

Инструментарий оценки инновационной деятельности регионов: многокритериальный анализ методом Парето

Regional innovation assessment toolkit: multicriteria Pareto analysis

doi 10.26310/2071-3010.2021.268.2.011



С. Н. Митяков,

д. ф.-м. н., профессор, директор, Институт экономики и управления, Нижегородский государственный технический университет им. П. Е. Алексеева
✉ snmit@mail.ru

S. N. Mityakov,

doctor of physical and mathematical sciences, professor, director, Institute of economics and management, Nizhny Novgorod state technical university n. a. R. E. Alekseev



Е. С. Митяков,

д. э. н., доцент, профессор, кафедры информатики, МИРЭА – Российский технологический университет
✉ mityakov@mirea.ru

E. S. Mityakov,

doctor of economics, associate professor, professor, department of informat-ics, MIREA – Russian technological university



Д. Н. Лапаев,

д. э. н., профессор, зам. директора, Институт экономики и управления, Нижегородский государственный технический университет им. П. Е. Алексеева
✉ innov@nntu.ru

D. N. Lapaev,

doctor of economics, professor, deputy director, Institute of economics and management, Nizhny Novgorod state technical university n. a. R. E. Alekseev



Г. Н. Яковлева,

ст. преподаватель, кафедры цифровой экономики, Нижегородский государственный технический университет им. П. Е. Алексеева
✉ galangtu2009@yandex.ru

G. N. Yakovleva,

senior lecturer, department of digital economy, Nizhny Novgorod state technical university n. a. R. E. Alekseev

Статья продолжает цикл работ в области формирования методического комплекса для осуществления сравнительной оценки инновационной деятельности в регионах страны. В данном случае речь идет о многокритериальной оптимизации на базе принципа Парето. Целью данной работы выступает сравнительная оценка инновационных процессов регионов России. Авторская методика предусматривает пошаговое определение систем соответствующего ранга и формирование областей допустимых значений показателей. Характерной особенностью методики является возможность оценки инновационной деятельности в регионах и их ранжирование в динамике. Динамический анализ состава рангов выявляет смену/сохранение регионов-лидеров и аутсайдеров, а количество рангов характеризует степень дифференциации регионов внутри федерального округа по уровню инновационного развития. В качестве критериев оценки инновационной деятельности выступают коэффициенты, характеризующие ключевые аспекты инновационной деятельности в субъектах. Представленная методика способствует решению целого ряда задач по росту эффективности инновационных процессов на мезоуровне. В результате проведенной оценки дан анализ всей совокупности субъектов РФ и регионов ПФО, в частности. Выявлены лидеры и аутсайдеры инновационного пространства ПФО и РФ в предложенной системе критериев. В целом, метод многокритериальной оценки наряду с традиционными методами анализа и прогнозирования выступает имманентным инструментарием исследования инновационных процессов в субъектах РФ, а в силу инвариантности подхода, он может быть адаптирован под задачи оценки в других областях экономической деятельности.

The article continues the cycle of work on the development of a methodological complex for the comparative assessment of innovation activities in the regions of Russia. The article deals with multi-criteria optimization based on the Pareto principle. The purpose of this article is a comparative assessment of innovation processes in Russian regions. The author's methodology provides for a step-by-step determination of systems of the appropriate rank and the formation of areas of acceptable values of indicators. A characteristic feature of the method proposed in the article is the ability to evaluate innovation activities in the regions and their ranking in dynamics. Dynamic analysis of the composition of the ranks reveals the change/retention of leading and lagging regions, and the number of ranks shows the degree of differentiation of regions within the federal district by the level of innovative development. The criteria for evaluating innovation activity are the coefficients that characterize the key aspects of innovation activity in the subjects. The presented methodology contributes to the solution of a number of tasks to increase the efficiency of innovation processes at the meso-level. As a result of the assessment, the analysis of the entire set of subjects of the Russian Federation and, in particular, the regions of the Volga Federal District is given. The article identifies the leaders and outsiders of the innovation space of the Volga Federal District and the Russian Federation according to the proposed system of criteria. In general, the method of multicriteria assessment, along with traditional methods of analysis and forecasting, is an immanent tool for the study of innovation processes in the constituent entities of the Russian Federation, and due to the invariance of the approach, it can be adapted to the tasks of assessment in other areas of economic activity.

Ключевые слова: регион, инновационная деятельность, многокритериальная оптимизация, принцип Парето, эффективное множество, ранг, показатели оценки состояния, структура сравниваемых систем.

Keywords: region, innovation activity, multicriteria optimization, Pareto principle, effective set, rank, indicators of state assessment, structure of the compared systems.

Введение

Зачастую прикладные задачи анализа инновационной деятельности экономических систем различных иерархических уровней необходимо решать в контексте множества показателей. Сложность исследования инновационных процессов на мезоуровне обусловлена перманентными изменениями взаимодействия между

основными индикаторами инновационной деятельности, а также самого характера этих зависимостей. Поэтому, на наш взгляд, организация мониторинга и компаративной оценки инновационной деятельности в регионах Российской Федерации выступает весьма сложной и актуальной задачей.

Каждый субъект федерации обладает индивидуальными характеристиками инновационного развития.

В связи с этим, исследование инновационных процессов в регионах с использованием методов многокритериального анализа наряду с традиционными алгоритмами могут дать дополнительную информацию о состоянии объекта. Структурирование сложных проблем и рассмотрение совокупности критериев зачастую приводит к более информированным и эффективным решениям. В ряде случаев такая информация может дать существенный вклад в осмысление инновационной деятельности в субъектах федерации, что немаловажно при подготовке стратегических документов инновационного развития территорий.

Целью данной работы выступает сравнительная оценка инновационных процессов регионов России на базе использования аппарата многокритериальной оптимизации методом Парето. В качестве системы критериев для многокритериального исследования принят набор показателей, описанных в одной из предыдущих статей данного цикла работ [1].

Многокритериальная оценка в экономических исследованиях

В исследованиях, направленных на оценку и анализ обоснованности принимаемых решений в экономике, как правило рассматривается два типа многокритериальных задач: принятие решений на базе комплексного критерия и с применением множества индикаторов.

В первом случае оценка инновационной деятельности в субъектах федерации производится с использованием единственного критерия эффективности с учетом определенных ограничений. Использование унифицированного критерия эффективности целесообразно либо в ситуациях, когда сравниваемые инновационные системы имеют одинаковые условия и показатели эффективности, либо в случае возможности преобразования всех индикаторов к сопоставимому виду по каждому субъекту федерации. Представляется вполне обоснованным тот факт, что указанные ситуации зачастую не достижимы, следовательно, оценка инновационного развития экономических систем с использованием одного критерия находит ограниченное применение в научных исследованиях.

Применение множества критериев в их совокупности усложняет компаративное сопоставление инновационной деятельности в регионах из-за наличия противоречивых индикаторов. В то же время, задействование нескольких показателей в анализе направлено на рост объективности итоговых выводов. В связи с этим, на современном этапе развития экономики требуется разработка и внедрение в практику управления развитием инновационных систем эффективных методов и алгоритмов, адекватно учитывающих особенности выбора многокритериальных решений.

Принцип Парето выступает исходной базой для аксиоматических построений во многих отраслях науки и широко используется, в частности, в экономико-математическом моделировании [2-5]. Задачи многокритериальной оценки возникают при

наличии нескольких определенных целей, а в качестве критериев зачастую выступает степень их достижения. Методы многокритериального анализа получили широкое распространение в анализе экономической деятельности. Так, в статье А. В. Жукова [6] рассмотрена математическая модель оценивания оптимальной стратегии развития субъекта экономики. Ее действие апробировано на примере инвестиционных проектов, которые обеспечивают устойчивое развитие региона. В книге Г. Л. Бродецкого [7] даны различные постановки логистических задач, сводящихся к задачам многокритериальной оптимизации. В исследовании [8] предложена методика многокритериального анализа предприятий региона в отраслевом разрезе. Для оценки инновационного развития отраслей промышленности выбраны две системы индикаторов, первая из которых отражает состояние инновационного потенциала, а вторая — трансфера технологий.

При ранжировании субъектов федерации по нескольким критериям в статье предлагается задействовать принцип Парето, позволяющий определить множество эффективных регионов (наилучших с точки зрения инновационного развития), не доминируемых остальными.

Методика многокритериального анализа инновационной деятельности регионов

Для оценки инновационной деятельности в субъектах федерации с использованием множества критериев в данной работе предлагается методика, заключающаяся в пошаговом определении регионов, обладающих по совокупности индикаторов более высоким инновационным развитием. Результатом применения методики выступают непересекающиеся множества рангов регионов. Алгоритм предлагаемой методики можно свести к алгоритму, изложенному в работе [9]. Отличительной особенностью данной пошаговой процедуры является этап выбора критериев оценки. Блок-схема процедуры ранжирования приведена на рис. 1.

На первом этапе процедуры выбирается исходное множество регионов для многокритериальной оценки, назначаются критерии оптимизации и задаются предпочтительные направления их изменения. В качестве критериев оценки инновационной деятельности региона выступают показатели, характеризующие разнообразные аспекты инновационной деятельности в субъектах («Число лиц, занятых научными исследованиями и разработками, на 10 тыс. населения» (показатель K1), «Внутренние затраты на научные исследования и разработки, % к ВРП» (K2), «Интенсивность затрат на технологические инновации, %» (K3), «Доля отгруженной инновационной продукции во всей отгруженной продукции промышленности, %» (K4).

На втором этапе по каждому критерию формируются множество субъектов федерации с наиболее предпочтительными значениями показателей инновационной деятельности.

Третий этап алгоритма заключается формировании области допустимых значений индикаторов. Чет-

вертым шагом алгоритма является проверка субъектов федерации на принадлежность области допустимых значений. Те регионы, которые вошли в полученную область, должны быть проанализированы дополнительно. Далее формируется множество регионов с наилучшими значениями критериев инновационной деятельности (эффективное решение) и производится его проверка на соответствие априорным требованиям. На заключительных этапах пошаговой процедуры целесообразно принять решение о дальнейшем ранжировании субъектов федерации.

Результаты многокритериального анализа

Далее приведем статистические расчеты по представленной выше методике. Данные представлены за 2019 г. В табл. 1 приведены результаты двухкритериального анализа регионов ПФО для различных комбинаций показателей. Цифрами в табл. 1 показан номер ранга, к которому отнесен регион по итогам расчета. Нижней строкой указано количество рангов, получившихся при проведении анализа.

Анализируя табл. 1 можно сделать следующие выводы:

1. Нижегородская область вне зависимости от выбора показателей неизменно составляет первый ранг. Кроме Нижегородского региона к числу лидеров можно отнести республики Татарстан и Мордовию.
2. Вне зависимости от пары показателей к числу регионов-аутсайдеров в 2019 г. можно отнести Оренбургскую область, а также республики Башкортостан, Марий Эл и Саратовскую область.
3. Для некоторых субъектов федерации выбор пары индикаторов для оценки практически не зависит от получившегося результата. К таким регионам можно отнести Ульяновскую и Нижегородскую области, а также Республику Башкортостан. Напротив, для некоторых регионов выбор системы показателей значительно влияет на ранг, в котором

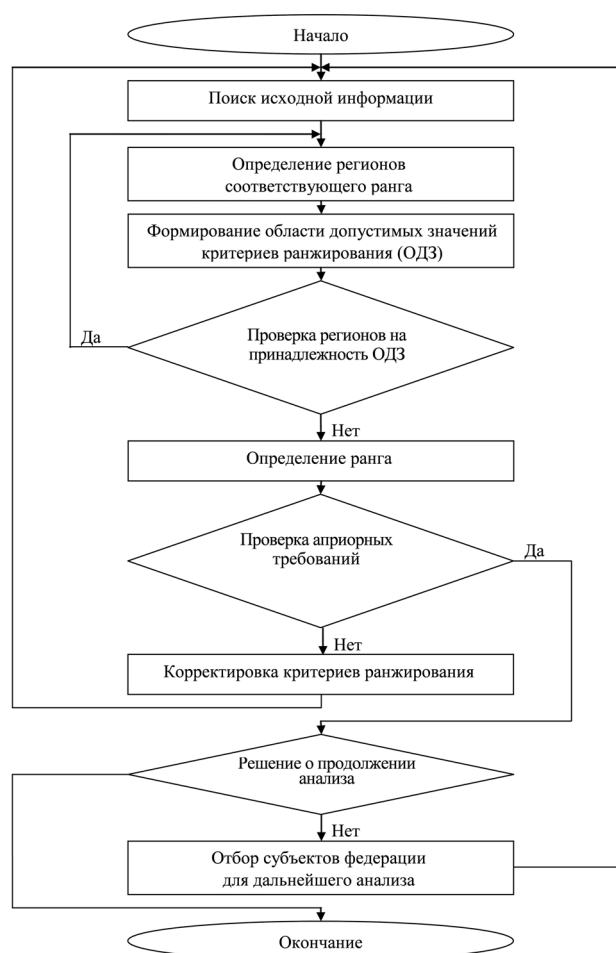


Рис. 1. Блок-схема алгоритма многокритериального анализа

располагается субъект. Например, в случае выбора пары показателей K1 и K2 Республика Марий Эл замыкает седьмой ранг, а при анализе пар индикаторов K2, K4 или K3, K4 регион расположился в третьем ранге.

Как правило при многокритериальной оценке хозяйствующих субъектов количество критериев больше двух. В табл. 2 приведена оценка инновационной ре-

Таблица 1

Двухкритериальный анализ регионов ПФО для различных комбинаций показателей (2019 г.)

№	Критерии	K1-K2	K1-K3	K1-K4	K2-K3	K2-K4	K3-K4
1	Республика Башкортостан	5	4	5	4	5	5
2	Республика Марий Эл	7	6	4	6	3	3
3	Республика Мордовия	6	3	1	3	1	1
4	Республика Татарстан	3	2	1	2	1	1
5	Удмуртская Республика	6	5	4	5	3	3
6	Чувашская Республика	5	2	5	2	4	2
7	Пермский край	2	3	2	3	2	2
8	Кировская область	4	4	5	3	3	3
9	Нижегородская область	1	1	1	1	1	1
10	Оренбургская область	7	5	6	4	6	5
11	Пензенская область	2	2	2	3	4	4
12	Самарская область	3	3	4	2	3	2
13	Саратовская область	4	4	5	4	5	6
14	Ульяновская область	2	2	3	2	2	2
Количество рангов		7	6	6	6	6	6

Источник: авторские данные

Таблица 2

Многокритериальный анализ регионов ПФО по показателям инновационной деятельности (2019 г.)

№	Критерии	K1	K2	K3	K4	Ранг
	Название региона					
1	Республика Башкортостан	41,74	0,57	1,20	6,50	3
2	Республика Марий Эл	6,01	0,13	0,50	10,60	3
3	Республика Мордовия	19,27	0,40	3,10	23,80	1
4	Республика Татарстан	67,25	0,61	3,30	18,10	1
5	Удмуртская Республика	27,94	0,33	0,70	10,40	3
6	Чувашская Республика	24,98	0,57	3,50	9,30	2
7	Пермский край	86,71	1,07	1,50	12,00	2
8	Кировская область	24,65	0,93	2,10	9,80	3
9	Нижегородская область	248,35	5,35	8,00	13,70	1
10	Оренбургская область	9,92	0,08	1,30	3,70	4
11	Пензенская область	90,98	1,00	2,10	8,40	2
12	Самарская область	60,48	1,20	2,90	9,30	2
13	Саратовская область	46,62	0,78	1,20	2,00	3
14	Ульяновская область	83,84	2,52	2,30	11,00	2

Источник: авторские данные

гионов ПФО с использованием четырех индикаторов (K1-K4). Данные представлены за 2019 г.

Анализ табл. 2 позволяет констатировать следующее.

1. При анализе выбранной системы показателей инновационного развития регионов в 2019 г. получилось четыре ранга решения. Первый ранг составили Нижегородская область, Республика Мордовия и Республика Татарстан. Во второй ранг вошли Чувашская Республика, Пермский край, Самарская и Ульяновская области. В третьем ранге расположились республики Башкортостан, Марий Эл и Удмуртия, а также Саратовская область. Замыкающий ранг составила Оренбургская область.
2. Подобный анализ был проведен и для остальных федеральных округов РФ. В некоторых случаях результаты оценки уровня инновационного развития привели к неожиданному результату. Например, после расчетов регионы, не обладающие

значительным инновационным потенциалом, были отнесены к лидирующим рангам. Данный парадокс можно объяснить следующим образом: если по одному из критериев субъект лидирует в федеральном округе (например, Республика Тыва в Сибирском федеральном округе занимает первое место по индикатору интенсивности затрат на технологические инновации), то при использовании предложенной методики он будет автоматически отнесен к первому рангу, при этом остальные показатели могут иметь достаточно низкие значения.

Следующей опцией предложенной методики является возможность оценки инновационной деятельности в регионах и их ранжирование в динамике. Динамический анализ состава рангов демонстрирует смену состава регионов-лидеров и аутсайдеров, а количество получившихся рангов характеризует степень дифференциации регионов внутри федерального округа по уровню инновационного развития.

Таблица 3

Многокритериальная оценка инновационной деятельности регионов ПФО: динамический анализ

№	Год	2000	2005	2010	2015	2019
	Название региона					
1	Республика Башкортостан	3	3	3	2	3
2	Республика Марий Эл	2	3	5	3	3
3	Республика Мордовия	1	1	1	1	1
4	Республика Татарстан	1	1	1	1	1
5	Удмуртская Республика	2	2	4	5	3
6	Чувашская Республика	2	1	2	2	2
7	Пермский край	1	2	2	2	2
8	Кировская область	3	3	4	4	3
9	Нижегородская область	1	1	1	1	1
10	Оренбургская область	2	4	3	5	4
11	Пензенская область	2	1	2	2	2
12	Самарская область	1	1	1	1	2
13	Саратовская область	2	1	3	3	3
14	Ульяновская область	1	1	1	2	2
Количество рангов		3	4	5	5	4

Источник: авторские данные

Таблица 4

Многокритериальная оценка инновационной деятельности регионов России

Ранг	Наименование региона
1	город Москва, Нижегородская область, Республика Мордовия, город Санкт-Петербург, Республика Татарстан
2	Московская область, Томская область, Тульская область, Белгородская область, Свердловская область, Ульяновская область, Хабаровский край, Пермский край Ярославская область, Самарская область, Чувашская Республика, Воронежская область, Владимирская область, Пензенская область
3	Новосибирская область, Сахалинская область, Республика Адыгея, Челябинская область, город Севастополь, Республика Тыва, Удмуртская Республика, Ленинградская область, Красноярский край, Липецкая область, Кировская область, Приморский край, Тверская область, Тамбовская область, Рязанская область, Ростовская область, Республика Башкортостан
4	Калужская область, Республика Бурятия, Республика Марий Эл, Новгородская область, Омская область, Иркутская область, Ставропольский край, Камчатский край, Саратовская область, Еврейская автономная область, Курская область, Мурманская область, Республика Карелия, Смоленская область, Волгоградская область, Алтайский край
5	Магаданская область, Карачаево-Черкесская Республика, Оренбургская область, Брянская область, Республика Саха (Якутия), Кабардино-Балкарская Республика, Амурская область, Ивановская область, Тюменская область, Калининградская область, Республика Коми, Курганская область, Краснодарский край
6	Орловская область, Республика Крым, Республика Алтай, Костромская область, Архангельская область, Астраханская область, Вологодская область
7	Республика Северная Осетия – Алания, Кемеровская область, Республика Калмыкия, Республика Дагестан
8	Республика Ингушетия, Забайкальский край, Псковская область, Чукотский автономный округ
9	Чеченская Республика, Республика Хакасия

Источник: авторские данные

В табл. 3 приведены результаты ранжирования субъектов ПФО по уровню инновационного развития в 2000, 2005, 2010, 2015 и в 2019 гг. Расчет проводился по всем четырем показателям.

Анализируя табл. 3 позволяет заключить следующее.

1. Нижегородская область, а также республики Татарстан и Мордовия неизменно составляют первый ранг решения. Данные субъекты федерации можно отнести к «лидерам инновационного пространства ПФО» [10].
2. Оренбургская область, Республика Марий Эл и Удмуртская Республика как правило входят в замыкающие ранги. Данные регионы отнесем к «аутсайдерам инновационного пространства ПФО» [10].
3. Ряд субъектов РФ с течением времени демонстрируют значительный разброс в рангах. Например, в 2000 г. Республика Марий Эл включена во второй ранг, а в 2010 г. регион вошел в замыкающий пятый ранг. Напротив, некоторые территории показывают стабильную динамику и абсолютные значения разности между числовыми значениями рангов в разные годы не превышает единицы. Например, Самарская область во все анализируемые периоды составляла первый либо второй ранг.

Далее приведем результаты многокритериального анализа для всех регионов России (табл. 4). Анализ осуществлялся по четырем показателям (K1–K4). Расчет проводился по данным 2019 г.

На основании анализа табл. 4 можно сделать следующие выводы.

1. В результате проведенной оценки проанализирована вся совокупность регионов РФ. В ходе многокритериального анализ инновационной деятельности субъектов федерации получено девять рангов решений, по предложенным индикаторам выявлены регионы-лидеры и аутсайдеры.

2. Все три региона, вошедшие в первый ранг при анализе ПФО, включены в эффективное множество при оценке всей совокупности регионов России, что свидетельствует о том, что ПФО выступает лидером инновационного пространства страны в целом.

Заключение

Основная проблема принятия решений по совокупности показателей заключается в противоречивости последних, когда оптимумы по каждому коэффициенту достигаются в разных точках. Раскрытию неопределенности такого рода служит принцип Парето, выступающий исходной базой для аксиоматических построений во многих отраслях науки и широко используемый в экономико-математическом моделировании. Однократное задействование принципа Парето позволяет получить эффективное множество альтернатив, не доминируемых остальными. Последовательное его применение к исследованию оставшихся вариантов обеспечивает выделение нижестоящих рангов, в результате чего проявляется иерархическая структура сравниваемых систем.

Представленная методика оценки инновационной деятельности субъектов федерации способствует решению широкого спектра актуальных задач по росту эффективности инновационных процессов в регионах. В результате проведенной оценки дан анализ всей совокупности субъектов РФ в целом и регионов ПФО в частности. Выявлены лидеры и аутсайдеры инновационного пространства ПФО и РФ в заданной системе критериев.

В целом охарактеризованный метод многокритериальной оценки наряду с традиционными методами анализа и прогнозирования выступают имманентным инструментарием исследования инновационных процессов в субъектах РФ, а в силу инвариантности подхода, он может быть адаптирован под задачи оценки в других областях экономической деятельности.

Список использованных источников

1. С. Н. Митяков, Е. С. Митяков, О. И. Митякова, Г. Н. Яковлева. Инструментарий оценки инновационной деятельности в регионах: индексный метод//Инновации. 2020. № 12. С. 55-62.
2. В. Парето. Компендиум по общей социологии/Пер. с итал. М.: Гос. ун-т Высш. шк. экономики, 2007. 511 с.
3. В. Парето. Учебник политической экономики/Пер. с франц. М.: РИОР: Инфра-М, 2017. 472 с.
4. В. В. Подиновский, В. Д. Ногин. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. М.: Физматлит, 2007. 256 с.
5. Д. Н. Лапаев. Многокритериальное принятие решений в экономике: монография. Нижний Новгород: НГТУ им. Р. Е. Алексеева, 2016. 282 с.
6. А. В. Жуков. Модель многокритериальной оценки оптимальной стратегии развития субъекта экономики//Вестник ТвГУ. Серия «Прикладная математика». 2011. С. 105-124.
7. Г. Л. Бродецкий. Экономико-математические методы и модели в логистике. Процедуры оптимизации. М.: Академия, 2011. 272 с.
8. Д. Н. Лапаев, О. Н. Лапаева, Ю. М. Максимов и др. Методика многокритериальной оценки инновационного развития отраслей промышленности региона//Экономика в промышленности. 2013. № 1. С. 90-96.
9. Е. С. Митяков, Д. Н. Лапаев. Методика многокритериальной оценки экономической безопасности регионов России (на примере Приволжского федерального округа)// Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО. 2013. № 4. С. 151-154.
10. Ю. А. Дмитриев, Д. Ю. Фраймович, З. В. Мищенко. Кластерный анализ инновационной деятельности в регионах центрального федерального округа//Вестник Института экономики Российской академии наук. 2013. № 3. С. 79-87.

References

1. S. N. Mityakov, E. S. Mityakov, O. I. Mityakova, G. N. Yakovleva. Instrumentarij ocenki innovacionnoj dejatel'nosti v regionah: indeksnyj metod//Innovacii. 2020. № 12. S. 55-62.
2. V. Pareto. Kompendium po obshhej sociologii/Per. s ital. M.: Gos. un-t Vyssh. shk. jekonomiki, 2007. 511 s.
3. V. Pareto. Uchebnik politicheskoj jekonomii/Per. s franc. M.: RIOR: Infra-M, 2017. 472 s.
4. V. V. Podinovskij, V. D. Nogin. Pareto-optimal'nye reshenija mnogokriterial'nyh zadach. M.: Fizmatlit, 2007. 256 s.
5. D. N. Lapaev. Mnogokriterial'noe prinjatие reshenij v jekonomike: monografija. Nizhnij Novgorod: NGTU im. R. E. Alekseeva, 2016. 282 s.
6. A. V. Zhukov. Model' mnogokriterial'noj ocenki optimal'noj strategii razvitija sub#ekta jekonomiki//Vestnik TvGU. Serija prikladnaja matematika. 2011. S. 105-124.
7. G. L. Brodeckij. Jekonomiko-matematicheskie metody i modeli v logistike. Procedury optimizacii. M.: Akademija, 2011. 272 s.
8. D. N. Lapaev, O. N. Lapaeva, Yu. M. Maksimov et al. Metodika mnogokriterial'noj ocenki innovacionnogo razvitija otraslej promyshlennosti regiona//Jekonomika v promyshlennosti. 2013. № 1. S. 90-96.
9. E. S. Mitjakov, D. N. Lapaev. Metodika mnogokriterial'noj ocenki jekonomicheskoj bezopasnosti regionov Rossii (na primere Privolzhsogo federal'nogo okruga)//Jekonomika, statistika i informatika. Vestnik UMO. 2013. № 4. S. 151-154.
10. Yu. A. Dmitriev, D. Yu. Frajmovich, Z. V. Mishhenko. Klasternyj analiz innovacionnoj dejatel'nosti v regionah central'nogo federal'nogo okruga//Vestnik Instituta jekonomiki Rossijskoj akademii nauk. 2013. № 3. S. 79-87.