

Научная статья

УДК 332.053, 519.2

JEL: C11, C81, R13

<https://doi.org/10.18184/2079-4665.2025.16.2.255-276>

Моделирование системной сбалансированности региональной экономики в условиях неопределенности

Жуков Роман Александрович¹

¹ Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации; Москва, Россия

¹ pluszh@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2280-307X>

Аннотация

Цель статьи заключается в разработке модели для оценки и анализа системной сбалансированности региональной экономики на основе методологии байесовских интеллектуальных измерений в рамках пространственно-временной классификации экономических систем.

Методы. В работе использовались методы системного анализа, корреляционного анализа и методология байесовских интеллектуальных измерений, применяемая в условиях неопределенности, неточности и неполноты данных.

Результаты работы. Разработана расширяемая иерархическая информационная модель региональной экономики, предоставляющая возможность оценить уровень сбалансированности экономических подсистем, составляющими которых являются элементы, характеризующиеся результативными признаками – объемами валового регионального продукта по видам экономической деятельности. Применена методика определения норм для результативных признаков в трех вариантах: по среднему, с учетом влияющих факторов и с учетом взвешенных (посредством оценки корреляционных зависимостей) влияющих факторов, характеризующих условия функционирования элементов экономической системы и их неопределенность. Системная сбалансированность определяется посредством коэффициента гармоничности для экономических подсистем 4-х типов с лингвистическими представлениями. На основе данных за 2017–2022 гг. построены модели для 17-ти областей Центрального федерального округа, каждая из которых включает 19 частных и 5 интегральных результативных признаков, а также 55 факторных признаков. Оценены и проанализированы системные сбалансированности региональных экономик областей Центрального федерального округа.

Выводы. Предложенная модель и методика оценки системной сбалансированности региональной экономики дают возможность адекватно оценить и проанализировать ее состояние в условиях неопределенности и неполноты данных для субъектов Российской Федерации. Выявлено, что при общем снижении некоторых результативных признаков за последний период оценки экономика областей находится в сбалансированном и близком к нормам состоянии, хотя риск потери такого положения достаточно велик.

Ключевые слова: системная сбалансированность экономики, байесовские интеллектуальные измерения, модель, пространственно-временная классификация, программная платформа

Благодарность. Статья подготовлена по результатам исследований, выполненных за счет бюджетных средств по государственному заданию Финансового университета.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Жуков Р. А. Моделирование системной сбалансированности региональной экономики в условиях неопределенности // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2025. Т. 16. № 2. С. 255–276

EDN: <https://elibrary.ru/luvrfu>. <https://doi.org/10.18184/2079-4665.2025.16.2.255-276>

© Жуков Р. А., 2025



Original article

Modeling the systemic balance of the regional economy under conditions of uncertainty

Roman A. Zhukov¹¹ Financial University under the Government of the Russian Federation; Moscow, Russia¹ pluszh@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2280-307X>

Abstract

Purpose: of the article is to develop the model for assessing and analyzing the systemic balance of the regional economy using the methodology of Bayesian intelligent measurements and the spatiotemporal classification of the economic systems.

Methods: the article utilized the methods of system analysis, correlation analysis, and Bayesian intelligent measurement methodology. These approaches were applied in conditions of uncertainty, inaccuracy, and incompleteness of data.

Results: the extensible hierarchical information model of the regional economy has been developed, which makes it possible to assess the level of balance of economic subsystems, the components of which are elements characterized by resultative characteristics – the GDP by region by type of economic activity. The methodology for determining the norms for performance characteristics is applied in three variants: on the average, taking into account influencing factors and taking into account weighted (by assessing correlation dependencies) influencing factors characterizing the operating conditions of the elements of the economic system and their uncertainty within the framework of spatiotemporal classification. The system balance is determined by the harmony coefficient for four types economic subsystems with linguistic representations. Based on the data for 2017–2022, models were built for 17 regions of the Central Federal District, each of which includes 19 partial and 5 integral performance characteristics, as well as 55 factor characteristics. The systemic balances of the economies of the Central Federal District regions are assessed and analyzed.

Conclusions and Relevance: the proposed model and methodology for assessing the systemic balance of the regional economy makes it possible to adequately assess and analyze its state in conditions of uncertainty and incompleteness of data for the subjects of the Russian Federation. It has been revealed that with the general decrease in some performance indicators over the last assessment period, the economy of the regions is in a balanced and close to normal state, although the risk of losing this position is quite high.

Keywords: systemic balance of the economy, Bayesian intelligence measurements, model, spatiotemporal classification, software platform

Acknowledgments. The article was prepared based on the results of research carried out at the expense of budgetary funds on the state assignment of the Financial University.

Conflict of Interest. The author declares that there is no Conflict of Interest.

For citation: Zhukov R. A. Modeling the systemic balance of the regional economy under conditions of uncertainty. *MIR (Modernization. Innovation. Research)*. 2025; 16(2):255–276. (In Russ.)

EDN: <https://elibrary.ru/luvrfu>. <https://doi.org/10.18184/2079-4665.2025.16.2.255-276>

© Zhukov R. A., 2025

Введение

Системная сбалансированность региональной экономики, под которой мы будем понимать уровень соответствия результатов функционирования подсистем и элементов экономической подсистемы (составляющей социо-эколого-экономической системы, далее СЭЭС, как субъекта Российской Федерации) нормативным значениям, а также между собой в рамках таких отношений, является одним из ключевых индикаторов устойчивого развития Российской Федерации. Несбалансированность негативно воздействует на экономический рост, равновесность производства и потребления, уровень жизни населения и его расслоение, что впоследствии может привести к нестабильному социально-экономическому положению и потере

эффективного управления государством в целом. В этом аспекте изучение системной сбалансированности приобретает особую актуальность на фоне современных экономических, социальных, политических тенденций и агрессивного внешнего давления.

На сбалансированность оказывает влияние множество факторов (условий), характерных для конкретного элемента, подсистемы и системы в целом в разные периоды времени. Это подразумевает необходимость их учета при оценке и анализе региональной экономики, построении нормативов для ее структурных элементов с целью формирования управленческих решений, направленных на устранение выявленных дисбалансов за счет изменения конкретных условий функционирования субъектов

экономики. Кроме того, влияющие факторы, так же, как и результаты функционирования структурных элементов системы, обладают информационной неопределенностью, связанной с неполнотой и неточностью данных, что приводит к проблеме адекватной оценки функционирования субъектов Российской Федерации с учетом таких условий. В этом аспекте необходимо принимать во внимание такую неопределенность при оценке системной сбалансированности региональной экономики, что возможно осуществить на основе методологии байесовских интеллектуальных измерений (БИИ) и применения методов моделирования с использованием современных инструментальных средств оценки и анализа данных. В отличие от других методологий, используемых при моделировании социально-экономических процессов и систем, БИИ дает возможность построить вероятностные оценки их состояния и функционирования на основе динамических норм, сформированных с учетом конкретных условий, характерных для каждого из структурных элементов рассматриваемой системы в рамках сконструированной модели.

Цель исследования заключается в построении модели региональной экономической подсистемы на базе новой теории экономических систем и методологии байесовских интеллектуальных измерений для оценки и анализа системной сбалансированности экономики.

Задачами исследования являются:

- построение расширяемой информационной модели региональной экономики с использованием пространственно-временной классификации в рамках новой теории экономических систем;
- разработка системы динамических нормативов, включая нормативы, учитывающие влияющие факторы и характер их влияния на результаты функционирования элементов экономической подсистемы;
- оценка и анализ системной сбалансированности экономики на основе построенной модели на примере областей Центрального федерального округа (ЦФО).

Объект исследования – сбалансированность региональной экономики как экономической подсистемы субъекта Российской Федерации.

Предметом исследования является влияние факторов на результаты функционирования экономических субъектов и системную сбалансированность региональной экономики в условиях неопределенности.

Демонстрация полученных оценок и результатов проведена на примере регионов Центрального федерального округа.

Обзор литературы и исследований

Посвященные изучению сбалансированности экономики исследования связаны с развитием и анализом теоретико-методологических подходов [1–3], понятийно-терминологического аппарата [4–6], с описанием сбалансированности посредством таких дефиниций как «согласованность», «соответствие», «пропорциональность» [7]. Сбалансированность экономики часто связывают с устойчивым развитием и определяют как его составляющую [8–10]. Оценку сбалансированности осуществляют посредством частных (для элементов) [11] и интегральных показателей (для подсистем и системы в целом) [12, 13]. Так, Б.М. Гринчель анализирует сбалансированность на основе 4-х обобщенных индикаторов и 1-го интегрального в контексте конкурентной привлекательности регионов [14]. Кроме того, при формировании таких индикаторов нередко используют методы экономико-математического моделирования [14–16], в частности, в анализе изменения уровня сбалансированности при переходе к альтернативным источникам энергии [17]. Нельзя не отметить исследование коллектива авторов из УрО РАН и Челябинского государственного университета в области управления сбалансированным и устойчивым развитием регионов [18]. Особое место в ряду научных исследований в области системной сбалансированности занимают работы Г.Б. Клейнера, предложившего оценивать ее с помощью индекса системной сбалансированности [19] на основе пространственно-временной классификации (объектная, средовая, проектная и процессная подсистемы). Такую классификацию возможно использовать в решении ряда экономических задач [20–22]. Например, она применяется при изучении цикличности в системной экономике [23]. В работе [24] авторы в координатах пространства-времени анализируют межуровневую сбалансированность мезо- и микроэкономики, первая из которых может являться источником экономического роста. А.А. Никонова использует пространственно-временную классификацию в качестве инструмента для описания структуры социально-экономической системы при анализе возможных путей сохранения ее сбалансированности и гармонии в кризисных условиях [25]. Данная классификация применяется М.Р. Шамсутдиновой для картирования регионов и разработки стратегий их развития [26].

Анализ исследований показал, что ряд проблем в области моделирования, оценки и анализа сбалансированности региональной экономики остается открытым. Во-первых, это проблемы, связанные с формированием адекватных критериев оценки, в том числе в интегральных оценках. Во-вторых, вопросы, касающиеся построения норм для результатов

функционирования структурных элементов системы и системы в целом, которые дают возможность проводить их корректную оценку и анализ. В-третьих, это проблема учета силы влияния факторов (условий) на такие результаты. Комплексное решение вышеуказанных проблем будет способствовать разработке обоснованных практических рекомендаций по изменению управляемых факторов, направленных на приведение системы в динамическое равновесие. Кроме того, при изучении системной сбалансированности редко учитывается вероятностный характер используемой информации, неполнота и нечеткость данных. Это требует применения соответствующих подходов, инструментов и методов, в том числе байесовского подхода, широко используемого также в зарубежных экономических исследованиях [27, 28], и методологии байесовских интеллектуальных измерений, разработанной С.В. Прокопчиной¹ и успешно применяемой в различных прикладных исследованиях [29, 30]. В отличие от эконометрического моделирования использование БИИ дает возможность строить вероятностные модели, на основании которых удастся методологически обоснованно строить нормы при малых выборках для оценки и анализа результатов функционирования структурных элементов экономической подсистемы, в том числе с учетом влияния множества факторов, число которых не ограничивается количеством имеющихся наблюдений, что является существенным условием при использовании эконометрических методов.

В исследовании мы нацелены применить БИИ в сочетании с системным подходом к построению модели региональной экономики для оценки и анализа ее системной сбалансированности.

Материалы и методы

Для построения модели региональной экономики и дальнейшей оценки системной сбалансированности была использована методология БИИ. Основными преимуществами этой методологии по сравнению другими подходами являются:

- 1) возможность работы с малыми выборками, в том числе при наличии только одного наблюдения;
- 2) учет множества факторов и условий, неограниченных мощностью своих выборок (это, на-

пример, является ограничением при эконометрическом моделировании);

- 3) способность давать вероятностные оценки на сопряженных и лингвистических шкалах, последние из которых обеспечивают сопоставимость оценок разнокачественных и разноуровневых структурных элементов системы, учитывая тем самым неопределенность и неполноту имеющейся априорной информации;
- 4) формирование динамических норм для каждого признака, характеризующего состояние или результат функционирования элемента, подсистемы или системы в целом.

Исследование было разбито на следующие этапы, которые демонстрируют его логику.

1. Определение структурных элементов и результативных признаков, характеризующих такие элементы, в рамках пространственно-временной классификации экономической подсистемы СЭЭС. Экономическая подсистема состоит из 4-х подсистем (объект, среда, процесс, проект – типы) [7]. Каждая из них включает элементы (относятся к одной из 4-х подсистем), характеризующиеся результативными признаками $y_{k,i}(t)$ (k – индекс подсистемы, i – индекс признака), в качестве которых выступают объемы валового регионального продукта (ВРП) в соответствии с ОКВЭД 2² [19]. С целью учета изменения цен используются скорректированные на уровень инфляции и приведенные к уровню 2017 г. значения, в том числе и для влияющих стоимостных факторов, что корректно в силу инвариантности изучаемых объектов или процессов относительно моделей³. Результативные признаки идентифицируются набором из пар чисел $(h_{(-),l}(t); p_{(-),l}^{ap}(t))$ (значение (класс), вероятность); $(\cdot) \equiv y_{k,i}(t); l$ – количество реперов (классов); ap – означает апостериорную вероятность на сопряженных числовой и лингвистической шкалах. Отметим, что лингвистическая шкала разделяется на 9 классов (от предельно ниже нормы до предельно выше нормы) с учетом норм, определяемых на следующем этапе. Значение признака определяется делением заданного диапазона изменения признака на число реперов (классов)⁴.

¹ Прокопчина С.В. Байесовские интеллектуальные технологии в задачах моделирования закона распределения в условиях неопределенности. Москва: ИД «Научная библиотека», 2020. 292 с. EDN: <https://elibrary.ru/spfjvr>

² ОКВЭД 2 – Общероссийский классификатор видов экономической деятельности // Общероссийские классификаторы. URL: <https://classifikators.ru/okved> [дата обращения: 22.01.2025]

³ Жуков Р.А., Плинская М.А., Манохин Е.В. Оценка функционирования регионов на основе производственных функций с приведенными стоимостными факторами // Journal of Applied Economic Research. 2023. Т. 22. № 3. С. 657–682. EDN: <https://elibrary.ru/iytrsp>. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2023.22.3.027>

⁴ Прокопчина С.В. Основы теории шкалирования в экономике: учебное пособие. Москва: ИД «Научная библиотека», 2021. 272 с. EDN: <https://elibrary.ru/dmlfjl>

2. Определение норм для каждого из признаков в трех вариантах: по среднему за рассматриваемый период; с учетом влияющих факторов (условий функционирования элементов системы) $x_{k,i,j}(t)$, где j – индекс влияющего фактора для $y_{k,i}(t)$; с учетом взвешенных влияющих факторов, где в качестве весовых коэффициентов используются парные коэффициенты корреляции.

В первом варианте норматив задается как среднее значений фактора (результативного признака) за рассматриваемые периоды.

Во втором варианте учитываются влияющие факторы.

С этой целью задается интервал изменения результативного признака $y_{k,i}(t)$, который рассматривается как интегральный с нормой по первому варианту. Влияющие факторы $x_{k,i,j}(t)$ задаются аналогично с нормой по первому варианту.

Тогда расчет пар чисел $(h_{y_{k,i},j}(t); \bar{p}_{y_{k,i},j}^{ap}(t))$ (для них используется термин «мягкая норма») осуществляется следующим образом. Значение признака определяется так же, как и на первом этапе, а вероятность $\bar{p}_{y_{k,i},j}^{ap}(t)$ рассчитывается по формуле⁵, аналогичной байесовской свертке⁶:

$$\bar{p}_{y_{k,i},j}^{ap}(t) = \frac{P_{y_{k,i},j}^a(h_{y_{k,i},j}(t-1))P(\tilde{h}_{y_{k,i},j}(t))}{\sum_{j=1}^J P_{y_{k,i},j}^a(h_{y_{k,i},j}(t-1))P(\tilde{h}_{y_{k,i},j}(t))}, \quad (1)$$

где $(t-1)$ характеризует предыдущий период, в котором получены априорные значения для $y_{k,i}(t)$; a – обозначение априорной вероятности (обычно задается одинаковой для каждого из реперов (классов)).

Второй сомножитель в (1) определяется по формуле⁷:

$$P(\tilde{h}_{y_{k,i},j}(t)) = \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J P_{x_{k,i},j}^{ap}(h_{x_{k,i},j}(t) | \bigcup_{s=1}^J h_{x_{k,i},s}(t)), \quad (2)$$

где J – число влияющих факторов.

Для задания числовых значений нормы для результативного признака $y_{k,i}(t)$ используется формула средневзвешенного по вероятностям значения $\bar{p}_{y_{k,i},j}^{ap}(t)$:

$$\bar{y}_{k,i}(t) = \sum_{l=1}^L \tilde{h}_{y_{k,i},l}(t) \cdot \bar{p}_{y_{k,i},l}^{ap}(t), \quad (3)$$

где $L=9$.

В третьем варианте для учета степени влияния каждого из факторов в формулу (2) можно ввести весовые коэффициенты. Тогда свертку с учетом весов можно представить как:

$$P(\tilde{h}_{y_{k,i},j}(t)) = \frac{\sum_{j=1}^J w_{k,i,j} \cdot P_{x_{k,i},j}^{ap}(h_{x_{k,i},j}(t) | \bigcup_{s=1}^J h_{x_{k,i},s}(t))}{\sum_{j=1}^J w_{k,i,j}}, \quad (4)$$

где $w_{k,i,j}$ – весовой коэффициент для фактора $x_{k,i,j}(t)$.

⁵ Жуков Р.А., Прокопчина С.В., Глинская М.А., Желункина М.А. Построение системы динамических нормативов для оценки функционирования сложных систем на примере субъектов Центрального федерального округа // Бизнес-информатика. 2024. Т. 18. № 4. С. 46–60. EDN: <https://elibrary.ru/jdxjve>. <https://doi.org/10.17323/2587-814X.2024.4.46.60>

⁶ Прокопчина С.В., Щербаков Г.А., Ефимов Ю.В. Моделирование социально-экономических систем в условиях неопределенности: учебное пособие. Москва: ИД «Научная библиотека», 2019. 508 с. EDN: <https://elibrary.ru/vtxget>

⁷ Жуков Р.А., Прокопчина С.В., Глинская М.А., Желункина М.А. Построение системы динамических нормативов для оценки функционирования сложных систем на примере субъектов Центрального федерального округа // Бизнес-информатика. 2024. Т. 18. № 4. С. 46–60. EDN: <https://elibrary.ru/jdxjve>. <https://doi.org/10.17323/2587-814X.2024.4.46.60>

В качестве весовых коэффициентов используются парные коэффициенты корреляции между $y_{k,i}(t)$ и $x_{k,i,j}(t)$. В случае, если коэффициент корреляции оказывается отрицательным, то для $x_{k,i,j}(t)$ значения вероятностей инвертируются относительно нормы, а вес принимается положительным $w_{k,i,j} = |w_{k,i,j}|$. Это позволяет учесть степень влияния каждого из факторов $x_{k,i,j}(t)$ на результирующий признак.

Данный этап обеспечил возможность провести корректное сравнение состояний экономической подсистемы и ее элементов и отнести их к одному из возможных классов.

3. Построение иерархической информационной модели региональной экономики с расчетом норм на программной платформе «Инфоаналитик 2.0»⁸, алгоритмы которой базируются на методологии БИИ, на основе данных, полученных из открытых источников для областей Центрального федерального округа (2017–2022 гг.)⁹. Интегральные факторы для подсистем рассчитывались аналогично формулам (1)–(4).

4. Оценка системной сбалансированности, для которой применена методика, включающая расчет коэффициентов гармоничности, определяемые по формуле, аналогичной¹⁰:

$$H_A = 1 - \frac{\sigma(\bar{y}_k^1(t))}{M(\bar{y}_k^1(t))}, \quad (5)$$

где $\bar{y}_k^1(t)$ – модифицированное средневзвешенное значение интегрального фактора $y_k(t)$ для подсистемы k ($k = 1, \dots, 4$ – объектная, средовая, процессная и проектная подсистемы); $M(\bar{y}_k^1(t))$ – среднее; $\sigma(\bar{y}_k^1(t))$ – стандартное отклонение для каждого периода t .

Модификация осуществлялась преобразованием 10-балльной числовой шкалы (интервал шкалы от 0 до 10) с нормой 5, которая сопряжена с лингвистической шкалой (9 классов) таким образом, чтобы норма оказалась равной единице:

$$\bar{y}_k^1(t) = \bar{y}_k(t) / 5, \quad (6)$$

где $\bar{y}_k(t)$ – средневзвешенное значение интегрального фактора $y_k(t)$, определяемое по формуле, аналогичной (3), но примененной для пар значений интегрального фактора.

Чем ближе значение коэффициента гармоничности к единице, тем более сбалансировано функционирование подсистем.

Это дало возможность учесть неопределенность используемой информации.

5. Оценка и анализ системной сбалансированности экономики областей ЦФО, результаты которых могут служить отправной точкой для разработки мер, направленных на устойчивое развитие регионов.

Результаты исследования

Концептуальное описание модели

Будем рассматривать региональную экономику как экономическую подсистему субъекта Российской Федерации, понимаемого как социо-эколого-экономическая система, в виде расширяемой (с возможностью добавления новых факторов) иерархической модели (уровень регион, экономическая подсистема, уровень подсистем в соответствии с пространственно-временной классификацией, уровень элементов подсистем).

Для Центрального федерального округа были включены 17 областей, образующих уровень регион (далее регион и область будем использовать как синонимы). Перечень областей и их номера (далее будем использовать аналогичную нумерацию) представим следующим образом: 1 – Белгородская, 2 – Брянская, 3 – Владимирская, 4 – Воронежская, 5 – Ивановская, 6 – Калужская, 7 – Костромская, 8 – Курская, 9 –

⁸ Жуков Р.А., Прокопчина С.В. Программный комплекс «Инфоаналитик 2.0» Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2024617544, 03.04.2024. Заявка от 10.03.2024. EDN: <https://elibrary.ru/snskuw>

⁹ Регионы России. Социально-экономические показатели // Росстат. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204>; Официальные статистические показатели // ЕМИСС. URL: <https://www.fedstat.ru/>; Таблицы уровней инфляции // Инфляция в России. URL: <https://уровень-инфляции.рф/таблицы-инфляции> (дата обращения: 15.01.2025)

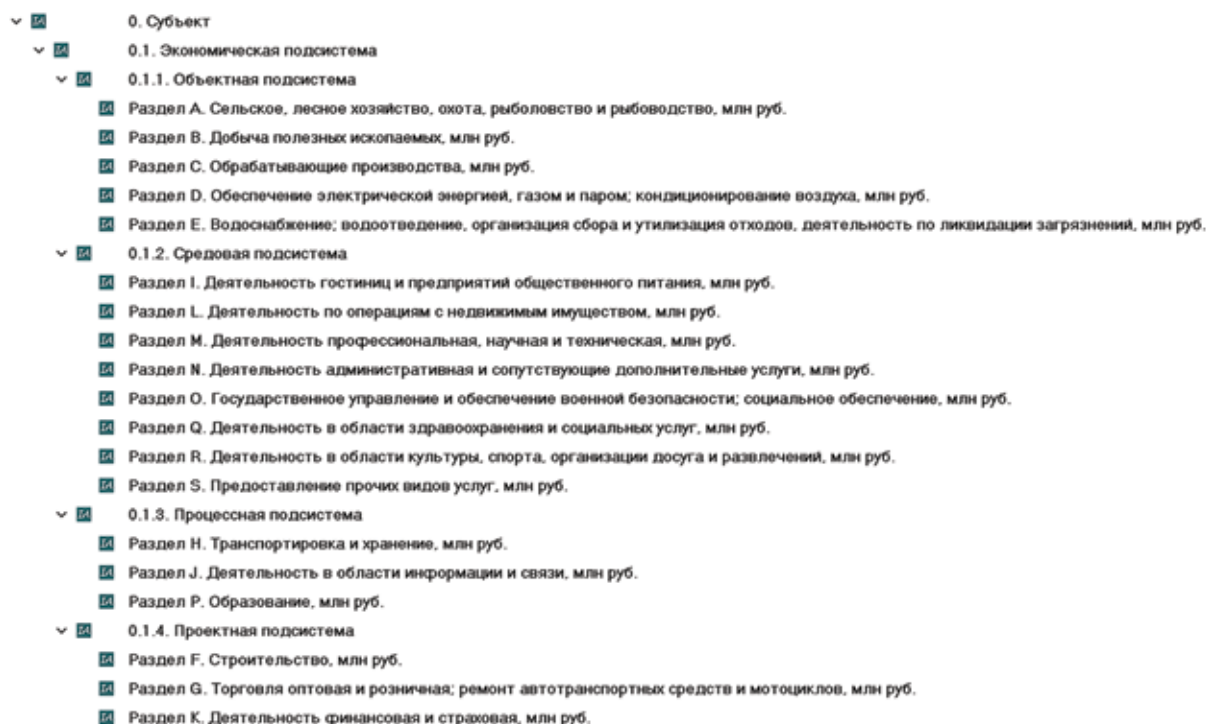
¹⁰ Жуков Р.А. Оценка сбалансированности функционирования иерархических социально-экономических систем // Journal of Applied Economic Research. 2021. Т. 20. № 1. С. 84–109. EDN: <https://elibrary.ru/ugdyjo>. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2021.20.1.004>

Липецкая, 10 – Московская, 11 – Орловская, 12 – Рязанская, 13 – Смоленская, 14 – Тамбовская, 15 – Тверская, 16 – Тульская, 17 – Ярославская.

Остальные уровни представлены на рис. 1.

Структура модели, с учетом перехода от ОКВЭД 1 к ОКВЭД 2, основана на пространственно-временной классификации экономических систем Г.Б. Клейнера, представляющих тетраду подсистем объектного (ограничены в пространстве и не ограничены во времени), средового (не ограничены в пространстве и во времени), процессного (не ограничены в пространстве и ограничены во времени) и проектного (ограничены в пространстве и во времени) типов, которые образуют целостную и полную группу [19]. К подсистемам первого типа отнесены субъекты экономики, деятельность которых связана с сельскохозяйственным производством, добычей полезных ископаемых, обрабатывающими производствами, обеспечением электроэнергией, водоснабжением на выделенной территории

(ограничены в пространстве и не ограничены во времени). Результатом функционирования элементов является продукт. Ко второму типу подсистем отнесены субъекты, которые формируют среду или условия функционирования региона. Результатом такой подсистемы является услуга (например, деятельность гостиниц и предприятий общественного питания). Результатом функционирования процессных подсистем является работа (например, транспортировка и хранение), проектных подсистем (событий) – новый продукт, предоставление продукта с ограниченным сроком использования (например, строительство). Понятно, что субъекты экономики в зависимости от периода времени, особенностей деятельности в этот период и уровня детализации могут менять пространственно-временные свойства, однако можно выделить преобладающие, наиболее часто встречающиеся в таких субъектах характеристики, которые дают возможность отнести их к одному из 4-х типов экономических систем, что и было осуществлено авторами [19].



Разработано автором.

Рис. 1. Иерархическая модель региональной экономики субъекта Российской Федерации

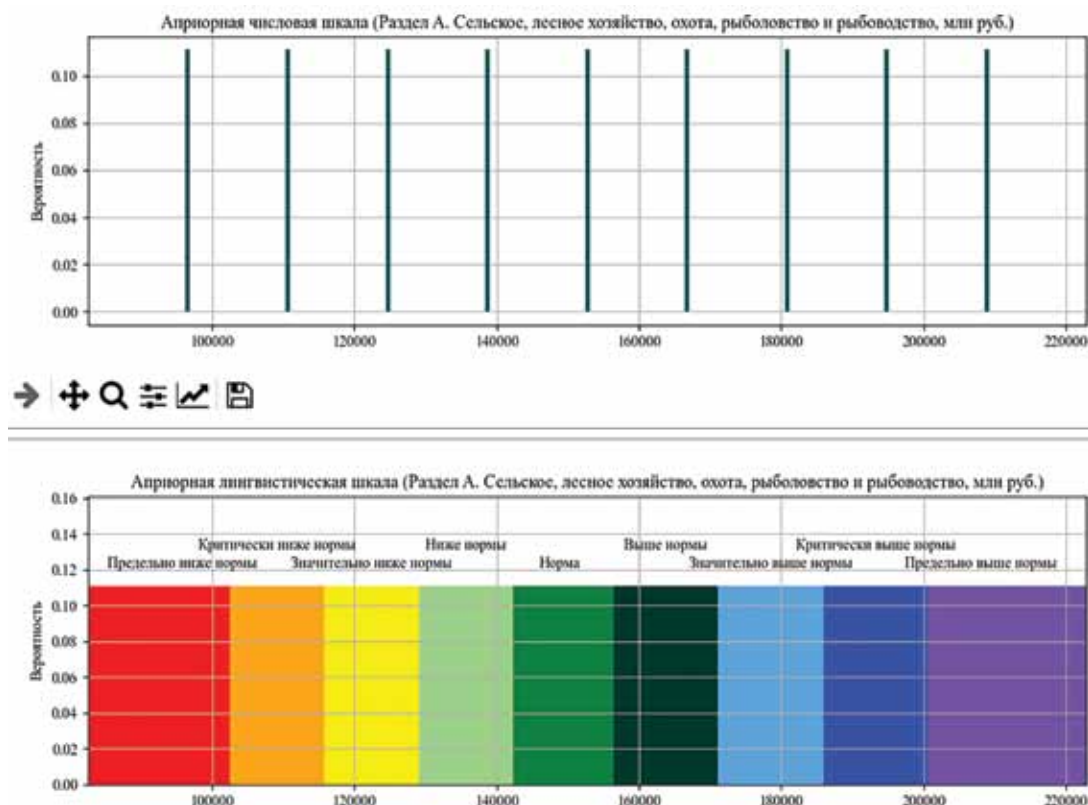
Developed by the author.

Fig. 1. The hierarchical model of the regional economy of a subject of the Russian Federation

Формирование нормативов для элементов

Для каждого из факторов (результативных признаков $y_{k,i}(t)$ и влияющих факторов $y_{k,i,j}(t)$) были построены априорные шкалы, как показано на примере

Раздела А (сельское хозяйство) Белгородской области (норма – среднее за 2017–2022 гг.) на рис. 2, а также апостериорные шкалы (аналогичный пример, рис. 3).



Разработано автором.

Рис. 2. Априорная шкала для фактора «Раздел А. Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство» (Белгородская область, 2022 г., норма – среднее за 2017–2022 гг.)

Developed by the author.

Fig. 2. A priori scale for the factor "Section A. Agriculture, forestry, hunting, fishing and fish farming" (Belgorod, 2022, the norm is the mean for 2017–2022)

Из рис. 3 видно, что на числовой шкале отражены вертикальные отрезки, задающие положение репера, длина отрезков характеризует вероятности. То есть значение фактора может быть равно каждому из значений, соответствующих положению репера с соответствующими вероятностями. На лингвистической шкале показаны классы, в которые может попасть значение фактора с заданной вероятностью.

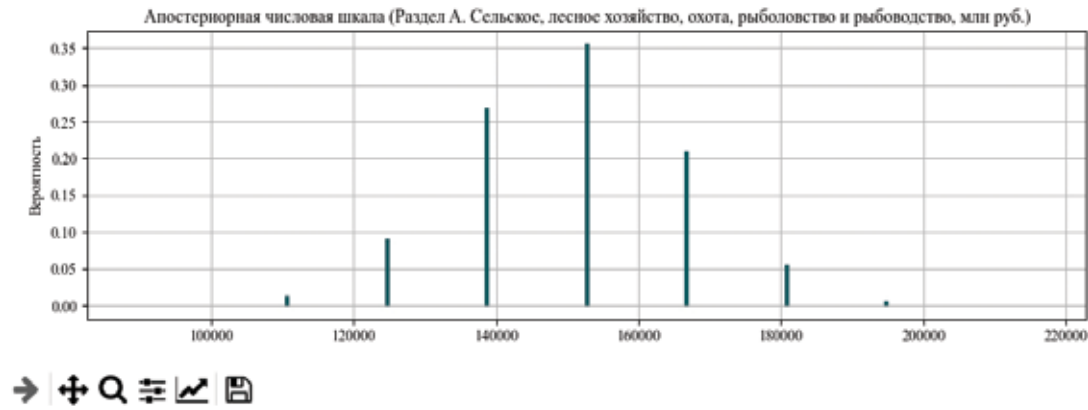
Такое представление соответствует инфограмме для элемента иерархической информационной модели, отображаемой в виде кругов, размер которых есть вероятность попадания значения фактора в один из классов. Причем изображаются только те классы, вероятность которых превышает заданный порог значимости (0,15), как показано на рис. 4.

В табл. 1 и на рис. 5 (фрагментом) представлен состав влияющих факторов на объемы ВРП по ОКВЭД 2.

Такой выбор факторов был обусловлен исследованиями, проведенными ранее¹¹. При этом набор факторов был увеличен, что ранее сделать не удавалось в силу эконометрических проблем при построении моделей, и которые были устранены при использовании методологии БИИ.

Из табл. 1 и рис. 5 видно, что для раздела А в качестве влияющих выбраны 5 факторов ($x_{1,1}$, $x_{1,2}$, $x_{1,3}$, x_3 , x_4), в состав которых входят стоимость основных фондов, занятость (среднегодовая), инвестиции, а также внесение минеральных и органических удобрений. Для раздела В выбраны 3 фактора ($x_{2,1}$, $x_{2,2}$, $x_{2,3}$) – основные фонды, занятость и инвести-

¹¹ Zhukov R.A., Kozlova N.O., Manokhin E.V., Myasnikova E.B., Melay E.A. Multi-criteria optimization as the methodology of ensuring sustainable development of regions: Tula region of the Russian Federation // International Journal of Sustainable Development and Planning. 2023. Vol. 18. Iss. 4. P. 1057–1068. <https://doi.org/10.18280/ijdp.180408>



Разработано автором.

Рис. 3. Апостериорная шкала для фактора «Раздел А. Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство» (Белгородская область, 2022 г., норма – среднее за 2017–2022 гг.)

Developed by the author.

Fig. 3. A posteriori scale for the factor “Section A. Agriculture, forestry, hunting, fishing and fish farming” (Belgorod, 2022, the norm is the mean for 2017–2022)



Разработано автором.

Рис. 4. Инфограмма, соответствующая рис. 3

Developed by the author.

Fig. 4. The infogram corresponding to Fig. 3

Таблица 1

Состав влияющих факторов на объемы ВРП по ОКВЭД 2

Table 1

The composition of influencing factors on GDP volumes according to OKVED 2

y_i	$x_{i,1}$	$x_{i,2}$	$x_{i,3}$	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
A	+	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Окончание таблицы 1

End of the table 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
H	+	+	+	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-
I	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
J	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K	+	-	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
N	+	-	+	+	+	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-
O	+	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	+	-	-	-
P	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
Q	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+
R	+	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-
S	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Примечания: «+» – фактор входит в состав влияющих на y_i факторов.

Составлено автором

Compiled by the author

3. Нормы	
Раздел А. Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство, млн руб.	
Минеральные удобрения (в пересчете на 100% питательных веществ), кг	
Внесение органических удобрений на 1 га с/х культур, т	
ОФ-Раздел А. Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство, млн руб.	
Занятость_Раздел А. Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство, тыс. чел	
Инвестиции_Раздел А. Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство, млн руб.	
Раздел В. Добыча полезных ископаемых, млн руб.	
Занятость_Раздел В. Добыча полезных ископаемых, тыс. чел	
Инвестиции_Раздел В. Добыча полезных ископаемых, млн руб.	
ОФ-Раздел В. Добыча полезных ископаемых, млн руб.	

Разработано автором.

Рис. 5. Влияющие факторы (разделы А–В)

Developed by the author.

Fig. 5. Influencing factors (sections A–B)

ции. В данном случае i характеризует вид деятельности по ОКВЭД 2 и соответствует буквенному обозначению для результативного признака y_i . Для остальных видов обозначение наличия в модели динамического норматива влияющего фактора аналогично (знак «+»).

В табл. 1 названия столбцов (x) соответствуют факторам, представленным в табл. 2.

В исследовании были получены оценки результатов функционирования 17-ти областей ЦФО по 19-ти видам экономической деятельности в рамках про-

странственно-временной классификации с использованием трех вариантов норм за 2017–2022 гг.

По сравнению с 2021 г. в ряде областей ЦФО скорректированный на уровень инфляции объем ВРП по некоторым видам деятельности снизился. Для Белгородской области соответствующая динамика изменения (раздел А) представлена на рис. 6. Аналогичные представления были получены для других областей и разделов ОКВЭД 2 для каждого из трех вариантов норм.

По разделу А такое снижение наблюдалось практически во всех областях, за исключением Вла-

Таблица 2

Описание факторов

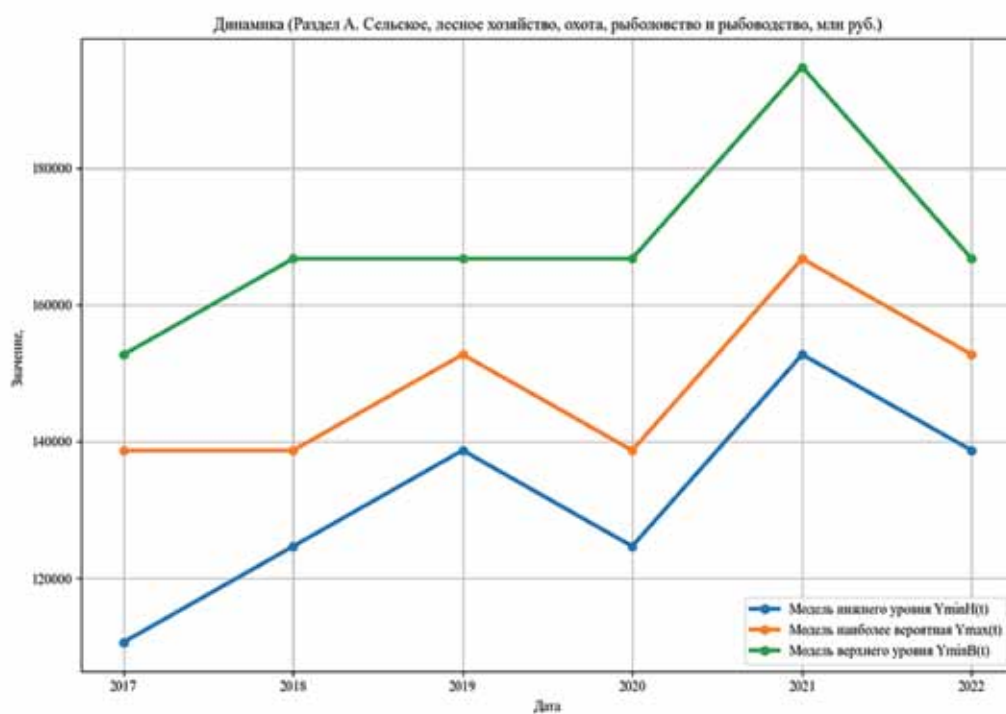
Table 2

Description of the factors

Обозначение	Название фактора
$x_{i,1}$	стоимость основных фондов по виду деятельности i , млн руб.
$x_{i,2}$	среднегодовая численность занятых по виду деятельности i , тыс. чел.
$x_{i,3}$	инвестиции в основной капитал по виду деятельности i , млн руб.
x_1	стоимость основных фондов (всего), млн руб.
x_2	среднегодовая численность занятых в экономике (всего), тыс. чел.
x_3	внесение органических удобрений на 1 га с/х культур, тонн
x_4	минеральные удобрения (в пересчете на 100% питательных веществ), кг
x_5	среднегодовая численность населения, тыс. чел.
x_6	пассажиروоборот автобусов общего пользования, млн пасс-км
x_7	отправление пассажиров железнодорожным транспортом общего пользования, тыс. чел.
x_8	численность персонала, занятого научными исследованиями и разработками, чел.
x_9	расходы консолидированного бюджета (всего), млн руб.
x_{10}	расходы консолидированного бюджета (социальная политика), млн руб.
x_{11}	расходы консолидированного бюджета (национальная экономика), млн руб.
x_{12}	расходы консолидированного бюджета (образование), млн руб.
x_{13}	расходы консолидированного бюджета (здравоохранение, физическая культура и спорт), млн руб.
x_{14}	заболеваемость на 1000 человек населения, зарегистрировано заболеваний, ед.

Составлено автором

Compiled by the author



Разработано автором.

Рис. 6. Динамика объема ВРП (Белгородская область, раздел А, норма – среднее)

Developed by the author.

Fig. 6. Dynamics of GDP by region (Belgorod, section A, norm – mean)

димирской, Ивановской и Калужской. Характер изменений результативных признаков для обла-

стей ЦФО по разделам в 2022 г. по сравнению с 2021 г. представлен в табл. 3.

Таблица 3

Рост и снижение объема ВРП по ОКВЭД 2 в 2022 г. по сравнению с 2021 г.

Table 3

Growth, decrease in GDP volumes under OKVED 2 in 2022 compared to 2021

y_i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
A	У	У	У	У	В	В	У	У	У	В	У	У	У	У	У	У	У
B	У	-	У	У	В	У	У	У	В	У	У	В	У	-	В	В	У
C	В	В	В	У	В	У	У	У	У	У	В	У	В	В	У	В	У
D	У	У	У	У	У	У	У	У	В	У	У	В	У	В	У	У	У
E	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У	В	У	У	У	У	У
F	У	У	В	В	У	У	У	В	У	В	У	В	В	У	У	У	У
G	У	В	В	У	В	В	В	В	У	У	В	В	В	В	У	В	У
H	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	У	В	В	В	В
I	В	В	У	В	В	В	В	В	В	В	У	У	В	В	В	В	У
J	В	У	В	У	У	У	В	В	В	В	У	У	В	У	В	В	В
K	В	В	У	У	В	У	В	У	В	У	У	В	В	У	В	В	У
L	В	У	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	У	В	В	У	В
M	У	В	В	В	В	У	В	У	В	У	В	В	В	У	В	В	У
N	В	В	У	У	У	У	У	В	В	У	У	В	В	В	В	У	У
O	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	У	В
P	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	У	В	В	В	В	В	В
Q	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У
R	В	В	У	В	В	У	В	В	В	В	В	В	В	У	В	В	В
S	У	В	У	У	В	У	В	У	В	У	У	В	В	У	В	В	У

Примечания:

цифры в заголовках граф соответствуют номерам, присвоенным областям;

A...S – разделы по ОКВЭД 2;

В – возрастает, У – убывает.

Составлено автором

Compiled by the author

Из табл. 3 видно, что для раздела В (добыча полезных ископаемых) в 10-ти областях (Белгородская, Владимирская, Воронежская, Калужская, Костромская, Курская, Московская, Орловская, Рязанская и Ярославская) объем ВРП снизился, также как и в 9-ти областях (Воронежская, Калужская, Костромская, Курская, Липецкая, Московская, Рязанская, Тверская и Ярославская) по разделу С (обрабатывающие производства). За исключением 3-х областей (Липецкая, Рязанская, Тамбовская) в сфере обеспечения электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха (раздел D) данный показатель уменьшился. Аналогичная тенденция наблюдалась для раздела Е (водоснабжение и обращение с отходами) в 16-ти областях (исключение – Рязанская область). Отметим, что данные разделы характеризуют объектную подсистему, для которой наблюдалась

негативная динамика во всех областях за исключением Рязанской. В Белгородской области относительное изменение ВРП по соответствующим разделам составило: -12,4% (А), -41,2% (В), 2,9% (С), -5,7% (D), -13,5% (Е). В Брянской области: -6,6% (А), 18,1% (С), -5,4% (D), -25,5% (Е). Для раздела В по Брянской области данных нет. В Курской области: -8,0% (А), -56,1% (В), -4,8% (С), -13,1% (D), -13,1% (Е). Как видно из приведенных значений, изменения довольно существенные, особенно для раздела «добыча полезных ископаемых».

Во всех областях наблюдалось снижение объема ВРП по разделу Q (здравоохранение и социальные услуги). В подавляющем большинстве областей наблюдался рост ВРП по разделам: Н (транспортировка и хранение), исключение составила Смоленская область; О (государственное управление и обеспечение военной безопасности; социальное обеспе-

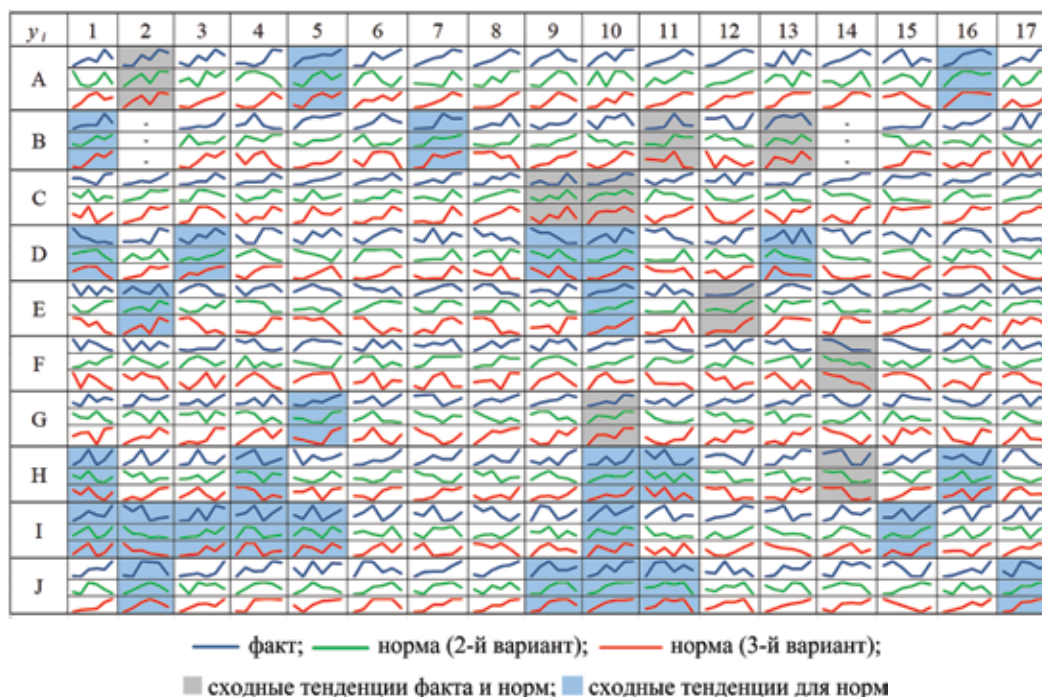
чение), исключение – Тульская область; Р (образование), исключение – Орловская область.

Лидером по количеству видов деятельности, в которых наблюдался рост ВРП, оказалась Рязанская область (14 видов против 5-ти), аутсайдером – Ярославская область (13 против 6-ти).

Так или иначе, условия 2022 г. существенно изменились во всех областях ЦФО, особенно в Бел-

городской, Брянской и Курской. Это послужило одной из причин формирования собственных для каждого периода норм (динамических нормативов) с учетом влияющих факторов.

Характер динамики изменения фактических значений, значений норм (динамических нормативов), рассчитанных по второму и третьему вариантам, представлены на рис. 7. и рис. 8.



Разработано автором.

Рис. 7. Характер изменений фактических значений и норм (2-й и 3-й варианты) за 2017–2022 гг. (разделы А–J)

Developed by the author.

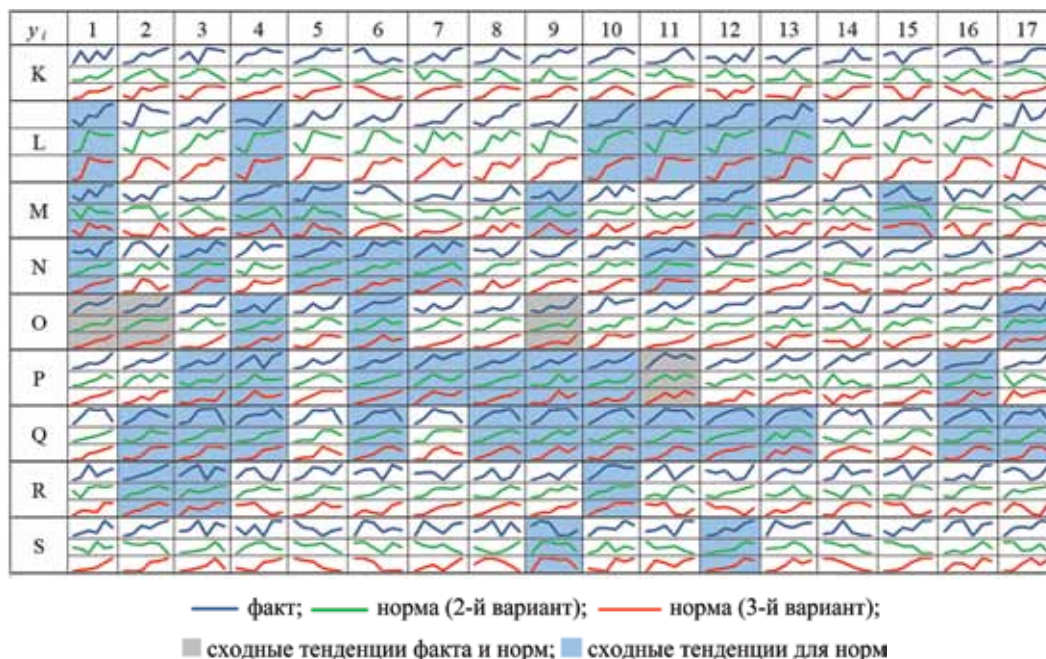
Fig. 7. The changes in actual values and norms (2nd and 3rd variants) for 2017–2022. (Sections A–J)

Соответствие характера изменений фактических значений изменению норм может означать, что деятельность субъектов экономики адекватна установленным нормам. В противном случае это может служить сигналом для более детального анализа причин такого несоответствия (в том числе анализа факторов, не вошедших в модель, например, политическая ситуация, СВО), так же, как и при наличии значений, которые находятся ниже нормы. Соответствие изменений норм, рассчитанных по второму и третьему вариантам (с учетом влияющих факторов), может означать, что факторы однонаправленно влияют на результативные признаки, в противном случае – можно предположить о возможном наличии несоответствий между используемыми факторами производства, имеющимися условиями и результатами функционирования субъектов экономики в рамках построенной модели.

Из рис. 7 и 8 видно, что всего 13 элементов среди 323-х возможных (19 видов деятельности, 17 областей) имели одинаковый характер изменения результатов и норм. Наибольшее количество (2 позиции) наблюдалось в Брянской (разделы А, О), Курской (С, О), Московской (С, G), Орловской (В, Р) и Тамбовской (F, H) областях. По разделам наибольшее количество среди всех 17-ти областей оказалось у раздела О.

Построение иерархической информационной модели

Построенная иерархическая информационная модель региональной экономики, включающая в себя модели для 17-ти областей ЦФО, с использованием фактических данных и динамических нормативов, рассчитанных в трех представленных вариантах, позволила выявить, что в большинстве регионов в 2022



Разработано автором.

Рис. 8. Характер изменений фактических значений и норм (2-й и 3-й варианты) за 2017–2022 гг. (разделы К–S)

Developed by the author.

Fig. 8. The changes in actual values and norms (2nd and 3rd variants) for 2017–2022 (Sections K–S)

г. состояние региональной экономики и ее подсистем 4-х типов находилось в пределах нормы (для объектной подсистемы в некоторых случаях ниже нормы, внутри подсистем наблюдались отклонения от нормы как в большую, так и в меньшую стороны). Причем класс «норма» сохранялся при использовании различных вариантов норм с изменением в уровне вероятностей, а также моделей нижнего и верхнего уровней, соответствующих классам, для которых превышен порог значимости (0,15) (крайний слева, крайний справа), сходных с моделями, показанными на рис. 6, сопряженному с рис. 4. Пример модели для Белгородской области по нормам с учетом влияющих факторов и коэффициентов корреляции представлен на рис. 9 и рис. 10.

Из рис. 9 и рис. 10 видно, что наиболее неблагоприятная ситуация характерна для раздела Q (наиболее вероятное состояние – значительно ниже нормы). Для объектной подсистемы ее состояние попало в классы от «ниже нормы» до «выше нормы»; для средовой подсистемы – от «ниже нормы» до «выше нормы» (с различием значения вероятностей для классов по сравнению с объектной подсистемой). Наиболее вероятный класс для процессной подсистемы – «выше нормы», для проектной подсистемы – «норма».

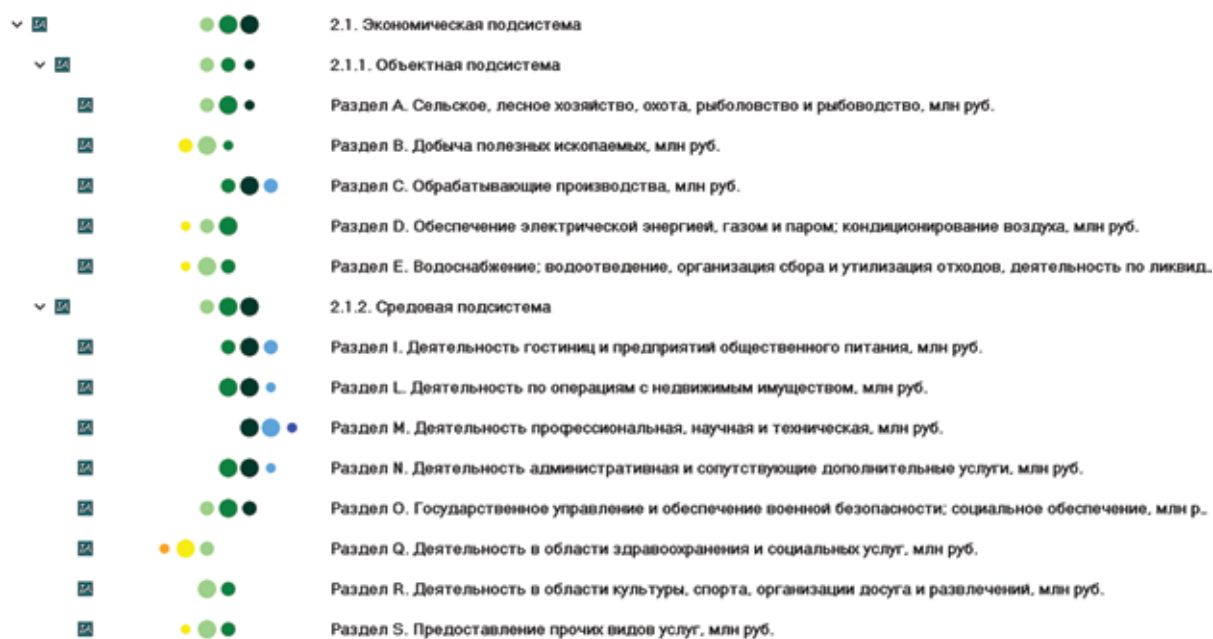
На рис. 11 представлены результаты оценки 17-ти областей ЦФО по 19-ти видам деятельности в

рамках пространственно-временной классификации построенной иерархической информационной модели, соответствующей рис. 1, в виде когнитивной карты, где цвета идентифицируют классы, показанные на рис. 2.

Для всех областей наиболее проблемными оказались раздел E, связанный с водоснабжением и обращением с отходами (объектная подсистема), а также раздел Q (здравоохранение, относящееся к средовой подсистеме). Кроме того, чем в большее число классов может попасть структурный элемент, тем выше неопределенность его состояния, а следовательно, меньше его устойчивость (например, в Калужской области для раздела E – 4 вероятных класса).

Состояния объектов, которые находятся ниже нормы, С.В. Прокопчина предложила называть рисками, а те, которые выше нормы – потенциалами [30]. Однако можно утверждать, что превышение нормы может привести к негативным последствиям, связанным, например, с «перегретостью» рынка в определенной сфере деятельности, а следовательно, и к потере системной сбалансированности экономики. Поэтому целесообразно предельные состояния также интерпретировать как рискованные.

Такое представление дает наглядное и целостное понимание состояния региональной экономики, ее подсистем, элементов и служит хорошим инстру-

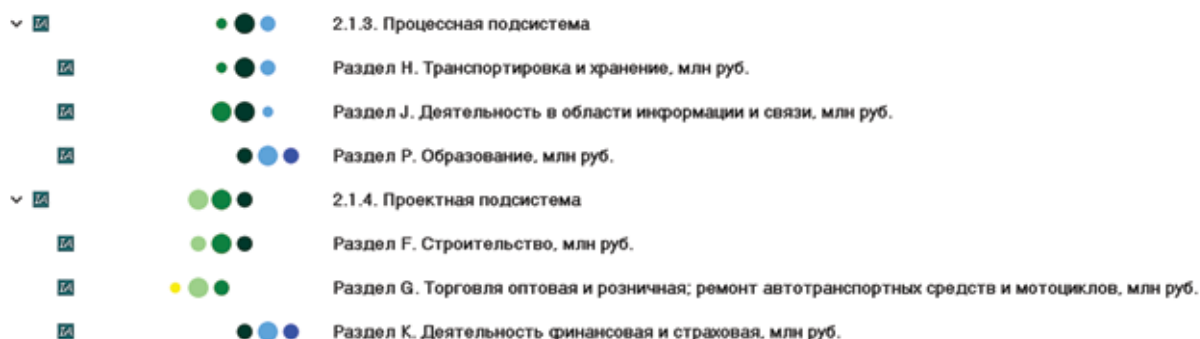


Разработано автором.

Рис. 9. Иерархическая информационная модель (Белгородская область, 2022 г., норма – 3-й вариант, объектная и средовая подсистемы)

Developed by the author.

Fig. 9. The hierarchical information model (Belgorod, 2022, norm – 3rd variant, object and environment subsystems)



Разработано автором.

Рис. 10. Иерархическая информационная модель (Белгородская область, 2022 г., норма – 3-й вариант, процессная и проектная подсистемы)

Developed by the author.

Fig. 10. The hierarchical information model (Belgorod, 2022, norm – 3rd variant, process and project subsystems)

ментом для оперативного выявления дисбалансов и проблемных мест аналитиками и управленцами с целью разработки мер, направленных на устойчивое развитие субъектов Российской Федерации.

Системная сбалансированность подразумевает не только соответствие норме, но и соответствие состояний подсистем друг другу. Из рис. 11 видно, что практически для всех областей 4 подсистемы находятся в состояниях, близких к норме, а сле-

довательно, идентичны друг другу. Тогда можно предположить о наличии сбалансированной экономики в областях ЦФО. В целях подтверждения этой гипотезы для них был рассчитан коэффициент гармоничности для экономической подсистемы по результатам оценки функционирования объектной, средовой, процессной и проектной подсистем (использованы средневзвешенные по вероятностям значения по норме, равной единице) по формуле (12).

y_j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Econ.	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••
Obj.	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••
A	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••
B	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••
C	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••
D	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••
E	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••
Env.	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••
I	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••
L	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••
M	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••
N	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••
O	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••
Q	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••
R	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••
S	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••
Proc.	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••
H	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••
J	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••
P	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••
Proj.	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••
F	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••
G	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••
K	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••

Примечания:

цифры в заголовках граф соответствуют номерам, присвоенным областям;

Econ. – экономическая подсистема, Obj. – объектная подсистема, Env. – средовая подсистема, Proc. – процессная подсистема, Proj. – проектная подсистема;

буквенные обозначения соответствуют разделам ОКВЭД 2, характеризующим субъекты экономики – резидентов областей и отнесенным к одной из 4-х подсистем (см. рис. 1).

Разработано автором.

Рис. 11. Когнитивная карта иерархической информационной модели (2022 г., норма – 3-й вариант)

Developed by the author.

Fig. 11. Cognitive map of the hierarchical information model (2022, norm – 3rd variant, object and environment subsystems)

Результаты расчета коэффициента гармоничности приведены в табл. 4, из которой видно, что его значения, рассчитанные по трем вариантам, близки к единице. То есть можно утверждать, что уровень системной сбалансированности экономики регионов достаточно высок и близок к эталону. Если оценивать по третьему варианту (с учетом влияющих факторов и коэффициентов корреляции), то наиболее системно сбалансирована экономика Ярославской области (0,981; при расчете по второму варианту она также на 1-м месте, по первому – на 3-м), наименее – экономика Белгородской области. Белгородская область по оценке с использованием первых двух вариантов норм находится на предпоследнем месте среди областей ЦФО, на последнем месте – Калужская область.

При достаточно благоприятных полученных оценках результатов системной сбалансированности экономики областей Центрального федерального округа следует обратить внимание на возможные состояния подсистем и экономической подсистемы в целом, которые могут быть отнесены к разным

классам. Это означает, что существует вероятность перехода в классы, существенно отстоящие от класса «норма» в будущих периодах.

Для снижения возможных рисков необходимо провести более глубокий анализ влияющих факторов, изменение которых за счет управляющих воздействий со стороны субъектов экономики и региональных органов управления позволит сохранить или улучшить системную сбалансированность региональной экономики в условиях неопределенности.

В качестве примера рассмотрим одну ветку иерархической модели Тульской области, для которой значение коэффициента гармоничности, рассчитанного по норме 3-го типа, составило 0,904 (см. табл. 4, строка 16). Из рис. 11 (столбец 16) видно, что объектная подсистема области может находиться в состоянии ниже нормы (соответствующая вероятность равна 0,183), норма (0,261) и выше нормы (0,222). Средневзвешенное значение состояния составило 5,352 (при норме 5) по 10-балльной шкале или 1,070 (при норме 1) при

Таблица 4

Значения коэффициента гармоничности для областей ЦФО в 2022 г.

Table 4

The values of the harmony coefficient for the Central Federal District regions in 2022

Область	H_{mean}	H_{inf}	H_{infw}
1	0,880	0,865	0,886
2	0,966	0,959	0,970
3	0,914	0,885	0,902
4	0,907	0,938	0,904
5	0,979	0,965	0,964
6	0,887	0,913	0,912
7	0,907	0,917	0,933
8	0,857	0,821	0,901
9	0,914	0,917	0,917
10	0,907	0,909	0,895
11	0,887	0,892	0,890
12	0,932	0,940	0,977
13	0,916	0,905	0,925
14	0,899	0,888	0,913
15	0,904	0,920	0,929
16	0,885	0,900	0,904
17	0,956	0,967	0,981

Примечания:

1...17 – номера, присвоенные областям;

 H_{mean} , H_{inf} , H_{infw} – коэффициенты гармоничности, рассчитанные с использованием средней нормы, нормы с учетом влияющих факторов, нормы с учетом влияющих факторов и коэффициентов корреляции соответственно.

Составлено автором

Compiled by the author

расчете по формуле (6). В данном случае видно, что значение, близкое к нормативному, обеспечивается за счет компенсации результатов функционирования элементов, состояние которых находится ниже нормы (разделы D и E), состояниями элементов, находящихся в классах выше нормы (разделы A, B, C). То есть внутри подсистемы наблюдаются дисбалансы, которые хорошо видны на рис. 11. Так, элемент, характеризуемый скорректированным на уровень инфляции объемом ВРП по разделу E (водоснабжение; водоотведение, организация сбора и утилизация отходов, деятельность по ликвидации загрязнений), может находиться в классе значительно ниже нормы (вероятность 0,256), ниже нормы (0,380) и норма (0,216), средневзвешенное – 3,970 или 0,794, что в данной подсистеме является наименьшим значением. Именно этот элемент больше всего смещает объектную подсистему в область рисков. Причины такого состояния можно выявить за счет факторов, которые влияют на такой результат в рамках построенной модели. Этими факторами являются (см. табл. 1 и 2): стоимость основных фондов, занятость, инвестиции в основной капитал, а также среднегодовая числен-

ность населения. Дальнейший анализ показывает, что в 2022 г., по сравнению с 2021 г., при незначительном росте стоимости основных фондов на 0,6% (4354,5 млн руб. в 2022 г., 4326,7 млн руб. в 2021 г., коэффициент корреляции между фактором и скорректированным объемом ВРП составил 0,544) наблюдались: отток рабочей силы (7,4 тыс. чел. в 2022 г., 8 тыс. чел. в 2021 г. – на 7,5%, коэффициент корреляции 0,452), снижение объема инвестиций (838,1 млн руб. в 2022 г., 1335,6 млн руб. в 2021 г. – на 37,2%, коэффициент корреляции 0,718), а также сокращение численности населения (1489,1 тыс. чел. в 2022 г., 1502,2 тыс. чел. в 2021 г. – на 0,9%, коэффициент корреляции 0,403). При этом скорректированный объем в ВРП также уменьшился на 26,2% (3673,1 млн руб. в 2022 г., 4974,2 млн руб. в 2021 г.) при снижении нормы на 6,5% (4218,7 млн руб. в 2022 г., 4509,5 млн руб. в 2021 г.), а следовательно, ухудшении состояния на 19,7%. Очевидным фактом такого результата можно считать наибольшее влияние резкого сокращения инвестиций в данный вид деятельности, а также уменьшение численности занятых. Следовательно, органам управления следует обратить

внимание именно на эти факторы при разработке мероприятий, направленных на приведение экономических субъектов в нормативное состояние, в частности, за счет привлечения инвестиций и обеспечения благоприятных условий труда. В «грубом приближении» при рассмотрении однофакторной модели связи между ВРП и инвестициями коэффициент корреляции есть ни что иное, как коэффициент стандартизированной регрессионной модели (0,718). Следовательно, для приведения элемента в состояние, наблюдавшееся в 2021 г., при неизменности других факторов необходимо увеличить инвестиции на 36,4%, а при сохранении нормы 2022 г. – на 27,4% (19,7 / 0,718). Для получения более точных количественных рекомендаций можно привлечь оптимизационные методы¹².

Такой алгоритм можно использовать для оценки, анализа и выявления причин дисбалансов с целью дальнейшего формирования комплекса мероприятий, направленных на обеспечение сбалансированности экономики.

Таким образом, представленная модель и полученные оценки могут иметь практическое применение и представлять интерес для региональных органов управления в качестве инструмента для принятия обоснованных управленческих решений.

Выводы

1. Построенная модель региональной экономической подсистемы в виде расширяемой иерархической информационной модели с использованием новой теории экономических систем, методологии байесовских интеллектуальных измерений и современных инструментальных средств позволяет оценить и проанализировать состояние региональной экономики как в целом, так и в отношении ее подсистем и элементов в условиях неопределенности. Это дает возможность составить целостную картину экономики регионов – субъектов Российской Федерации.

2. Методика построения норм на базе системы динамических нормативов в трех вариантах расширяет характер оценки результатов функционирования элементов системы, в том числе за счет учета влияющих факторов (условий) и степени их воздействия на такие результаты. Такое представление является целесообразным и обоснованным при уточнении норм для структурных элементов.

3. Построенная иерархическая информационная модель для областей Центрального федерального округа по данным, полученным из открытых

источников, позволила провести оценку и анализ функционирования структурных элементов региональной экономики в рамках пространственно-временной классификации. Применение программной платформы «Инфоаналитик 2.0» дало возможность сократить трудоемкость проведенных работ, а также обеспечить наглядность и интерпретируемость результатов с учетом неопределенности данных, что редко учитывается в подобных исследованиях.

4. На основе результатов, полученных на предыдущем этапе исследования, была оценена и проанализирована системная сбалансированность экономики областей ЦФО с использованием разработанной методики, включающей расчет модифицированного коэффициента гармоничности, в состав которого вошли интегральные индикаторы объектной, средовой, процессной и проектной подсистем, полученные из вероятностных оценок их состояний. Это позволило расширить область применимости разработанной методики для оценки сбалансированности структурных элементов региональной экономики.

5. Можно утверждать, что экономика областей Центрального федерального округа сбалансирована (по данным 2022 г. в рамках построенной модели) даже при наличии высокого санкционного давления и в ситуации СВО. Однако существует риск несоблюдения такого баланса в будущем, что требует от органов управления как субъектов экономики, так и регионального уровня разработки мер, снижающих эти риски за счет регулирования факторов (условий), формирующих благоприятную среду и обеспечивающих устойчивый экономический рост.

Выводы исследования согласуются с результатами, полученными, в частности, М.Р. Шамсутдиновой (картрирование регионов), а также Б.М. Гринчелем (близость полученных оценок сбалансированности, например, для экономической подсистемы Тульской области).

В дальнейшем предполагается изучить экономику других регионов, осуществить прогноз их системной сбалансированности, а также оценить и проанализировать их системную устойчивость.

Полученные результаты исследования могут быть использованы региональными органами управления в практической деятельности при формировании мер, направленных на развитие экономики, а также интересны специалистам в области региональной экономики и моделирования социально-экономических процессов и систем.

¹² Zhukov R.A., Kozlova N.O., Manokhin E.V., Myasnikova E.B., Melay E.A. Multi-criteria optimization as the methodology of ensuring sustainable development of regions: Tula region of the Russian Federation // International Journal of Sustainable Development and Planning. 2023. Vol. 18. Iss. 4. P. 1057–1068. <https://doi.org/10.18280/ijdp.180408>

Список источников

1. Баскаков С.М. Генезис теории сбалансированности в контексте развития мировой экономической науки // ЭТАП: экономическая теория, анализ, практика. 2019. № 5. С. 83–101. EDN: <https://elibrary.ru/bqsgym>. <https://doi.org/10.24411/2071-6435-2019-10114>
2. Уханова А.В. Обзор методических подходов к оценке сбалансированности региональной экономики // Human Progress. 2023. Т. 9. № 4. С. 12. EDN: <https://elibrary.ru/weotuw>. <https://doi.org/10.34709/IM.194.12>
3. Мальцев Ю.Г., Султанов Б.Р. Исследование социо-эколого-экономической сбалансированности регионов РФ // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2022. № 6-1. С. 110–115. EDN: <https://elibrary.ru/bumytj>. <https://doi.org/10.17513/vaael.2253>
4. Одинцов Б.Е., Романов А.Н. Моделирование процесса приведения предприятия в сбалансированное состояние // Управленческие науки. 2016. Т. 6. № 2. С. 101–112. EDN: <https://elibrary.ru/wdjvld>
5. Макаревич Л.О., Улезько А.В. Сбалансированное развитие экономических систем: сущность и принципы обеспечения // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2018. № 4(59). С. 141–147. EDN: <https://elibrary.ru/ywqfvz>. <https://doi.org/10.17238/issn2071-2243.2018.4.141>
6. Saadaoui J. Global imbalances: should we use fundamental equilibrium exchange rates? // Economic Modelling. 2015. Vol. 47. P. 383–398. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2015.02.007>
7. Клейнер Г.Б., Рыбачук М.А. Системная сбалансированность экономики: Монография. М.: ИД «Научная библиотека», 2017. 320 с. EDN: <https://elibrary.ru/yubnut>
8. Kozena M., Striteska M., Svoboda O. Dynamic balanced scorecard: model for sustainable regional development // WSEAS transactions on environment and development. 2011. Vol. 7. Iss. 7. P. 211–221. URL: <http://wseas.us/e-library/transactions/environment/2011/54-128.pdf> (дата обращения: 21.01.2025)
9. Sachs J.D. From millennium development goals to sustainable development goals // Lancet. 2012. Vol. 379. Iss. 9832. P. 2206–2211. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)60685-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60685-0)
10. Hirai T., Comim F. Measuring the sustainable development goals: a poset analysis // Ecological Indicators. 2022. Vol. 145. P. 109605. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109605>
11. Палаш С.В. Структурная сбалансированность экономики: государственные программы промышленного развития в Российской Федерации // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2017. Т. 10. № 1. С. 53–72. EDN: <https://elibrary.ru/ygdckt>. <https://doi.org/10.18721/JE.10105>
12. Ендовицкий Д.А., Бабичева Н.Э., Любушин Н.П. Использование ресурсоориентированного подхода в оценке системной сбалансированности экономики // Экономический анализ: теория и практика. 2018. Т. 17. № 12(483). С. 1298–1309. EDN: <https://elibrary.ru/xdvcb>. <https://doi.org/10.24891/ea.17.12.1298>
13. Li L., Fan Zh., Feng W., Yuxin Ch., Keyu Q. Coupling coordination degree spatial analysis and driving factor between socio-economic and eco-environment in northern China // Ecological Indicators. 2022. Vol. 135. P. 108555. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108555>
14. Гринчель Б.М. Сбалансированность факторов конкурентной привлекательности регионов для гармонизации социальной и экономической сфер и активизации синергии развития // Экономика Северо-Запада: проблемы и перспективы развития. 2022. № 4(71). С. 46–53. EDN: <https://elibrary.ru/ogfeuh>. <https://doi.org/10.52897/2411-4588-2022-4-46-53>
15. Zhu H., Jiang S., Zhao X. Spatial-temporal evolution and determinants of green economy efficiency: an integrated analytical approach // Sustainable Futures. 2024. Vol. 8. P. 100359. <https://doi.org/10.1016/j.sfr.2024.100359>
16. Uxó J., Febrero E., Ayala I., Villanueva P. Debt sustainability and policy targets: full employment or structural balance? A simulation for the Spanish economy // Structural Change and Economic Dynamics. 2024. Vol. 69. P. 475–487. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2024.03.005>
17. Даванков А.Ю., Двинин Д.Ю., Мальцев Ю.Г. Моделирование уровня сбалансированности социо-эколого-экономической системы региона при переходе к альтернативной энергетике // Управление в современных системах. 2021. № 2(30). С. 3–12. EDN: <https://elibrary.ru/rojinch>. <https://doi.org/10.24412/2311-1313-30-3-12>
18. Управление сбалансированным развитием территориальных систем: вопросы теории и практики: монография / под ред. А.Ю. Даванкова, В.В. Седова, Г.Н. Пряхина, А.Ю. Шумакова. Челябинск: ЧелГУ, 2016. 294 с. EDN: <https://elibrary.ru/wwwown>

19. Клейнер Г.Б., Рыбачук М.А. Системная сбалансированность экономики России: региональный разрез // Экономика региона. 2019. Т. 15. № 2. С. 309–323. EDN: <https://elibrary.ru/wsplud>. <https://doi.org/10.17059/2019-2-1>
20. Kleiner G.B., Rybachuk M.A., Steblyanskaya A.N. System balance index as an indicator of the Russian gas industry's sustainable growth // Finance: Theory and Practice. 2021. Vol. 25. Iss. 4. P. 37–47. EDN: <https://elibrary.ru/fchaid>. <https://doi.org/10.26794/2587-5671-2021-25-4-37-47>
21. Рыбачук М.А. Межуровневая сбалансированность мезоэкономических систем // Экономика и управление: проблемы, решения. 2022. Т. 4. № 10(130). С. 4–11. EDN: <https://elibrary.ru/obtmuxn>. <https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2022.10.04.001>
22. Гумеров М.Ф. Развитие методов выработки решений в управлении выводом на рынок IT-продукции в современных условиях // Экономика и качество систем связи. 2023. № 3(29). С. 4–13. EDN: <https://elibrary.ru/gzcrrb>
23. Щербаков Г.А. Проблемы цикличности в системной экономике // Экономика и управление: проблемы, решения. 2020. Т. 1. № 1. С. 18–24. EDN: <https://elibrary.ru/yyrann>
24. Кулапов М.Н., Журавлев П.В. Новые системные направления в управлении реальным сектором российской мезоэкономики // Современная конкуренция. 2024. Т. 18. № 3(99). С. 96–108. EDN: <https://elibrary.ru/vmlgm>. <https://doi.org/10.37791/2687-0657-2024-18-3-96-108>
25. Никонova А.А. Трилемма Кейнса с позиций тетрады Клейнера на фоне катаклизмов в обществе // Russian Journal of Economics and Law. 2022. Т. 16. № 1. С. 5–25. EDN: <https://elibrary.ru/qaaymj>. <https://dx.doi.org/10.21202/2782-2923.2022.1.5-25>
26. Шамсутдинова М.Р. Картирование регионов как элемент системной сбалансированности экономики регионов // Вестник РГГУ. Серия: Экономика. Управление. Право. 2023. № 4. С. 89–99. EDN: <https://elibrary.ru/lefnfj>. <https://dx.doi.org/10.28995/2073-6304-2023-4-89-99>
27. Iacopini M., Poon A., Rossini L., Zhu D. Bayesian mixed-frequency quantile vector autoregression: eliciting tail risks of monthly US GDP // Journal of Economic Dynamics and Control. 2023. Vol. 157. P. 104757. <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2023.104757>
28. Canoz I., Kalkavan H. Forecasting the dynamics of the Istanbul real estate market with the Bayesian time-varying VAR model regarding housing affordability // Habitat International. 2024. Vol. 148. P. 103055. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2024.103055>
29. Прокопчина С.В. Экосистемные измерения на основе байесовских интеллектуальных технологий // Мягкие измерения и вычисления. 2024. Т. 74. № 1-2. С. 5–13. EDN: <https://elibrary.ru/ockzvn>. <https://doi.org/10.36871/2618-9976.2024.01-2.001>
30. Куприянов М.С., Холод И.И., Прокопчина С.В. и др. Мягкие вычисления и измерения. Том 5. Методы, информационные технологии и средства интеллектуальной обработки информации в задачах цифровизации: монография. Москва: ИД «Научная библиотека», 2019. 616 с. EDN: <https://elibrary.ru/ndhmcl>

Статья поступила в редакцию 28.01.2025; одобрена после рецензирования 13.03.2025; принята к публикации 21.03.2025

Об авторе:

Жуков Роман Александрович, доктор экономических наук, кандидат физико-математических наук, доцент; ведущий научный сотрудник; SPIN-код: 3149-7184, Scopus ID: 57201339701

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

References

1. Baskakov S.M. Genesis of the theory of balance in the context of the development of world economic science. *ETAP: Economic Theory, Analysis, and Practice*. 2019; (5):83–101. EDN: <https://elibrary.ru/bqsgym>. <https://doi.org/10.24411/2071-6435-2019-10114> (In Russ.)
2. Ukhanova A.V. Methodological approaches review to the regional economy balance assessment. *Human Progress*. 2023; 9(4):12. EDN: <https://elibrary.ru/weotuw>. <https://doi.org/10.34709/IM.194.12> (In Russ.)

3. Maltsev Yu.G., Sultanov B.R. Study of socio-ecological and economic balance of the regions of the Russian Federation. *Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law*. 2022; 6(1):110–115. EDN: <https://elibrary.ru/bumytj>. <https://doi.org/10.17513/vaael.2253> (In Russ.)
4. Odintsov B.E., Romanov A.N. Company balancing process modeling. *Management Sciences*. 2016; 6(2): 101–112. EDN: <https://elibrary.ru/wdjvld> (In Russ.)
5. Makarevich L.O., Ulez'ko A.V. Balanced development of economic systems: essence and principles of provision. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2018; (4(59)):141–147. EDN: <https://elibrary.ru/ywqfvz>. <https://doi.org/10.17238/issn2071-2243.2018.4.141> (In Russ.)
6. Saadaoui J. Global imbalances: should we use fundamental equilibrium exchange rates? *Economic Modelling*. 2015; 47:383–398. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2015.02.007> (In Eng.)
7. Kleiner G.B., Rybachuk M.A. System balance of the economy: Monograph. M.: Publishing house «Scientific library», 2017. 320 p. EDN: <https://elibrary.ru/yubnut> (In Russ.)
8. Kozena M., Striteska M., Svoboda O. Dynamic balanced scorecard: model for sustainable regional development. *WSEAS transactions on environment and development*. 2011; 7(7):211–221. URL: <http://wseas.us/e-library/transactions/environment/2011/54-128.pdf> (accessed: 21.01.2025) (In Eng.)
9. Sachs J.D. From millennium development goals to sustainable development goals. *Lancet*. 2012; 379(9832):2206–2211. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)60685-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60685-0) (In Eng.)
10. Hirai T., Comim F. Measuring the sustainable development goals: a poset analysis. *Ecological Indicators*. 2022; 145:109605. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109605> (In Eng.)
11. Palash S.V. Structural balance of the economy: government programs for industrial development in the Russian Federation. *St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics*. 2017; 10(1):53–72. EDN: <https://elibrary.ru/ygdckt>. <https://doi.org/10.18721/JE.10105> (In Russ.)
12. Endovitskii D.A., Babicheva N.E., Lyubushin N.P. Using a resource-oriented approach to assess the economy's system-wide balance. *Economic analysis: theory and practice*. 2018; 17(12(483)):1298–1309. EDN: <https://elibrary.ru/xdvobc>. <https://doi.org/10.24891/ea.17.12.1298> (In Russ.)
13. Li L., Fan Zh., Feng W., Yuxin Ch., Keyu Q. Coupling coordination degree spatial analysis and driving factor between socio-economic and eco-environment in northern China. *Ecological Indicators*. 2022; 135:108555. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108555> (In Eng.)
14. Grinchel B.M. Balancing the factors of competitive attractiveness of the regions for harmonization of social and economic spheres and the activation of development synergy. *Economy of the North-West: Problems and Prospects of Development*. 2022; (4(71)):46–53. EDN: <https://elibrary.ru/ogfeuh>. <https://doi.org/10.52897/2411-4588-2022-4-46-53> (In Russ.)
15. Zhu H., Jiang S., Zhao X. Spatial-temporal evolution and determinants of green economy efficiency: an integrated analytical approach. *Sustainable Futures*. 2024; 8:100359. <https://doi.org/10.1016/j.sftr.2024.100359> (In Eng.)
16. Uxó J., Febrero E., Ayala I., Villanueva P. Debt sustainability and policy targets: full employment or structural balance? A simulation for the Spanish economy. *Structural Change and Economic Dynamics*. 2024; 69:475–487. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2024.03.005> (In Eng.)
17. Davankov A.Yu., Dvinin D.Yu., Maltsev Yu.G. Modeling the level of balance of the socio-ecological and economic system of the region in the transition to alternative energy. *Management in modern system*. 2021; (2(30)):3–12. EDN: <https://elibrary.ru/rojnch>. <https://doi.org/10.24412/2311-1313-30-3-12> (In Russ.)
18. Management of balanced development of territorial systems: issues of theory and practice: monograph. Ed. by A.Y. Davankov, V.V. Sedov, G.N. Pryakhin, A.Yu. Shumakov. Chelyabinsk: ChelSU, 2016. 294 p. EDN: <https://elibrary.ru/vwwown>
19. Kleiner G.B., Rybachuk M.A. System balance of the Russian economy: regional perspective. *Economy of Regions*. 2019; 15(2):309–323. EDN: <https://elibrary.ru/wsplud>. <https://doi.org/10.17059/2019-2-1> (In Russ.)
20. Kleiner G.B., Rybachuk M.A., Steblyanskaya A.N. System balance index as an indicator of the Russian gas industry's sustainable growth. *Finance: Theory and Practice*. 2021; 25(4):37–47. EDN: <https://elibrary.ru/fchaid>. <https://doi.org/10.26794/2587-5671-2021-25-4-37-47> (In Eng.)
21. Rybachuk M.A. Cross-level balance of mesoeconomic systems. *Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya*. 2022; (10(130)):4–11. EDN: <https://elibrary.ru/obmuxn>. <https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2022.10.01.001> (In Russ.)

22. Gumerov M.F. Developing the methods of decision-making in management of IT-products' entering the market under modern circumstances. *Economics and quality of communication systems*. 2023; (3(29)):4–13. EDN: <https://elibrary.ru/gzcrrb> (In Russ.)
23. Shcherbakov G.A. The problems of cyclicity in the system economy. *Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya*. 2020; 1(1):18–24. EDN: <https://elibrary.ru/yyrann> (In Russ.)
24. Kulapov M.N., Zhuravlev P.V. New system directions in the management of the real sector of the Russian mesoeconomy. *Journal of Modern Competition*. 2024; 18(3(99)):96–108. EDN: <https://elibrary.ru/vlmlgm>. <https://doi.org/10.37791/2687-0657-2024-18-3-96-108> (In Russ.)
25. Nikonova A.A. Keynes trilemma from the viewpoint of Kleiner tetrad under the cataclysms in the society. *Russian Journal of Economics and Law*. 2022; 16(1):5–25. EDN: <https://elibrary.ru/qoaymj>. <https://dx.doi.org/10.21202/2782-2923.2022.1.5-25> (In Russ.)
26. Shamsutdinova M.R. Mapping of regions as an element of the systemic balance of the regional economy. *RGGU Bulletin. Series: Economics. Management. Law*. 2023; (4):89–99. EDN: <https://elibrary.ru/lefnfj>. <https://dx.doi.org/10.28995/2073-6304-2023-4-89-99> (In Russ.)
27. Iacopini M., Poon A., Rossini L., Zhu D. Bayesian mixed-frequency quantile vector autoregression: eliciting tail risks of monthly US GDP. *Journal of Economic Dynamics and Control*. 2023; 157:104757. <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2023.104757> (In Eng.)
28. Canoz I., Kalkavan H. Forecasting the dynamics of the Istanbul real estate market with the Bayesian time-varying VAR model regarding housing affordability. *Habitat International*. 2024; 148:103055. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2024.103055> (In Eng.)
29. Prokopchina S.V. Ecosystem measurements based on Bayesian intelligent technologies. *Soft Measurements and Computing*. 2024; 74(1-2):5–13. EDN: <https://elibrary.ru/ockzvn>. <https://doi.org/10.36871/2618-9976.2024.01-2.001> (In Russ.)
30. Kupriyanov M.S., Kholod I.I., Prokopchina S.V. et al. Soft calculations and measurements. Volume 5. Methods, information technologies and means of intellectual information processing in the tasks of digitalization: monograph. Moscow: Publishing house «Scientific library», 2019. 616 p. EDN: <https://elibrary.ru/ndhmcl> (In Russ.)

The article was submitted 28.01.2025; approved after reviewing 13.03.2025; accepted for publication 21.03.2025

About the author:

Roman A. Zhukov, Doctor of Economic Sciences, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor; Leading Researcher; SPIN: 3149-7184, Scopus ID: 57201339701

The author read and approved the final version of the manuscript.