

УДК 338.001.36

EDN: ETAWKX

Д.Н. Лапаев, О.Н. Лапаева, Я.С. Поташник

МНОГОПРОЕКЦИОННАЯ ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ РЕГИОНОВ СИБИРСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева
Нижегород, Россия

Поставлена и решена задача многопроекционного сравнительного анализа состояния регионов Сибирского федерального округа в контексте устойчивого развития. Использована официальная статистика Росстата за 2020-2022 гг. Рассмотрены экономическая, социальная и экологическая проекции. Первая проекция объединяет: валовой региональный продукт и объем инвестиций в основной капитал, отнесенные на душу населения, а также удельный вес убыточных организаций. Вторая проекция включает: соотношение денежных доходов населения и величины прожиточного минимума, уровень безработицы и коэффициент естественного прироста населения. Третья проекция содержит: долю уловленных и обезвреженных загрязняющих атмосферу веществ в общем количестве отходящих загрязняющих веществ от стационарных источников, сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты и долю утилизированных отходов в общем объеме образованных отходов. При реализации межрегиональных сопоставлений в проекциях задействован принцип Парето и основанный на нем методический комплекс формирования эффективного множества и нижестоящих рангов. Кластеры синтезированы посредством пересечения оптимальных решений проекций. По результатам расчетов установлена значительная дифференциация 10 субъектов округа на протяжении указанного периода. Количество кластеров варьирует от 5 до 7, а их емкость – от 1 до 4 регионов. Лидерами являются Красноярский край и Иркутская область, наиболее напряженной является ситуация в Республике Тыва и Хакасия.

Ключевые слова: устойчивое развитие; региональная экономика; показатель; проекция; многокритериальная оптимизация; многопроекционный выбор; ранг; кластер.

Введение. Целью статьи является проведение сравнительного анализа состояния регионов Сибирского федерального округа (СФО) в период 2020-2022 гг. в контексте устойчивого развития. Рассматриваемый временной интервал охватывает пандемийный период, который не был стабильным в силу введения, а затем периода снятия тех или иных ограничений, су-

щественно влиявших на экономику и социальную сферу. Исходная информация заимствована из статистического сборника «Регионы России. Социально-экономические показатели. 2023» [1].

Традиционно под устойчивым развитием понимается сбалансированное гармоничное состояние различного рода систем в экономическом, социальном и экологическом аспектах в динамике. При этом каждый аспект важен и раскрывается совокупностью (набором) показателей в составе одноименной группы (проекции). Авторское исследование базируется на принципе Парето и соответствующих методиках построения эффективного множества и нижестоящих рангов [2-18]. Многопроекционный выбор осуществлен согласно рекомендациям [19-20].

Исходные данные. Экономическая проекция содержит три классических коэффициента: K1 – валовой региональный продукт на душу населения (руб.); K2 – объем инвестиций в основной капитал на душу населения (руб.); K3 – удельный вес убыточных организаций (в % от общего числа организаций).

Социальная проекция объединяет три профильных коэффициента: K4 – соотношение денежных доходов населения и величины прожиточного минимума (раз); K5 – уровень безработицы (%); K6 – коэффициент естественного прироста населения на 1000 человек (промилле).

Экологическая проекция включает три характерных коэффициента: K7 – доля уловленных и обезвреженных загрязняющих атмосферу веществ в общем количестве отходящих загрязняющих веществ от стационарных источников (%); K8 – сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты (куб. м на 1 чел.); K9 – доля утилизированных отходов в общем объеме образованных отходов (в долях единицы).

Выбор показателей осуществлен экспертно, исходя из цели исследования и наличия официальной статистической информации в открытом доступе. Показатели K1, K2, K4, K6, K7 и K9 подлежат максимизации, а остальные – минимизации. Три проекции в комплексе формируют целостное представление об устойчивости региональных экономик.

Статистические данные за 2020-2022 гг. сведены в табл. 1. Здесь и далее принято следующее цифровое обозначение регионов СФО: Республика Алтай (1), Республика Тыва (2), Республика Хакасия (3), Алтайский край (4), Красноярский край (5), Иркутская область (6), Кемеровская область (7), Новосибирская область (8), Омская область (9) и Томская область (10).

Таблица 1.

Показатели состояния регионов СФО в 2020-2022 гг.

№ субъектов	К1	К2	К3	К4	К5	К6	К7	К8	К9
2020 г.									
1	284949,7	14904	20,0	2,03	14,0	2,0	16,6	1,89	0,0026
2	250036,7	19304	37,2	1,78	18,0	10,8	66,1	24,10	0,25
3	499322,3	34676	32,2	2,02	8,7	-3,9	66,0	48,39	0,52
4	287906,5	121961	28,3	2,34	5,9	-7,9	74,9	5,89	0,81
5	952472,3	480203	29,8	2,52	6,0	-4,2	69,3	112,30	0,94
6	627049,7	389990	28,9	2,30	7,7	-3,7	78,6	185,05	0,98
7	395017,2	275045	36,3	2,45	6,7	-7,7	65,4	100,57	0,45
8	486514,5	265706	36,8	2,67	6,7	-5,0	83,5	29,57	0,0036
9	402199,5	200450	25,1	2,65	8,9	-6,3	90,8	66,63	0,26
10	514708,8	101399	23,7	2,44	8,6	-4,1	52,1	169,16	0,12
2021 г.									
1	322413,4	14704	27,1	2,20	12,0	0,2	7,5	1,42	0,003
2	267794,7	14612	33,0	1,80	15,0	10,9	57,4	17,91	0,68
3	580016,0	49916	29,7	2,21	6,4	-6,2	63,1	54,24	0,66
4	370434,3	124876	25,7	2,44	5,5	-10,8	72,6	6,44	0,67
5	1074424,2	592071	28,3	2,69	3,6	-6,5	65,9	113,31	0,76
6	813312,4	516289	23,1	2,49	6,0	-6,6	74,9	179,59	0,87
7	690143,0	340022	25,6	2,61	5,4	-10,0	65,8	86,30	0,43
8	581018,3	331105	27,2	2,87	6,1	-6,8	82,6	28,93	0,003
9	415536,8	191473	26,6	2,82	6,5	-8,7	89,9	64,89	0,18
10	660598,1	107764	21,4	2,54	6,8	-6,6	40,0	171,05	0,10
2022 г.									
1	314997,9	31140	28,3	2,14	9,8	1,5	7,2	1,42	0,0001
2	367146,5	17314	36,3	1,64	9,5	9,1	41,1	17,81	0,31
3	533614,7	48196	33,7	2,04	3,3	-3,9	75,8	58,31	0,21
4	377472,6	145865	28,1	2,51	3,7	-7,6	85,0	6,07	0,12
5	1105582,5	747818	28,5	2,70	2,7	-4,1	70,7	104,88	0,35
6	830392,0	833682	26,0	2,37	5,0	-3,7	79,2	189,90	0,20
7	664607,7	365621	25,2	2,58	4,1	-7,2	71,1	79,07	0,07
8	582761,4	322428	27,0	2,84	4,7	-4,1	82,6	27,54	0,01
9	437560,3	191360	24,0	2,79	5,3	-5,4	90,7	65,70	0,006
10	656634,5	11765	21,0	2,48	5,2	-3,9	30,2	154,15	0,45

Источник: [1]

Инструментарий. Алгоритм построения кластера по совокупности проекций, выполненный согласно рекомендациям [19-22], представлен на рис. 1.



Рис. 1. Блок-схема алгоритма формирования кластера при исследовании устойчивости регионов

Источник: разработано авторами

Обратимся к статистике 2020 г. (табл. 1) и выделим первый кластер. Посредством построчного упорядочения регионов по мере возрастания эффективности деятельности получим три сортированных массива проекций.

1 – экономическая проекция

2	1	4	7	9	8	3	10	6	5
1	2	3	10	4	9	8	7	6	5
2	8	7	3	5	6	4	9	10	1

2 – социальная проекция

2	3	1	6	4	10	7	5	9	8
2	1	9	3	10	6	(7)	(8)	5	4
4	7	9	8	5	10	3	6	1	2

3 – экологическая проекция

1	10	7	3	2	5	4	6	8	9
6	10	5	7	9	3	8	2	4	1
(1	8)	10	2	9	7	3	4	5	6

В скобках приведены номера регионов, имеющих равные величины показателей.

Сформируем эффективное множество (первый ранг) в проекции 1, первая итерация.

Оптимумы (крайние правые альтернативы)	Доминируемые варианты (слева от оптимумов)
5	2, 3, 7, 8
1	–
Остаток 4, 6, 9, 10	

Вторая итерация.

4	9	10	6
10	4	9	6
6	4	9	10

Оптимумы	Доминируемые варианты
6	–
10	
Остаток 4 и 9, где доминирует 9	Решение: $M^1_{эф} = \{1, 5, 6, 9, 10\}$

Эффективные множества в двух других проекциях имеют вид – $M^2_{эф} = \{1, 2, 4, 5, 6, 8, 10\}$ и $M^3_{эф} = \{1, 4, 5, 6, 8, 9\}$. Здесь и далее верхний индекс показывает номер проекции.

Путем пересечения паретовских множеств проекций синтезируем первый кластер: $M^1_{кл} = \{1, 5, 6, 9, 10\} \cap \{1, 2, 4, 5, 6, 8, 10\} \cap \{1, 4, 5, 6, 8, 9\} = \{1, 5, 6\}$. Его составляют Республика Алтай, Красноярский край и Иркутская область.

Рассмотрим построение второго кластера. Он формируется аналогично в соответствии со схемой рис. 1. Предстоит сопоставить регионы 2–4 и 7–10.

1 – экономическая проекция

2	4	7	9	8	3	10
2	3	10	4	9	8	7
2	8	7	3	4	9	10

2 – социальная проекция

2	3	4	10	7	9	8
2	9	3	10	(7	8)	4
4	7	9	8	10	3	2

3 – экологическая проекция

10	7	3	2	4	8	9
10	7	9	3	8	2	4
8	10	2	9	7	3	4

Находим эффективное множество в проекции 1, первая итерация.

Оптимумы	Доминируемые варианты
10	2, 3
7	2
Остаток 4, 8, 9	

Вторая итерация.

4	9	8
4	9	8
8	4	9

Оптимумы	Доминируемые варианты
8	–
9	4
	Решение: $M^1_{эф} = \{7, 8, 9, 10\}$

Эффективные множества проекций 2 и 3 имеют вид – $M^2_{эф} = \{2, 3, 4, 7, 8, 10\}$ и $M^3_{эф} = \{4, 8, 9\}$. Посредством пересечения паретовских множеств проекций синтезируем второй кластер: $M2_{кл} = \{7, 8, 9, 10\} \cap \{2, 3, 4, 7, 8, 10\} \cap \{4, 8, 9\} = \{8\}$ (Новосибирская область).

Если эффективные множества (первые ранги) проекций не пересекаются, то согласно алгоритму, в анализ приводятся нижестоящие вторые ранги, реализуется квазиэффективный выбор и синтезируется квазикластер.

Обсуждение результатов. Не приводя в статье типовые расчеты за 2021 и 2022 гг., обратимся к заключительной табл. 2, содержащей итоги трехпроекционной оптимизации.

Таблица 2.

Кластеризация регионов СФО в системе показателей устойчивого развития

Год	Номер, состав и тип кластера (* – квазикластер)						
	1	2	3	4	5	6	7
2020	1, 5, 6	8	9	4	3, 7*	2, 10	–
2021	5	6	4, 7, 8, 9*	1, 3, 10*	2	–	–
2022	6, 10	5	9*	8*	3, 4*	7	1, 2

Источник: составлена авторами на основе расчетов

Таким образом, наблюдается значительная дифференциация 10 субъектов округа на протяжении рассматриваемого периода. Количество кластеров варьирует от пяти до семи, а их емкость – от одного до четырех регионов. Лидерство демонстрируют Красноярский край и Иркутская область, напряженная ситуация складывается в Республиках Тыва и Хакасия.

Выводы. Для исследования динамической устойчивости регионов Сибирского федерального округа в работе обоснован и реализован наглядный и эффективный многопроекционный алгоритм, базирующийся на классическом принципе Парето и производных от него инструментах, одно из достоинств которого заключается в отсутствии потребности взвешивания оптимизируемых показателей. Однако субъективизм присутствует в выборе показателей и их проецировании. Данный алгоритм может быть успешно применен при большом количестве проекций и показателей для исследования широкого спектра социально-экономических систем на различных уровнях управления экономикой.

© Лапаев Д.Н., Лапаева О.Н., Поташник Я.С., 2024

Библиографический список

- [1] Регионы России. Социально-экономические показатели. 2023: Стат. сб. / Росстат. М., 2023. 1126 с.
- [2] Аленкова И.В., Лапаева О.Н. Безопасность регионов Центрального федерального округа в экономико-инновационном аспекте // Развитие и безопасность. 2023. № 1 (17). С. 74-83.
- [3] Инновационное развитие промышленных комплексов в регионе: монография / Г.А. Морозова, В.А. Мальцев, К.В. Мальцев, Д.Н. Лапаев. Нижний Новгород: Волго-Вятская акад. гос. службы, 2010. 160 с.
- [4] Инструментарий оценки инновационной деятельности регионов: многокритериальный анализ методом Парето / С.Н. Митяков, Е.С. Митяков, Д.Н. Лапаев, Г.Н. Яковлева // Инновации. 2021. № 2 (268). С. 77-82.
- [5] Лапаев Д.Н., Лапаева О.Н., Поташник Я.С. Безопасность обрабатывающих производств Владимирской области в экономико-инновационном аспекте // Экономика, предпринимательство и право. 2023. Т. 13. № 8. С. 3005-3018.
- [6] Лапаев Д.Н. Безопасность регионов Приволжского федерального округа в экономико-инновационном аспекте // Экономическая безопасность. 2023. Т. 6. № 1. С. 291-314.
- [7] Лапаев Д.Н., Максимов Ю.М., Митяков С.Н. К вопросу о точности определения значений показателей качества в задаче многокритериального выбора и способе компенсации ошибок в их определении // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. 2020. № 2 (58). С. 34-39.
- [8] Лапаев Д.Н. Многокритериальное принятие решений в экономике: монография. Нижний Новгород: Волж. гос. инж.-пед. ун-т, 2010. 362 с.
- [9] Лапаев Д.Н. Многокритериальное принятие решений в экономике: монография. 2-е изд. Нижний Новгород: Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексева, 2016. 281 с.
- [10] Лапаев Д.Н., Лапаева О.Н. Многокритериальное сравнение альтернатив в экономике: монография. Нижний Новгород: Волж. гос. инж.-пед. ун-т, 2011. 215 с.

- [11] Лапаев Д.Н., Митяков Е.С., Мокрецова Е.С. Мониторинг устойчивого развития отраслей промышленности на основе многокритериального подхода // Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО. 2013. № 5. С. 168-171.
- [12] Лапаева О.Н. Многокритериальная оценка экономического состояния предприятий и отраслей промышленности и выбор предпочтительных альтернатив: монография. Нижний Новгород: Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева, 2015. 145 с.
- [13] Лапаева О.Н. Многокритериальный сравнительный анализ альтернатив и выбор предпочтительных решений // Вестник Череповецкого государственного университета. 2011. № 2-2 (30). С. 23-25.
- [14] Мониторинг научно-технологической безопасности регионов России: многокритериальный анализ / С.Н. Митяков, Д.Н. Лапаев, Е.С. Митяков, А.И. Ладыхин // Инновации. 2022. № 3 (281). С. 18-25.
- [15] Парето В. Компендиум по общей социологии: [пер. с итал.]. М.: Гос. ун-т Высш. шк. экономики, 2007. 511 с.
- [16] Парето В. Трансформация демократии: [пер. с итал.]. М.: РИОР: ИНФРА-М, 2017. 154 с.
- [17] Парето В. Учебник политической экономии: [пер. с франц.]. М.: РИОР: ИНФРА-М, 2017. 472 с.
- [18] Управление диверсификацией производства на предприятиях оборонно-промышленного комплекса: монография / Под ред. А.М. Батьковского. М.: Онтотринт, 2021. 344 с.
- [19] Лапаев Д.Н. Многопроекционная оценка безопасности регионов Приволжского федерального округа в экономико-инновационном аспекте // Экономическая безопасность. 2024. Т. 7. № 2. С. 425-442.
- [20] Лапаев Д.Н., Лапаева О.Н. Принципы выбора многопроекционного решения в экономике // Аудит и финансовый анализ. 2015. № 4. С. 415-417.
- [21] Лапаева О.Н. Многопроекционная оценка состояния промышленных экономических систем: монография. Нижний Новгород: Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева, 2018. 371 с.
- [22] Лапаева О.Н. Многопроекционная сравнительная оценка альтернатив в экономике: монография. Нижний Новгород: Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева, 2017. 210 с.

D.N. Lapaev, O.N. Lapaeva, Ya.S. Potashnik

**MULTI-PROJECTION ASSESSMENT
SUSTAINABILITY OF THE REGIONS
SIBERIAN FEDERAL DISTRICT**

Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev
Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The paper sets and solves the problem of a multi-projection comparative analysis of the state of the regions of the Siberian Federal District in the context of sustainable development. The official statistics of Rosstat for 2020-2022 were used. The economic, social and environmental projections are considered. The first projection combines: the gross regional product and the volume of investments in fixed assets, attributed per

capita, as well as the proportion of unprofitable organizations. The second projection includes: the ratio of monetary incomes of the population and the cost of living, the unemployment rate and the coefficient of natural population growth. The third projection contains: the share of trapped and neutralized atmospheric pollutants in the total amount of waste pollutants from stationary sources, the discharge of contaminated wastewater into surface water bodies and the share of disposed waste in the total volume of waste generated. When implementing interregional comparisons in projections, the basic Pareto principle and the methodological complex based on it for the formation of an effective set and lower ranks are involved. Clusters are synthesized through the intersection of optimal projection solutions. According to the results of calculations, a significant differentiation of 10 subjects of the district was established during the specified period. The number of clusters varies from five to seven, and their capacity ranges from one to four regions. The Krasnoyarsk Territory and the Irkutsk Region demonstrate leadership, the situation in the Republics of Tyva and Khakassia is the most tense.

Keywords: sustainable development; regional economy; indicator; projection; multi-criteria optimization; multi-projection choice; rank; cluster.

References

- [1] Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2023: Russian-stat. *M.* [M.]. 1126 p. (In Russ).
- [2] Alenkova, I.V., Lapaeva, O.N. (2023). [Security of the regions of the Central Federal District in the economic and innovative aspect]. *Razvitie i bezopasnost'* [Development and security]. No 1 (17). pp. 74-83. (In Russ).
- [3] Morozova, G.A., Maltsev, V.A., Maltsev, K.V., Lapaev, D.N. (2010). *Innovacionnoe razvitie promyshlennykh kompleksov v regione: monografija* [Innovative development of industrial complexes in the region: monograph]. N.Novgorod: Volga-Vyatka Academy of State Services, 160 p. (In Russ).
- [4] Mityakov, S.N., Mityakov, E.S., Lapaev, D.N., Yakovleva, G.N. (2021). [Tools for assessing the innovation activity of regions: multicriteria analysis by the Pareto method]. *Innovacii* [Innovation]. No 2 (268). pp. 77-82. (In Russ).
- [5] Lapaev, D.N., Lapaeva, O.N., Potashnik, Ya.S. (2023). [Safety of processing enterprises of the Vladimir region in the economic and innovative aspect]. *Jekonomika, predprinimatel'stvo i pravo* [Economics, entrepreneurship and law]. No. 8. pp. 3005-3018. (In Russ).
- [6] Lapaev, D.N. (2023). [Security of the regions of the Volga Federal District in the economic and innovative aspect]. *Jekonomicheskaja bezopasnost'* [Economic security]. V. 6. No. 1. pp. 291-314. (In Russ).
- [7] Lapaev, D.N., Maksimov, Yu.M., Mityakov, S.N. (2020). [On the issue of the accuracy of determining the values of quality indicators in the task of multicriteria selection and the method of compensating errors in their determination]. *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo. Serija: Social'nye nauki* [Bulletin of the Nizhny Novgorod University n.a. N.I. Lobachevsky. Series: Social Sciences]. No 2 (58). pp. 34-39. (In Russ).
- [8] Lapaev, D.N. (2010). *Mnogokriterial'noe prinjatje reshenij v jekonomike: monografija* [Multicriteria decision-making in economics: monograph]. Nizhny Novgorod: Volzh. State eng.-ped. University. 362 p. (In Russ).

-
- [9] Lapaev, D.N. (2016). *Mnogokriterial'noe prinjatje reshenij v jekonomike: monografija. 2-e izd* [Multicriteria decision-making in economics: monograph. 2nd ed]. Nizhny Novgorod: Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev. 281 p. (In Russ).
- [10] Lapaeva, O.N. (2015). *Mnogokriterial'naja ocenka jekonomicheskogo sostojanija predpriyatij i otraslej promyshlennosti i vybor predpochtitel'nyh al'ternativ: monografija* [Multicriteria assessment of the economic state of enterprises and industries and the choice of preferred alternatives: monograph]. Nizhny Novgorod: Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev. 145 p. (In Russ).
- [11] Lapaeva, O.N. (2011). [Multicriteria comparative analysis of alternatives and choice of preferred solutions]. *Vestnik Cherepoveckogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Cherepovets State University]. No 2-2 (30). pp. 23-25. (In Russ).
- [12] Mityakov, S.N., Lapaev, D.N., Mityakov, E.S., Ladynin, A.I. (2022). [Monitoring of scientific and technological safety of Russian regions: Multicritical analysis]. No 3 (281). *Innovacii* [Innovations]. pp. 18-25. (In Russ).
- [13] Pareto, V. (2007). *Compendium on General Sociology*. M.: State University of Higher School of Economics. 511 p. (Russian Translation).
- [14] Pareto, V. (2017). *Transformation of democracy*. M.: RIOR: INFRA-M. 154 p. (Russian Translation).
- [15] Pareto, V. (2017). *Textbook of political economy*. M.: RIOR: INFRA-M. 472 p. (Russian Translation).
- [16] Batkovsky, M. (2021). *Upravlenie diversifikaciej proizvodstva na predpriyatijah oboronno-promyshlennogo kompleksa: monografija* [Management of production diversification at enterprises of the military-industrial complex: monograph]. M.: On-toPrint. 344 p. (In Russ).
- [17] Lapaev, D.N. (2024). [Multi-projection assessment of the security of the Volga Federal District regions in the economic and innovative aspect]. *Jekonomicheskaja bezopasnost'* [Economic security]. No. 2. pp. 425-442. (In Russ).
- [18] Lapaev, D.N., Lapaeva, O.N. (2015). [Principles of choosing a multi-projection solution in economics]. *Audit i finansovyy analiz* [Audit and financial analysis]. No. 4. pp. 415-417. (In Russ).
- [19] Lapaeva, O.N. (2018). *Mnogoproekcionnaja ocenka sostojanija promyshlennyh jekonomicheskikh sistem: monografija* [Multi-projection assessment of the state of industrial economic systems: monograph]. Nizhny Novgorod: Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev. 371 p. (In Russ).
- [20] Lapaeva, O.N. (2017). *Mnogoproekcionnaja sravnitel'naja ocenka al'ternativ v jekonomike: monografija* [Multi-projection comparative assessment of alternatives in economics: monograph]. Nizhny Novgorod: Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev. 210 p. (In Russ).