1 – R_4 позволил получить следующий результат (табл. 3).

Таблица 3. Локальные фрактальные показатели моногородов Архангельской области
Table 3. Local fractal indicators of single-industry towns in the Arkhangelsk Region

Параметры жизнеобеспечения / Life support options	Моногород / Single-industry towns						
	Онежское / Onezhskoe	Октябрьское / Oktyabrskoe	Киземское / Kizemskoe	Северо-онежское / Severo-onezhskoe	Новодвинск / Novodvinsk	Коряжма / Koryazhma	Северодвинск / Severodvinsk
R1 – Демография / Demographics	1,23	1,15	1,21	1,28	1,29	1,31	1,48
R2 – Социальная сфера / Social sphere	1,24	1,23	1,17	1,26	1,27	1,35	1,39
R3 – Экономика / Economics	1,32	1,12	1,19	1,29	1,35	1,28	1,25
R4 – Экология / Ecology	1,38	1,18	1,35	1,22	1,25	1,39	1,51

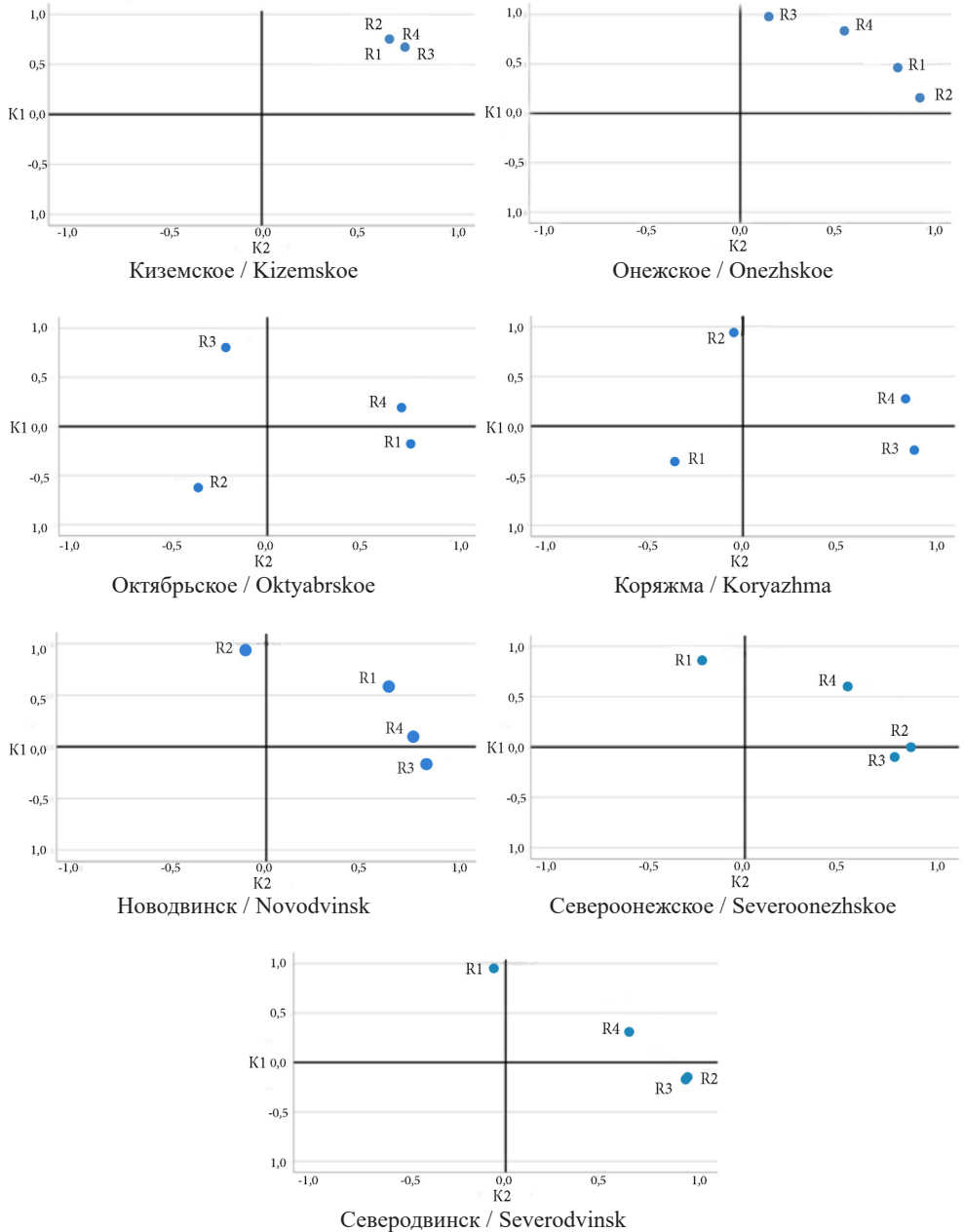
Следующий этап оценки состояний и ранжирования связан с получением матрицы факторных нагрузок и оценкой весовых коэффициентов параметров жизнеобеспечения, способствующих их сбалансированности и структурированию в фазовом пространстве состояний. Для этого используется плагин метода главных компонент (PCA) в структуре SPSS. Эта процедура позволяет перейти от разнородных параметров процессов жизнеобеспечения R_i , представленных в различных измерительных шкалах, к факторным переменным $F1$, $F2$ и оценить их корреляцию в фазовом пространстве состояний.

Диаграмма социально-экономических процессов моногородов отображает срез их структурной сбалансированности в двумерном пространстве на исследуемом временном интервале. Разница структурирования компонентов, представленная в таблице 4, указывает на различие ресурсно-экологической эксплуатации территории, определяющее ее социально-экономическое развитие.

Результат структурирования социально-экономических процессов моногородов Архангельской области представлен на рисунке 4.

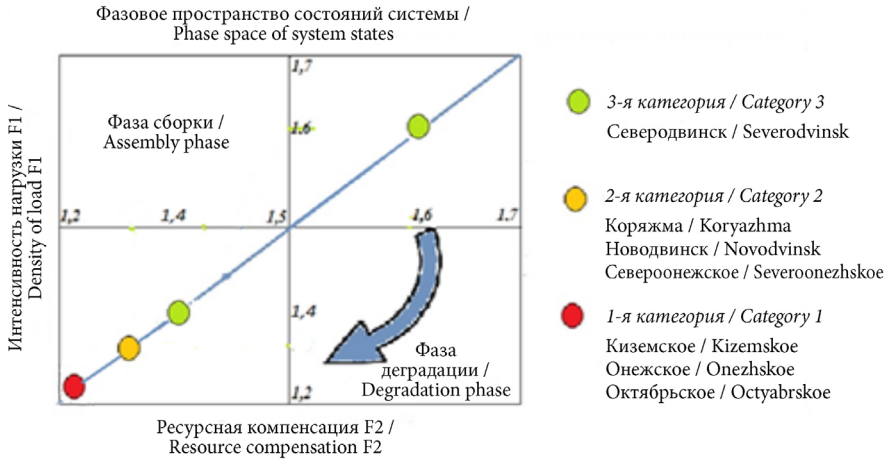
Теперь мы имеем все исходные данные, чтобы на основе уравнения (1) рассчитать фрактальные показатели аттракторов социально-экономических процессов для анализируемых моногородов Архангельской области, сравнить их между собой и дать соответствующую интерпретацию.

Решение модели (1) может быть реализовано как в графическом (рис. 5), так и в аналитическом виде (табл. 4).



Р и с. 4. Структурирование социально-экономических процессов моногородов в фазовом пространстве состояний: K1 – компонент 1, K2 – компонент 2

F i g. 4. Structuring the socio-economic processes of single-industry towns in the phase space of states: K1 – component 1, K2 – component 2



Р и с. 5. Аттракторы социально-экономического развития моногородов Архангельской области в факторном пространстве
F i g. 5. Attractors of socio-economic development of single-industry towns in the Arkhangelsk region in the factor space

Таблица 4. Факторное ранжирование социально-экономического развития моногородов Архангельской области
T a b l e 4. Factor ranking of the socio-economic development of single-industry towns in the Arkhangelsk Region

Моногород / Monocity	Факторное ранжирование / Factor ranking	
	1	2
Киземское / Kizemskoe	$D_A \rightarrow 1,22$. Наиболее неблагоприятное, неустойчивое состояние (1-я категория). Деятельность градообразующего предприятия прекращена (см. табл. 1) / The most unfavorable, unstable condition (category 1). The activity of the city-forming enterprise has been terminated (see Table 1)	
Онежское / Onezhskoe	$D_A \rightarrow 1,23$. Социально-экономическая ситуация близка к неустойчивой. Совокупный уровень риска очень высокий (см. табл. 1) / Socio-economic situation is close to unstable. The overall level of risk is very high (see Table 1)	
Октябрьское / Otyabrskoe	$D_A \rightarrow 1,21$. Социально-экономическая ситуация близка к неустойчивой. Рекомендуется перевести моногород из 2-й категории в 1-ю на основе расчетов по методике SPARK и по авторской методике / Socio-economic situation is close to unstable. It is recommended to transfer a single-industry city from the 2 nd category to the 1 st one based on calculations using the SPARK method and the author's method	
Коряжма / Koryazhma	$D_{RA} \rightarrow 1,3$. Относительно устойчивая социально-экономическая система с небольшим торможением социальных процессов. По градообразующему предприятию совокупный уровень риска низкий. Рекомендовано оставить моногород в 2-й категории / Relatively stable socio-economic system with a slight slowdown in social processes. For the city-forming enterprise, the aggregate level of risk is low. It is recommended to leave the monoton in the 2 nd category	
Новодвинск / Novodvinsk	$D_A \rightarrow 1,3$. Относительно устойчивая социально-экономическая система с торможениями социальных процессов. По градообразующему предприятию совокупный уровень риска низкий. Моногород относится ко 2-й категории, но можно рекомендовать 3-ю / Relatively stable socio-economic system with inhibitions of social processes. For the city-forming enterprise, the aggregate level of risk is low. The monoton belongs to the 2 nd category, but the 3 rd one can be recommended	



Окончание табл. 4 / End of table 4

1	2
Североонежское / Severoonezhskoe	$D_A \rightarrow 1,25$. Неблагоприятная, условно неустойчивая социально-экономическая ситуация. Рекомендуется перевод моногорода из 3-й категории во 2-ю / Unfavorable, conditionally unstable socio-economic situation. It is recommended to transfer the single-industry town from the 3 rd category to the 2 nd category
Северодвинск / Severodvinsk	$D_A \rightarrow 1,4$. Условно благоприятная социально-экономическая ситуация без торможения процессов и с рациональным использованием экологического ресурса / Conditionally favorable socio-economic situation without slowing down processes and rational use of the ecological resource

При ранжировании моногородов Архангельской области полученные аналитические решения сравнивались со множеством решений, представленных в таблице 4. Так, к 3-й, наиболее благоприятной, категории социально-экономического развития относится Северодвинск с достаточно устойчивым социально-экономическим положением и стабильным развитием; ко 2-й – моногорода Коряжма, Новодвинск и рекомендуемый к переводу в нее Североонежск, который ранее находился в 3-й категории; к 1-й, наиболее неблагоприятной, категории социально-экономического развития относятся моногорода Киземское, Онежское, Октябрьский.

Обсуждение и заключение. Существующие факторы риска социально-экономического развития моногородов тормозят социально-экономические процессы вплоть до их стагнации. В таких условиях социально-экономическая система может утратить устойчивость развития. Данные состояния характерны для моногородов первой категории, в которых деятельность градообразующих предприятий либо прекращена, либо находится в крайне неустойчивом состоянии, а диверсификация экономики не производится. На основе предложенной авторами методики социально-экономической оценки и ранжирования моногородов выполнена верификация фрактальной модели социально-экономических процессов моногородов Архангельской области и проведено их ранжирование по категориям моногородов. Разработанный фрактальный индикатор позволяет принимать обоснованные решения о переводе моногородов из одной категории в другую в условиях изменения социально-экономического состояния.

Сформирована новая методика факторного ранжирования моногородов по трем категориям, основанная на оценке размерности аттрактора социально-экономических процессов. При этом в структуре моногородов выделяются три базовых состояния (категории), сменяющих друг друга в динамике:

- 1) благоприятная, без утраты системно-экологического ресурса, отнесенная к 3-й категории моногородов;
- 2) напряженная, с частичной утратой самостоятельно восстанавливаемого системно-экологического ресурса, отнесенная ко 2-й категории моногородов;
- 3) неблагоприятная, с истощением системно-экологического ресурса, отнесенная к 1-й категории моногородов.

Методика факторного ранжирования позволяет структурировать социально-экономические процессы в фазовом пространстве состояний и выделять факторы риска социально-экономического развития моногородов, которые тормозят социально-экономические процессы вплоть до их стагнации, когда

система переходит в неустойчивость. Такие состояния характерны для моногородов 1-й категории, в которых деятельность градообразующих предприятий либо прекращена, либо находится в крайне неустойчивом состоянии, а диверсификация экономики не производится.

Наблюдается корреляция решений между разработанной методикой факторного ранжирования уровня социально-экономического развития моногородов и существующей методикой SPARK, оценивающей финансовые риски градообразующих предприятий моногородов. Разработанная нами методика отличается от существующей тем, что позволяет не только ранжировать уровни социально-экономического развития моногорода, но и выделять параметры риска, потенциально влияющие на устойчивость социально-экономических процессов.

Особенностью разработанной методики является повышение точности ранжирования анализируемых объектов (моногородов) по мере увеличения мощности статистических показателей по выделенным блокам: экономика, экология, социальная сфера. При этом открывается возможность кластеризации объектов в фазовом пространстве со сходными социально-экономическими процессами.

Перспективы развития моногородов Архангельской области, в частности попавших в 1-ю и 2-ю категории социально-экономического развития, основываются на следующих рекомендациях:

- диверсификация экономики, открытие новых производств, совершенствование инженерной и социальной инфраструктуры, создание комфортной среды проживания для населения;

- выделение муниципальных образований, на территории которых расположены исторические поселения, в отдельный вид муниципальных образований с целью выработки особых подходов в формировании межбюджетных отношений для создания в данных муниципальных образованиях комфортной среды проживания и повышения их туристско-рекреационного потенциала;

- изменение схемы распределения налоговых поступлений по специальным режимам налогообложения в пользу бюджетов муниципальных образований, на территории которых расположены исторические поселения;

- пересмотр структуры доходной части бюджета исторических поселений в части налоговых поступлений с зачислением в доход местного бюджета сборов от упрощенной системы налогообложения с нормативом 100 %, собираемых на территории исторического поселения, с последующим направлением их на развитие территории исторического поселения, в том числе на сохранение объектов культурного наследия;

- проработка вопроса финансирования комплексных проектов развития исторических поселений и мероприятий по сохранению их историко-градостроительной среды на уровне Министерства культуры Российской Федерации, Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, Министерства экономического развития Российской Федерации и Министерства финансов Российской Федерации;

- приоритетное финансирование работ по сохранению объектов культурного наследия исторических поселений в рамках конкурсов заявок на федеральном уровне.



Предложенная авторами методика не имеет отечественных и зарубежных аналогов. Основу методики составляет оценка воспроизводимости социально-экономических процессов, позволяющая проводить анализ устойчивости развития моногородов. В плане управления моногородами методика показателями устойчивости и риска развития существенно уточняет и дополняет существующую классификацию моногородов.

Предложенная авторами оригинальная методика, основанная на многофакторном анализе социально-экономических показателей моногородов с использованием системного и фрактального подходов, позволит специалистам и управленцам принимать оптимальные решения по устойчивому развитию и рациональному использованию ресурсного потенциала моногородов России как на федеральном, так и на региональном и муниципальных уровнях управления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бен Р. М. Моногорода Российской Федерации – вопросы о будущем // Архонт. 2019. № 1 (10). С. 107–112. EDN: YZXS RF
2. Ворошилов Н. В., Губанова Е. С. Оценка уровня социально-экономического развития муниципальных образований Вологодской области // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2014. № 6. С. 54–69. <https://doi.org/10.15838/esc/2014.6.36.5>
3. Druzhinin P. V., Shcherbak A. P., Tishkov S. V. Modeling the Interdependence of the Economy and Power Industry Based on Multiplicative Two-Factor Functions // Studies on Russian Economic Development. 2018. Vol. 29, issue 3. Pp. 280–287. <https://doi.org/10.1134/S1075700718030036>
4. Павлов Ю. В. Баланс системы расселения региона: оценка по закону Ципфа и влияние на региональное развитие // Вопросы территориального развития. 2020. Т. 8, № 2. С. 2–14. <https://doi.org/10.15838/tdi.2020.2.52.1>
5. Титова И. Н. Факторный анализ экономического развития областей центрально-черноземного макрорегиона // Вестник Тюменского государственного университета. Социально-экономические и правовые исследования. 2021. Т. 7, № 1 (25). С. 168–187. <https://doi.org/10.21684/2411-7897-2021-7-1-168-187>
6. Аюбов Э. Н. Зарубежный и отечественный опыт оценки уровня социально-экономического развития территорий // Технологии гражданской безопасности. 2022. Т. 19, № 1 (71). С. 36–40. <https://doi.org/10.54234/CST.19968493.2022.19.1.71.8.36>
7. Modeling and Forecasting of Socio-economic Development of the Region / E. A. Stryabkova [et al.] // The Journal of Social Sciences Research. 2018. No. 5. Pp. 404–410. <https://doi.org/10.32861/jssr.spi5.404.410>
8. Лапин А. Е., Вуйко М. Б. Модели регионального развития в Российской Федерации и инвестиционные стратегии // Регионоведение. 2019. Т. 27, № 1. С. 10–29. <https://doi.org/10.15507/2413-1407.106.027.201901.010-029>
9. Панова Е. А., Андрюшина Е. В. Российские моногорода: факторы развития социально-политических конфликтов // Государственное управление. Электронный вестник. 2021. № 88. С. 134–145. <https://doi.org/10.24412/2070-1381-2021-88-134-145>
10. Фролов А. А. Моногорода как традиционный элемент российской экономической системы: историко-политологический аспект // Вопросы национальных и федеративных отношений. 2023. Т. 13, № 10 (103). С. 4185–4197. EDN: AVXFWR
11. Шаститко А. Е., Фатихова А. Ф. Моногорода России: возможные варианты развития // Государственное управление. Электронный вестник. 2019. № 76. С. 109–135. <https://doi.org/10.24411/2070-1381-2019-10006>
12. Секушина И. А. Состояние социальной инфраструктуры малых и средних городов Республики Коми // Социальное пространство. 2019. № 3 (20). <https://doi.org/10.15838/sa.2019.3.20.3>
13. Александрова М. В. Моногорода ресурсного типа в КНР: исторический экскурс и актуальные проблемы // Российское китаеведение. 2023. Т. 4, № 3. С. 33–52. <https://doi.org/10.48647/ISSA.2023.12.82.003>



14. Survey on Fractality in Complex Networks / Y. Huang [et al.] // *Recent Developments in Intelligent Computing, Communication and Devices*. Springer, 2019. Pp. 675–692. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-8944-2>
15. Karmakar A. Fractal Antennas and Arrays: A Review and Recent Developments // *International Journal of Microwave and Wireless Technologies*. 2021. Vol. 13, issue 2. Pp. 173–197. <https://doi.org/10.1017/S1759078720000963>
16. Investigation and Application of Fractal Theory in Cement-Based Materials: A Review / W. Lei [et al.] // *Fractal and Fractional*. 2021. Vol. 5, issue 4. Article no. 247. <https://doi.org/10.3390/fractal-fract5040247>
17. A Trust-similarity Analysis-based Clustering Method for Large-scale Group Decision-making under a Social Network / Z.-J. Du [et al.] // *Information Fusion*. 2019. Vol. 63. Pp. 13–29. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2020.05.004>
18. Tan Z.-X., Cheong K. H. Periodic Habitat Destruction and Migration Can Paradoxically Enable Sustainable Territorial Expansion // *Nonlinear Dynamics*. 2019. Vol. 98. Pp. 1–13. <https://doi.org/10.1007/s11071-019-05094-3>
19. Social Network-based Distancing Strategies to Flatten the COVID-19 Curve in a Post-lockdown World / P. Block [et al.] // *Nature Human Behaviour*. 2020. Vol. 4, issue 6. Pp. 588–596. <https://doi.org/10.1038/s41562-020-0898-6>
20. Насонов А. Н. Классификация экологических рисков нарушения устойчивости экосистемы // *Грозненский естественнонаучный бюллетень*. 2022. Т. 7, № 1 (27). С. 33–43. <https://doi.org/10.25744/genb.2022.55.24.004>
21. Стратегирование развития городских урбосистем на основе мультифрактальной динамики / С. М. Никоноров [и др.] // *Стратегирование: теория и практика*. 2022. Т. 2, № 3. С. 360–376. <http://doi.org/10.21603/2782-2435-2022-2-3-360-376>
22. Моногорода: проблемы и современное развитие / Ю. Г. Волошин [и др.] // *Регион: государственное и муниципальное управление*. 2020. № 1 (21). EDN: GKKHGB

REFERENCES

1. Ben R.M. Company Towns of the Russian Federation – Questions about the Future. *Arkhont*. 2019;(1):107–112. (In Russ., abstract in Eng.) EDN: YZXSFRF
2. Voroshilov N.V., Gubanova E.S. Assessment of the Level of Socio-Economic Development in Municipal Formations of the Vologda Oblast. *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*. 2014;(6):54–69. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.15838/esc/2014.6.36.5>
3. Druzhinin P.V., Shcherbak A.P., Tishkov S.V. Modeling the Interdependence of the Economy and Power Industry Based on Multiplicative Two-Factor Functions. *Studies on Russian Economic Development*. 2018;29(3):280–287. <https://doi.org/10.1134/S1075700718030036>
4. Pavlov Yu.V. Regional Settlement System Balance: Assessment under Zipf's Law and Impact on the Regional Development. *Territorial Development Issues*. 2020;8(2):2–14. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.15838/tdi.2020.2.52.1>
5. Titova I.N. Factor Analysis of the Central Black Earth Macroregion Areas Economic Development. *Tyumen State University Herald. Social, Economic, and Law Research*. 2021;7(1):168–187. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.21684/2411-7897-2021-7-1-168-187>
6. Ayubov E. Foreign and Domestic Experience in Assessing the Level of Socio-Economic Development of Territories. *Civil Security Technology*. 2022;19(1):36–40. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.54234/CST.19968493.2022.19.1.71.8.36>
7. Stryabkova E.A., Glotova A.S., Titova I.N., Lyshchikova J.V., Chistnikova I.V. Modeling and Forecasting of Socio-Economic Development of the Region. *The Journal of Social Sciences Research*. 2018;(5):404–410. <https://doi.org/10.32861/jssr.spi5.404.410>
8. Lapin A.E., Vuiko M.B. Models of Regional Development in the Russian Federation and Investment Strategies. *Russian Journal of Regional Studies*. 2019;27(1):10–29. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.15507/2413-1407.106.027.201901.010-029>
9. Panova E.A., Andryushina E.V. Russian Monotowns: Factors of Socio-Political Conflicts Extension. *Public Administration. E-Journal*. 2021;(88):134–145. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.24412/2070-1381-2021-88-134-145>



10. Frolov A.A. Single-Industry Towns as a Traditional Element of the Russian Economic System: Historical and Political Aspects. *Issues of National and Federative Relations*. 2023;13(10):4185–4197. (In Russ., abstract in Eng.) EDN: AVXFWR
11. Shastitko A.E., Fatikhova A.F. Company Towns in Russia: Some Thoughts on Development Alternatives. *Public Administration. E-Journal*. 2019;(76):109–135. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.24411/2070-1381-2019-10006>
12. Sekushina I.A. The Social Infrastructure in Small and Medium Cities in the Komi Republic. *Social Area*. 2019;(3). (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.15838/sa.2019.3.20.3>
13. Aleksandrova M.V. Resource-Based Cities of the PRC: Historical Background and Issues. *Russian China Studies Scientific Journal*. 2023;4(3):33–52. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.48647/ICCA.2023.12.82.003>
14. Huang Y., Zhang S., Bao X.-L., Yao M.-H., Wang Y. Survey on Fractality in Complex Networks. In: Patnaik S., Jain V. *Recent Developments in Intelligent Computing, Communication and Devices*. Springer; 2019. Pp. 675–692. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-8944-2>
15. Karmakar A. Fractal Antennas and Arrays: A Review and Recent Developments. *International Journal of Microwave and Wireless Technologies*. 2021;13(2):173–197. <https://doi.org/10.1017/S1759078720000963>
16. Lei W., Zeng X., Yang H., Lv X., Guo F., Shi Y., et al. Investigation and Application of Fractal Theory in Cement-Based Materials: A Review. *Fractal and Fractional*. 2021;5(4):247. <https://doi.org/10.3390/fractalfract5040247>
17. Du Z.-J., Luo H.-Y., Lin X.-D., Yu S.-M. A Trust-Similarity Analysis-Based Clustering Method for Large-Scale Group Decision-Making under a Social Network. *Information Fusion*. 2019;63:13–29. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2020.05.004>
18. Tan Z.-X., Cheong K.H. Periodic Habitat Destruction and Migration Can Paradoxically Enable Sustainable Territorial Expansion. *Nonlinear Dynamics*. 2019;98:1–13. <https://doi.org/10.1007/s11071-019-05094-3>
19. Block P., Hoffman M., Raabe I.J., Dowd J.B., Rahal C., Kashyap R., et al. Social Network-Based Distancing Strategies to Flatten the COVID-19 Curve in a Post-Lockdown World. *Nature Human Behaviour*. 2020;4(6):588–596. <https://doi.org/10.1038/s41562-020-0898-6>
20. Nasonov A.N. Classification of Environmental Risks Disturbance to Ecosystem Resilience. *Grozny Natural Science Bulletin*. 2022;7(1):33–43. <https://doi.org/10.25744/genb.2022.55.24.004>
21. Nikonov S.M., Krivichev A.I., Nasonov A.N., Tsvetkov I.V. Development Strategizing of Urban Systems Based on Multifractal Dynamics. *Strategizing: Theory and Practice*. 2022;2(3):360–376. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.21603/2782-2435-2022-2-3-360-376>
22. Voloshin U.G., Malakhova O.A., Podvalny E.S., Vorobyova S.A. Monogorod: Problems and Modern Development. *Region: gosudarstvennoe i munitsipalnoe upravlenie*. 2020;(1):2. EDN: GKKHGB

Об авторах:

Никоноров Сергей Михайлович, доктор экономических наук, профессор кафедры экономики природопользования экономического факультета Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова (119991, Российская Федерация, г. Москва, Ленинские горы, д. 1), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8205-2140>, Scopus ID: 56818917500, nico.73@mail.ru

Кривичев Александр Иванович, кандидат экономических наук, доцент кафедры управления недвижимостью и развитием территорий Московского государственного университета геодезии и картографии (105064, Российская Федерация, г. Москва, Гороховский пер., д. 4), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4971-5264>, Researcher ID: V-5920-2017, krivichev@bk.ru

Насонов Андрей Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры управления недвижимостью и развитием территорий Московского государственного университета геодезии и картографии (105064, Российская Федерация, г. Москва, Гороховский пер., д. 4), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7201-3407>, Scopus ID: 6701836873, adn22@yandex.ru

Цветков Илья Викторович, доктор технических наук, профессор кафедры общей математики и математической физики Тверского государственного университета (170100, Российская Федерация, г. Тверь, ул. Желябова, д. 33), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5284-880X>, Scopus ID: 56186407300, mancu@mail.ru

*Заявленный вклад авторов:*

С. М. Никоноров – обзор литературы; проведение экспериментального исследования; анализ и обобщение результатов исследования; подготовка первоначального варианта статьи.

А. И. Кривичев – концепция статьи; проведение экспериментального исследования; обзор литературы; анализ и обобщение результатов исследования; критический анализ и доработка текста.

А. Н. Насонов – проведение экспериментального исследования; анализ и обобщение результатов исследования; критический анализ и доработка текста.

И. В. Цветков – проведение экспериментального исследования; анализ и обобщение результатов исследования; критический анализ и доработка текста.

Доступность данных и материалов. Наборы данных, использованные и/или проанализированные в ходе текущего исследования, можно получить у авторов по обоснованному запросу.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Поступила в редакцию 02.09.2023; поступила после рецензирования 09.11.2023; принята к публикации 22.11.2023.

About the authors:

Sergey M. Nikonorov, Dr.Sci. (Econ.), Professor of the Chair of Environmental Economics, Lomonosov Moscow State University (1 Leninskie Gory, Moscow 119991, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8205-2140>, Scopus ID: 56818917500, nico.73@mail.ru

Alexander I. Krivichev, Cand.Sci. (Econ.), Associate Professor, Chair of Real Estate Management and Territory Development, Moscow State University of Geodesy and Cartography (4 Gorokhovskiy Pereulok, Moscow 105064, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4971-5264>, Researcher ID: V-5920-2017, krivichev@live.ru

Andrey N. Nasonov, Cand.Sci. (Eng.), Associate Professor, Chair of Real Estate Management and Territory Development, Moscow State University of Geodesy and Cartography (4 Gorokhovskiy Pereulok, Moscow 105064, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7201-3407>, Scopus ID: 6701836873, adn22@yandex.ru

Ilya V. Tsvetkov, Dr.Sci. (Eng.), Professor of the Chair of General Mathematics and Mathematical Physics, Tver State University (33 Zhelyabova St., Tver 170100, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5284-880X>, Scopus ID: 56186407300, mancu@mail.ru

Contribution of the authors:

S. M. Nikonorov – conducting a literature review; conducting an experimental study; analysis and synthesis of research results; drafting the initial version of the article.

A. I. Krivichev – concept of the article; conducting an experimental study; work with literature; analysis and generalization of the results of the study; work with the text of the manuscript.

A. N. Nasonov – conducting an experimental study; analysis and generalization of the results of the study; work with the text of the manuscript.

I. V. Tsvetkov – conducting an experimental study; analysis and generalization of the results of the study; critical analysis and revision of the text.

Availability of data and materials. The datasets used and/or analyzed during the current study are available from the authors on reasonable request.

The authors have read and approved the final manuscript.

Submitted 02.09.2023; revised 09.11.2023; accepted 22.11.2023.