

УДК 330.44

Системный анализ эффективности функционирования отраслей промышленного производства на региональном уровне

А. А. Ермакова¹, М. В. Цапенко²

¹Самарский государственный технический университет, Россия,
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244.

²Самарский национальный исследовательский университет имени академика
С. П. Королева, Россия, 443086, Самара, Московское шоссе, 34.

Аннотация

В статье представлены результаты системного анализа эффективности функционирования отраслей народного хозяйства и их влияния на формирование валового регионального продукта (ВРП). Системный анализ эффективности основан на процедурах двухэтапного многокритериального оценивания методом Data Envelopment Analysis (DEA). Обработаны статистические данные по производству ВРП для восьми федеральных округов РФ и определены округа с наибольшей эффективностью производства ВРП. Для регионов Центрального федерального округа (ЦФО), определены отрасли промышленного производства, имеющие преимущественное влияние на формирование ВРП. Произведена оценка и сравнение эффективности формирования ВРП регионов ЦФО.

Ключевые слова: Data Envelopment Analysis; эффективность функционирования; многокритериальная оценка; валовый региональный продукт.

Получение: 10 октября 2024 г. / Исправление: 9 ноября 2024 г. /

Принятие: 9 декабря 2024 г. / Публикация онлайн: 28 января 2025 г.

Региональная и отраслевая экономика (научная статья)

© Коллектив авторов, 2024

© Самарский университет, 2024 (составление, дизайн, макет)

Этот контент публикуется на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru>)

Образец для цитирования:

Ермакова А. А., Цапенко М. В. Системный анализ эффективности функционирования отраслей промышленного производства на региональном уровне // *Вестник Самарского университета. Экономика и управление*, 2024. Т. 15, № 4. С. 36–44. doi: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2024-15-4-36-44>.

Сведения об авторах:

Анжела Александровна Ермакова  <http://orcid.org/0009-0009-7061-6162>

аспирант, ассистент кафедры «Управление и системный анализ теплоэнергетических и социотехнических комплексов»;

e-mail: khapalina.aa@samgtu.ru

Михаил Владимирович Цапенко  <http://orcid.org/0000-0002-7138-9514>

кандидат экономических наук, доцент кафедры «Менеджмент и организация производства»;

e-mail: tsapenko@ssau.ru

Введение

Оценить эффективность экономической деятельности региона возможно опираясь на информацию различных рейтинговых агентств, которые оперируют большим числом частных критериев оценки эффективности. Другим способом оценки эффективности является модельный подход на основе экономико-математических методов многокритериального оценивания и системного анализа.

Одной из наиболее показательных характеристик региональной экономики является валовой региональный продукт. Этот показатель отражает количество произведенных товаров и услуг в рассматриваемом субъекте и характеризует общий уровень благосостояния жителей региона. Объем производства ВРП служит одним из основополагающих показателей при распределении субсидий государственного бюджета по субъектам. Таким образом, оценка эффективности производства ВРП является актуальной задачей исследования, которая может быть решена с помощью методов многокритериального оценивания.

Научная новизна проведенного исследования заключается в применении двухэтапной многокритериальной модели оценки сравнительной эффективности на основе метода Data Envelopment Analysis.

Цель исследования – ранжировка объектов оценивания для определения наиболее эффективных групп методом многокритериального оценивания на конечном множестве альтернатив.

Полученные результаты могут быть применены в области управления региональными социально-экономическими системами и отраслями промышленности с целью повышения эффективности функционирования в условиях многокритериальности.

В практике управления решения такой задачи востребованы по причине наличия множества частных локальных критериев эффективности, имеющих различную экономическую природу, измерители и способы исчисления. Эти критерии, как правило, противоречивы и имеют антагонистический характер поведения при реализации целевой функции объекта управления [1, 2].

1. Постановка задачи исследования и методология

ВРП позволяет оценить экономическую эффективность деятельности отдельного региона или округа, однако, это не единственная его функция. Этот показатель является ориентиром при распределении бюджетных средств по субъектам, так как позволяет оценить их экономический потенциал. Поэтому важной задачей является оценка эффективности производства ВРП и влияющих на него факторов – в первую очередь затрат ресурсов.

Решением поставленной задачи является разработка моделей многокритериального оценивания сравнительной эффективности региональных экономических систем с целью их ранжировки для определения наиболее эффективных на конечном множестве альтернатив.

В ходе настоящего исследования эту задачу предлагается решать в три этапа:

- провести многокритериальную оценку эффективности производства ВРП по Федеральным округам РФ;
- оценить эффективности производства ВРП по регионам наиболее эффективного округа;
- оценить производственные отрасли региональных экономик, имеющие наибольшее влияние на формирование ВРП.

Для решения задачи многокритериальной оценки эффективности регионов и отраслей применяется метод *DEA*. Замысел этого метода заключается в идентификации «границы эффективности», относительно которой оцениваются исследуемые объекты [3–7]. Под эффективностью в этом случае понимается отношение выходных характеристики системы, например, произведенной продукции, к входным характеристикам, например, затраченным ресурсам для производства этой продукции. Выбранная методика получила широкое распространение для решения задач многокритериального оценивания в различных сферах деятельности [8–12].

Общая постановка задачи многокритериальной оценки методом *DEA* выглядит следующим образом.

На рис.1 показан первый этап формализации системы оценки объекта, преобразующий входные характеристики (X) в выходные характеристики (Y).



Рис. 1: Структура объекта оценивания.

Fig. 1: Structure of the object of estimation.

Далее собираются исходные данные по значениям входных X_m и выходных Y_k характеристик объектов оценки и конструируется обобщённый критерий эффективности в виде отношения аддитивного взвешенного набора выходных характеристик к входным.

Для расчёта численного значения этого критерия ставится задача математического программирования:

- найти максимум функционала обобщённой эффективности:

$$f = \frac{u_{1j}Y_{1j} + u_{2j}Y_{2j} + \dots + u_{kj}Y_{kj}}{v_{1j}X_{1j} + v_{2j}X_{2j} + \dots + v_{mj}X_{mj}} \rightarrow \max_{(u_{ij}, v_{lj}) \in G_j}, \quad j = \overline{1, N}, \quad (1)$$

- при наличии системы ограничений:

$$\frac{u_{1j}Y_{1j} + u_{2j}Y_{2j} + \dots + u_{kj}Y_{kj}}{v_{1j}X_{1j} + v_{2j}X_{2j} + \dots + v_{mj}X_{mj}} \leq 1, \quad u_{ij} > 0, \quad v_{lj} > 0, \quad j = \overline{1, N} \quad (2)$$

Результатами решения задачи (1), (2) являются значения весовых коэффициентов u_{tn} и v_{tn} для каждого объекта, отражающих вклад соответствующих характеристик и количественная оценка обобщённого критерия эффективности, нормированная на единичном интервале.

Одной из разновидностей *DEA*-методики является модель *Superefficiency*, имеющая вид (3)–(4)

$$S_j = \frac{\bar{u}_{1j}Y_{1j} + \bar{u}_{2j}Y_{2j} + \dots + \bar{u}_{kj}Y_{kj}}{\bar{v}_{1j}X_{1j} + \bar{v}_{2j}X_{2j} + \dots + \bar{v}_{mj}X_{mj}} \rightarrow \max_{(\bar{u}_{ij}, \bar{v}_{lj}) \in \bar{G}_j} \quad (3)$$

$$\frac{\bar{u}_{1j}Y_{1j} + \bar{u}_{2j}Y_{2j} + \dots + \bar{u}_{kj}Y_{kj}}{\bar{v}_{1j}X_{1j} + \bar{v}_{2j}X_{2j} + \dots + \bar{v}_{mj}X_{mj}} \leq 1, \quad \forall \left(\begin{array}{l} j = \overline{1, N}; j \neq n; i = \overline{1, k}; \\ l = \overline{1, m}; \bar{u}_{ij} > 0; \bar{v}_{lj} > 0 \end{array} \right) \quad (4)$$

Отличие моделей (1), (2) и (3), (4) определяется наличием условия $j \neq n$, которое исключает ограничение ≤ 1 на значение обобщенного критерия эффективности для оцениваемого объекта, что позволяет получить оценку эффективности, превышающую единицу [13–15].

2. Ход исследования и полученные результаты

Для решения задачи системного анализа эффективности функционирования отраслей промышленного производства на региональном уровне реализуем алгоритмы *DEA*-метода на разных уровнях территориальных образований Российской Федерации.

Осуществим постановку функциональной модели объекта оценивания – выберем состав входных и выходных характеристик.

В качестве входных величин определим: численность занятых в региональной экономике (L) и стоимостную оценку основных фондов территориального образования (K). Выходной характеристикой в моделях определим результирующий фактор – объем ВРП субъекта (Y). На основе этой модели определим наиболее эффективные округа и регионы.

После определения регионов, имеющих наибольшую эффективность, необходимо перейти к следующему этапу исследования. Для его реализации нужно оценить влияние производственных отраслей каждого региона на формирование ВРП и выбрать из них наиболее значимые. Сравнение регионов будем проводить по совпадающим отраслям.

Исходными данными для расчета являются официальные статистические данные по анализируемым регионам [16].

Первым этапом производилась оценка эффективности формирования ВРП среди федеральных округов РФ. Результаты многокритериальной оценки представлены в таблице 3.

Таблица 1: Многокритериальная оценка сравнительной эффективности федеральных округов РФ

Table 1: Multicriteria assessment of the comparative efficiency of the federal districts of the Russian Federation

Округ	K , млн. руб.	L , тыс. чел.	Суммарный ВРП регионов, млн. руб.	Оценка SE эффективности по модели (3), (4)
Центральный	41439897	20958	47367524.5	120,86%
Северо-Западный	21959772	7299	18928860.6	104,82%
Южный	12001990	8021	9815610.9	69,72%
Северо-Кавказский	2205571	4309	3111332.3	123,41%
Приволжский	23115608	14175	19664499.4	73,15%
Уральский	43547756	5965	20073356.5	129,75%
Сибирский	13179687	7884	13054068.2	85,38%
Дальневосточный	14131803	3921	8655564.1	81,75%

Как видно из данных, представленных в таблице 3, наивысшие оценки эффективности получили Центральный, Северо-Западный, Северо-Кавказский и Уральский федеральные округа.

Следующим этапом является сравнительная оценка регионов, входящих в состав округов с наибольшей эффективностью. Рассмотрим решение этой задачи на примере Центрального федерального округа как самого крупного из анализируемой совокупности и получившего наивысшую оценку эффективности.

Результаты многокритериальной оценки эффективности производства ВРП в регионах Центрального федерального округа представлены в таблице 2.

Таблица 2: Многокритериальная оценка сравнительной эффективности регионов Центрального федерального округа

Table 2: Multicriteria assessment of comparative efficiency of the regions of the Central Federal District

Регион ЦФО	K , млн. руб.	L , тыс. чел.	Суммарный ВРП регионов, млн. руб.	Оценка SE эффективности по модели (3), (4)
Белгородская область	1039810	795	1311232.6	95,27%
Брянская область	579426	559	549347.1	71,29%
Владимирская область	671650	706	780490.4	87,20%
Воронежская область	1521225	1155	1377736.5	68,43%
Ивановская область	268625	474	364016.5	103,46%
Калужская область	945555	548	693947.6	55,69%
Костромская область	252444	273	276043.9	82%
Курская область	836436	537	665472.5	60,29%
Липецкая область	1168566	589	792823.2	51,28%
Московская область	6652761	4394	7720842.6	87,9%
Орловская область	383394	329	369901.2	72,73%
Рязанская область	944332	521	619185	49,79%
Смоленская область	628297	452	483299.8	58,18%
Тамбовская область	573148	496	473768.7	62,3%
Тверская область	1027545	612	629399	46,46%
Тульская область	1094853	795	1004283.2	69,37%
Ярославская область	1087494	597	748305.6	52,26%
г. Москва	21764336	7127	28507429.1	227,64%

Как видно из данных, представленных в таблице 2, по итогам оценки DEA-методом были определены следующие территориальные единицы Центрального федерального округа: Ивановская область и город федерального значения Москва.

Для реализации заключительного этапа исследования по результатам анализа официальных статистических данных [16] были отобраны отрасли промышленности, оказывающие наибольшее влияние на формирование ВРП рассматриваемых субъектов: «Обрабатывающие производства», «Торговля оптовая и розничная; ремонт автотранспортных средств и мотоциклов», «Транспортировка и хранение». Такое отраслевое деление соответствует вступившему в силу в 2017 году новому Общероссийскому классификатору видов экономической деятельности – ОКВЭД-2 [17].

Входными данными для реализации этого этапа системной оценки будут являться также затраты капитальных K и трудовых ресурсов L , а в качестве выходной характеристики возьмём SE оценку эффективности производства ВРП в рассматриваемом субъекте, полученную на предыдущем этапе исследования (2). Полученные результаты представлены в таблице 3.

Как видно из данных, представленных в таблице 3, наибольшую оценку эффективности в Ивановской области получила отрасль транспортировки и хранения. В г. Москва наиболее эффективной является отрасль обрабатывающего производства.

Полученные результаты позволяют провести ранжировку видов экономической деятельности в рассматриваемых регионах:

Таблица 3: Многокритериальная оценка сравнительной эффективности лидирующих видов экономической деятельности регионов с максимальной эффективностью

Table 3: Multicriteria assessment of comparative efficiency of leading economic activities of regions with maximum efficiency

Отрасль	K	L	SE (выход)	SE
Ивановская область				
Обрабатывающие производства	47457	96600	103,46%	78,64%
Торговля оптовая и розничная; ремонт автотранспортных средств и мотоциклов	75560	95300	103,46%	49,39%
Транспортировка и хранение	37322	28400	103,46%	335,56%
г. Москва				
Обрабатывающие производства	33058528	392100	227,64%	15,94%
Торговля оптовая и розничная; ремонт автотранспортных средств и мотоциклов	16160858	986500	227,64%	6,33%
Транспортировка и хранение	1549026034	380800	227,64%	8,21%

– отрасли «Обрабатывающие производства», «Торговля оптовая и розничная; ремонт автотранспортных средств и мотоциклов» Ивановской области характеризуются менее высокими оценками;

– наименьшие оценки эффективности были получены отраслями «Обрабатывающие производства», «Торговля оптовая и розничная; ремонт автотранспортных средств и мотоциклов» и «Транспортировка и хранение» в г. Москва. Такие результаты связаны с внушительными объемами затрачиваемых в этих отраслях ресурсов.

Заключение

1. Представлены результаты системного анализа эффективности функционирования отраслей народного хозяйства и их влияния на формирование валового регионального продукта (ВРП).
2. Полученные оценки позволяют сделать вывод о максимальной эффективности отрасли «Транспортировка и хранение» в Ивановской области.
3. Для регионов Центрального федерального округа (ЦФО), определены отрасли промышленного производства, имеющие преимущественное влияние на формирование ВРП.

Библиографический список

1. Орлов А.И., Луценко Е.В., Лойко В.И. Перспективные математические и инструментальные методы контроллинга // Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина. – 2015. – 600 с. ISBN: 978-5-94672-923-9. EDN: TNXMBL.
2. Fuh-Hwa Franklin Liu, Su-Chuan Shih Algorithms for Multi-Criteria Decision-Making and Efficiency Analysis Problems // Optimization and Control. – 2024. – Vol. 37. DOI: 10.48550/arXiv.2406.06090.

3. Farrel M.J. The Measurement of Productive Efficiency // Journal of the Royal Statistical Society, Series A (General). – 1957. – no. 3. – pp. 253–281.
4. Кривоножко В.Е., Пропой А.И., Сеньков Р.В., Родченков И.В., Анохин П.М Анализ эффективности функционирования сложных систем // Автоматизация проектирования. – 1999. – № 1. – С. 2–7.
5. Ратнер С.В., Шапошников А.М. Практические приложения сетевого анализа среды функционирования (Network Data Envelopment Analysis) // Экономический анализ: теория и практика. – 2023. – Т. 22. – № 5 (536). – С. 800–828. EDN: GONXIV.
6. Зеленская Е.М. Применение метода «Анализ среды функционирования» в оценке эффективности деятельности учреждений культуры // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Гуманитарные и общественные науки. – 2018. – № 2. – С. 39–51. EDN: XTAWXJ.
7. Игловская А.И., Сальникова А.А. Оценка эффективности систем корпоративной социальной ответственности электросетевых компаний России с использованием метода анализа среды функционирования // Век качества. – 2019. – № 3. – С. 86–105. EDN: MHJEXY.
8. Borrás F., Ruiz J.L., Sirvent I. Planning improvements through data envelopment analysis (DEA) benchmarking based on a selection of peers // Socio-Economic Planning Sciences. – 2024. – Vol. 95. – pp. 102020. DOI: 10.1016/j.seps.2024.102020.
9. Georgescu M.R., Lungu A.E. Innovation performance assessment of EU: A Data Envelopment Analysis (DEA) // Procedia Computer Science. – 2024. – Vol. 239. – pp. 1304–1311. DOI: 10.1016/j.procs.2024.06.300.
10. Qi H., Zhou Z., Li N., Zhang C. Construction safety performance evaluation based on data envelopment analysis (DEA) from a hybrid perspective of cross-sectional and longitudinal // Safety science. – 2022. – Vol. 146. – pp. 105532. DOI: 10.1016/j.ssci.2021.105532.
11. Kotnisa M., Guzowska M.K. Effectiveness of city halls' social networking sites in Poland based on the Data Envelopment Analysis (DEA) Methodology // Procedia Computer Science. – 2021. – Vol. 192. – pp. 4227–4236. DOI: 10.1016/j.procs.2021.09.199.
12. Longo L. et al. DEA (data envelopment analysis)-assisted supporting measures for ground coupled heat pumps implementing in Italy: A case study // Energy. – 2015. – Vol. 90. – Part 2. – pp. 1967–1972. DOI: 10.1016/j.energy.2015.07.024.
13. Hadad Y., Friedman L., Sinuany-Stern Z., Mehrez A. DEA super efficiency multistage ranking // Computer Modelling New Technologies. – 2003. – Vol. 7. – no. 1. – pp. 37–46.
14. Mahajan V., Nauriyal D.K., Singh S.P. Efficiency and Ranking of Indian Pharmaceutical Industry: Does Type of Ownership Matter? // Eurasian Journal of Business and Economics. – 2014. – Vol. 7. – no. 14. – С. 29–50. DOI: 10.17015/ejbe.2014.014.02.
15. Селамзаде Ф.Д. Оценка эффективности системы здравоохранения Российской Федерации с помощью оболочечного анализа данных: на примере Республик // Globus: Экономика и юриспруденция. – 2021. – Т. 7. – № 1(41). – С. 7–20. EDN: WPKSRW.
16. Российский статистический ежегодник. 2023: статистический сборник // Росстат. – М. – 2023. – 701 с.
17. Приказ Росстандарта «О внесении изменений в приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 31 января 2014 г. № 14-ст «О принятии и введении в действие Общероссийского классификатора видов экономической деятельности (ОКВЭД2) ОК 029-2014 (КДЕС Ред. 2) и Общероссийского классификатора продукции по видам экономической деятельности (ОКПД2) ОК 034-2014 (КПЕС 2008)» от 10.11.2015 № 1745-ст. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_189085/ (дата обращения: 08.09.2024).

System analysis of the efficiency of functioning of industrial production sectors at the regional level

A. A. Ermakova¹, M. V. Tsapenko²,

¹ Samara State Technical University, 244, Molodogvardeyskaya st.,
Samara, 443100, Russia.

² Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russia.

Abstract

The article presents the results of the system analysis of the efficiency of the national economy sectors and their impact on the formation of the gross regional product (GRP). The system analysis of efficiency is based on the procedures of two-stage multi-criteria assessment using the Data Envelopment Analysis (DEA) method. The statistical data on GRP production for eight federal districts of the Russian Federation are processed and the districts with the highest efficiency of GRP production are identified. For the regions of the Central Federal District (CFD), the branches of industrial production that have a predominant influence on the formation of GRP are identified. The efficiency of GRP formation of the regions of the CFD is assessed and compared.

Keywords: Data Envelopment Analysis; performance efficiency; multi-criteria assessment; gross regional product.

Received: Thursday 10th October, 2024 / Revised: Saturday 9th November, 2024 /
Accepted: Monday 9th December, 2024 / First online: Tuesday 28th January, 2025

Regional and Sectoral Economics (Research Article)

© Authors, 2024

© Samara University, 2024 (Compilation, Design, and Layout)

Ⓙ © ⓘ The content is published under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Please cite this article in press as:

Ermakova A. A., Tsapenko M. V. System analysis of the efficiency of functioning of industrial production sectors at the regional level, *Vestnik Samarskogo Universiteta. Ekonomika i Upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2024, vol. 15, no. 4, pp. 36–44. doi:<http://doi.org/10.18287/2542-0461-2024-15-4-36-44> (In Russian).

Authors' Details:

Angela A. Ermakova  <http://orcid.org/0009-0009-7061-6162>

Graduate Student, Assistant of the Department of Management and System Analysis of Thermal Power and Socio-Technical Complexes;

e-mail: khapalina.aa@samgtu.ru

Mikhail V. Tsapenko  <http://orcid.org/0000-0002-7138-9514>

Candidate of Economics, associate professor of the Department of Management and organization of production; e-mail: tsapenko@ssau.ru

References

1. Orlov A.I., Lutsenko E.V., Loiko V.I. Promising mathematical and instrumental methods of controlling // Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin. – 2015. – 600 p. ISBN: 978-5-94672-923-9. EDN: TNXMBL. (In Russ.)
2. Fuh-Hwa Franklin Liu, Su-Chuan Shih Algorithms for Multi-Criteria Decision-Making and Efficiency Analysis Problems // Optimization and Control. – 2024. – Vol. 37. DOI 10.48550/arXiv.2406.06090.
3. Farrel M.J. The Measurement of Productive Efficiency // Journal of the Royal Statistical Society, Series A (General). – 1957. – No. 3. – pp. 253–281.
4. Krivonozhko V.E., Propoy A.I., Senkov R.V., Rodchenkov I.V., Anokhin P.M. Analysis of the efficiency of functioning of complex systems // Automation of design. – 1999. – No. 1. – pp. 2–7. (In Russ.)
5. Ratner S.V., Shaposhnikov A.M. Practical applications of network data envelopment analysis // Economic analysis: theory and practice. – 2023. – Vol. 22. – No. 5 (536). – pp. 800–828. EDN: GOHXIB. (In Russ.)
6. Zelenskaya E.M. Application of the method "Analysis of the operating environment" in assessing the effectiveness of cultural institutions // Bulletin of the Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Humanities and social sciences. – 2018. – No. 2. – pp. 39–51. EDN: XTAWXJ. (In Russ.)
7. Iglvskaya A.I., Sahnikova A.A. Evaluation of the effectiveness of corporate social responsibility systems of Russian electric grid companies using the method of analyzing the operating environment // Century of quality. – 2019. – No. 3. – pp. 86–105. EDN: MHJEXY. (In Russ.)
8. Borrás F., Ruiz J.L., Sirvent I. Planning improvements through data envelopment analysis (DEA) benchmarking based on a selection of peers // Socio-Economic Planning Sciences. – 2024. – Vol. 95. – pp. 102020. DOI: 10.1016/j.seps.2024.102020.
9. Georgescu M.R., Lungu A.E. Innovation performance assessment of EU: A Data Envelopment Analysis (DEA) // Procedia Computer Science. – 2024. – Vol. 239. – pp. 1304–1311. DOI: 10.1016/j.procs.2024.06.300.
10. Qi H., Zhou Z., Li N., Zhang C. Construction safety performance evaluation based on data envelopment analysis (DEA) from a hybrid perspective of cross-sectional and longitudinal // Safety science. – 2022. – Vol. 146. – pp. 105532. DOI: 10.1016/j.ssci.2021.105532.
11. Kotnisa M., Guzowska M.K. Effectiveness of city halls' social networking sites in Poland based on the Data Envelopment Analysis (DEA) Methodology // Procedia Computer Science. – 2021. – Vol. 192. – pp. 4227–4236. DOI: 10.1016/j.procs.2021.09.199.
12. Longo L. et al. DEA (data envelopment analysis)-assisted supporting measures for ground coupled heat pumps implementing in Italy: A case study // Energy. – 2015. – Vol. 90. – Part 2. – pp. 1967–1972. DOI: 10.1016/j.energy.2015.07.024.
13. Hadad Y., Friedman L., Sinuany-Stern Z., Mehrez A. DEA super efficiency multistage ranking // Computer Modelling New Technologies. – 2003. – Vol. 7. – No. 1. – pp. 37–46.
14. Mahajan V., Nauriyal D.K., Singh S.P. Efficiency and Ranking of Indian Pharmaceutical Industry: Does Type of Ownership Matter? // Eurasian Journal of Business and Economics. – 2014. – Vol. 7. – No. 14. – pp. 29–50. DOI: 10.17015/ejbe.2014.014.02.
15. Selamzade F.D. Evaluation of the effectiveness of the healthcare system of the Russian Federation using shell data analysis: on the example of the Republics // Globus: Economics and Jurisprudence. – 2021. – Vol. 7. – No. 1 (41). – pp. 7–20. EDN: WPKSRW. (In Russ.)
16. Russian statistical yearbook. 2023: statistical collection // Rosstat. – M. – 2023. – 701 p. (In Russ.)
17. Order of Rosstandart "On Amendments to the Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated January 31, 2014 No. 14-st "On the Adoption and Implementation of the All-Russian Classifier of Types of Economic Activity (OKVED2) OK 029-2014 (KDES Rev. 2) and the All-Russian Classifier of Products by Type of Economic Activity (OKPD2) OK 034-2014 (KPES 2008)" dated November 10, 2015 No. 1745-st. [Electronic resource]. Access mode: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_189085/ (accessed: 08.09.2024). (In Russ.)