

УДК 332.1

МЕТОДИКА ПАРЕТО-ОПТИМИЗАЦИИ В ОЦЕНКЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИИ ПРОЦЕССОВ МЕЖРЕГИОНАЛЬНОЙ ИННОВАЦИОННОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ИНТЕГРАЦИИ

А.М. САРАЛИДЗЕ,

кандидат экономических наук, ректор

E-mail: kafedra-euii@mail.ru

*Владимирский государственный университет
им. А.Г. и Н.Г. Столетовых,
г. Владимир, Российская Федерация*

З.В. МИЩЕНКО,

кандидат технических наук,

*доцент кафедры управления качеством
и технического регулирования*

E-mail: zvm2002@rambler.ru

*Владимирский государственный университет
им. А.Г. и Н.Г. Столетовых,
г. Владимир, Российская Федерация*

О.А. ДОНИЧЕВ,

*доктор экономических наук, профессор,
заведующий кафедрой*

экономики и управления инвестициями и инновациями

E-mail: donoa@vlsu.ru

*Владимирский государственный университет
им. А.Г. и Н.Г. Столетовых,
г. Владимир, Российская Федерация*

Предмет/тема. Статья посвящена определению направлений усиления межрегиональной экономической интеграции на основе инновационного обновления народного хозяйства. В связи с возникновением угрозы стагнации российской экономики, вызванной мировым экономическим кризисом и санкциями западных государств, данная проблема приобретает особую актуальность.

Цели/задачи. Разработка методики оценки и прогнозирования процессов межрегиональной инновационной экономической интеграции.

Методология. На основе использования экономико-математических методов и применения концепции Парето-оптимизации проанализированы различные аспекты развития межрегионального инновационного экономического взаимодействия.

Предложена методика, опирающаяся на положение о том, что оптимум по Парето – это совокупность состояний экономик регионов в рассматриваемой системе (федеральном округе), которые нельзя улучшить хотя бы для одного региона, не ухудшая положения хотя бы одного из оставшихся регионов.

Результаты. Установлено, что при непродолжительном прогнозируемом периоде (2–3 года) имеет место существенное изменение структуры регионов по удельному показателю эффективности от инновационной деятельности предприятий. Кроме того, наблюдается постепенное эволюционное перераспределение затрат на инновации от регионов-лидеров к регионам средней и отстающей группы.

Предлагаемая для мониторинга система факторов основана на официальной статистической информации органов власти Российской Федерации и может быть применена для оценки и прогнозирования интеграционных процессов. На этой базе сформирована система целевых показателей инновационной и экономической деятельности, отражающих в достаточной мере состояние группы регионов как системы взаимодействующих элементов.

Выводы/значимость. Предложенная оптимизационная модель и методика Парето-оптимизации на основе системы показателей экономической и инновационной деятельности регионов позволит решить задачу количественной оценки параметров состояния региональной системы в целях учета интересов как отдельного субъекта Федерации, так и федерального центра.

Программа может использоваться в учебном процессе, а также в деятельности региональных органов власти при формировании стратегий социально-экономического развития.

Ключевые слова: дифференциация регионов, кластер региона, межрегиональная интеграция, региональные инновационные и экономические показатели, методика Парето-оптимизации

Серьезные проблемы, стоящие перед российской экономикой, и необходимость преодоления кризисных явлений требуют использования современных методов ведения хозяйства, а также инновационных подходов для его активизации.

В числе мер, направленных на исправление сложившейся ситуации, предлагается технологическая модернизация экономики, переход от отсталой материально-технической базы к использованию современных технологий, передовых поколений новой техники.

Технологическое обновление основного капитала в народном хозяйстве России следует дополнить коренной модернизацией структуры народного хозяйства, включающей в себя значительное повышение в составе ВВП доли готовой продукции

с высокой добавленной стоимостью при удвоении и утроении удельного веса высокотехнологичных, наукоемких и инновационных производств [1].

Для Российской Федерации важно оценить масштаб снижения индустриальной активности, а затем выстроить систему планирования так, чтобы на первом этапе противостоять инерции процессов деиндустриализации, а на втором – запустить активную политику реиндустриализации экономики.

Понятие «реиндустриализация» инновационной индустриализации и нового индустриального развития отражают различные стороны современной индустриализации. При этом акцент делается на восстановлении индустрии, разрушенной в процессе деиндустриализации [3, 4].

По мнению ученых, одним из источников роста экономики является межрегиональная интеграция на основе стимулирования развития и укрепления экономического взаимодействия субъектов Федерации. Межрегиональное экономическое взаимодействие обеспечивает потребительский рынок товарами, не производимыми на территории региона, а местных производителей – устойчивыми поставками сырья и комплектующих материалов; способствует стимулированию развития внутреннего рынка товаров и увеличению внутреннего спроса на продукцию, диверсификации экономики, устранению территориальных барьеров, затрудняющих перемещение производственных, инвестиционных и трудовых ресурсов между регионами [19].

Между тем растущая (особенно в кризисный период) дифференциация регионов Российской Федерации по уровням социально-экономического потенциала, обеспеченности необходимыми объемами товаров и услуг, величине заработной платы и пенсионного обеспечения усиливает социальную напряженность в обществе. Для уменьшения поляризации и устранения различий в уровне жизни населения необходимо нарастить темпы инновационной модернизации экономики регионов и ускорить межрегиональную интеграцию [14, 20].

В то же время усиление в экономике инвестиционных процессов имеет определяющее значение, поскольку экономическая реальность показывает, что государственная инвестиционная активность для сегодняшней российской экономики – обязательное, но не достаточное условие прорыва.

Выход из сложившейся ситуации может быть найден на пути соединения масштабного инвестиционно-модернизационного импульса государства

с экономической заинтересованностью в участии в этом импульсе частнопредпринимательского сектора при условии действия механизмов, предотвращающих риски мобилизационного варианта, с одной стороны, и приватизацию государства – с другой [6, 16, 17].

Кроме того, большое значение приобретает структура межрегионального размещения производительных сил, экономической специализации регионов. Внутрирегиональная однородность условий реализации бизнес-проектов способствует консолидации экономики регионов, повышению их инвестиционной активности. Межрегиональная дифференциация позволяет оптимизировать структуру вложений, повысить их эффективность и снизить сроки окупаемости. Все это определяет необходимость усиления государственного регулирования отношений «центр – регионы», ориентированного на гармонизацию региональной структуры, включая межбюджетные отношения, распределение инвестиционных ресурсов, расселение социума, интенсивность экономических процессов производства, потребления, распределения и обмена [10, 11, 18].

По мнению авторов, упор в процессах углубления межрегиональной экономической интеграции должен быть сделан на усиление ее инновационного характера. Стратегия индустриального развития должна базироваться на новых концептуальных подходах, обеспечивающих разработку высокоэффективного и конкурентного механизма регулирования экономики [8, 9, 5]. В этой связи авторами предложена методика оценки процессов межрегиональной инновационной экономической интеграции территориальных социально-экономических систем.

При анализе взаимодействий регионов в рамках рассматриваемой концепции важную роль играют некоторые понятия, которые определены следующими источниками [7, 15]:

- *оптимум по Парето системы регионов* – это совокупность состояний экономик регионов в рассматриваемой системе, которые нельзя улучшить хотя бы для одного региона, не ухудшая положения хотя бы одного из оставшихся регионов;
- *ядро системы регионов* – это совокупность состояний экономик регионов в рассматриваемой системе, в реализации которых заинтересованы все регионы, поскольку им не выгодно выделяться из системы в одиночку, или образуя коалиции;
- *экономическое равновесие в системе регионов* – это состояние множества регионов в рассмат-

риваемой социально-экономической системе, соответствующее нулевому значению сальдо межрегионального обмена, измеряемого в ценах равновесия.

Для определения Парето-оптимального состояния системы регионов (федерального округа) необходимо сформировать систему целевых показателей инновационной и экономической деятельности Y_p ($i = 1, \dots, n$), отражающих в достаточной мере состояние группы регионов как системы взаимодействующих элементов. Целевые параметры Y_i будут зависеть от параметров состояния региональной системы X_i ($i = 1, \dots, m$) согласно детерминированным функциям или регрессионным зависимостям. Таким образом, поиск Парето-оптимального решения будет представлять собой определение множества значений факторов X_p , при которых невозможно улучшение хотя бы одного из Y_i без ухудшения значения хотя бы одного из остальных целевых показателей. Под улучшением целевой функции Y_i подразумевается увеличение, уменьшение или отклонение значений от заданной оптимальной величины согласно целям, которые ставит перед собой лицо, принимающее управленческое решение:

$$\begin{cases} Y_i(X_1, \dots, X_m) \rightarrow \max; \\ \dots \\ Y_j(X_1, \dots, X_m) \rightarrow \min. \end{cases} \quad (1)$$

Также могут быть использованы следующие условия оптимизации:

$$Y_i(X_1, \dots, X_m) \rightarrow Y_{i \text{ опт}} \quad \text{или иначе} \quad (Y_i(X_1, \dots, X_m) - Y_{i \text{ опт}})^2 \rightarrow 0, \quad (2)$$

где $Y_{i \text{ опт}}$ – оптимальное значение целевого показателя.

Подставляя выражение (2) в (1), получим

$$\begin{cases} Y_i(X_1, \dots, X_m) \rightarrow \max; \\ \dots \\ (Y_j(X_1, \dots, X_m) - Y_{j \text{ опт}})^2 \rightarrow \min. \end{cases} \quad (3)$$

Систему разнородных требований (1)–(3) можно привести в единой форме, например максимизации значений обобщенных показателей:

$$\begin{cases} Y_i(X_1, \dots, X_m) \rightarrow \max; \\ \dots \\ \frac{1}{Y_i(X_1, \dots, X_m)} \rightarrow \max; \\ \dots \\ \frac{1}{(Y_k(X_1, \dots, X_m) - Y_{k \text{ опт}})^2 + \text{const}} \rightarrow \max. \end{cases} \quad (4)$$

Условие Парето-оптимальности состояния l социально-экономической системы регионов из числа возможных L , при соблюдении требований предпочтительности (4), примет вид:

$$\bigcup_{k=1}^{L-1} \left[(Y_{il} > Y_{ik}) \cap \left(\bigcup_{f=2}^n (Y_{fl} > Y_{fk}) \right) \cup \dots \cup (Y_{nl} > Y_{nk}) \cap \left(\bigcup_{f=1}^{n-1} (Y_{fl} > Y_{fk}) \right) \right] \overline{(X_{1l}, \dots, X_{ml})} \text{ "1" },$$

$$f \neq i, \quad f = 1, \dots, n-1, \quad i = 1, \dots, n,$$

$$k \neq l, \quad k = 1, \dots, L-1, \quad l = 1, \dots, L, \quad (5)$$

где L – число рассматриваемых состояний социально-экономической системы;

n – количество целевых показателей социально-экономической системы;

i, f – номера целевых показателей социально-экономической системы;

k, l – номера рассматриваемых состояний социально-экономической системы.

Логическое условие $Y_{il} > Y_{ik}$ в формуле (5) соответствует улучшению значения i -го целевого показателя региональной системы. Условие $\bigcup_{f=1}^n (Y_{fl} > Y_{fk})$ соответствует неухудшению значения хотя бы одного целевого показателя, кроме i -й функции, проверяемой в соответствующей строке формулы (5).

На практике часто условия улучшения или неухудшения значения целевого показателя задают в относительной форме. Условие значимого улучшения значения i -го целевого показателя в относительной форме можно представить в виде:

$$\frac{Y_{il} - Y_{ik}}{Y_{il}} 100\% > \delta, \quad (6)$$

где δ – предельное значение значимого улучшения значения целевого показателя, выраженное в процентах.

Условие значимого неухудшения значения i -го целевого показателя в относительной форме можно представить в виде:

$$\frac{Y_{il} - Y_{if}}{Y_{il}} 100\% \geq \varepsilon, \quad (7)$$

где ε – предельное значение значимого неухудшения значений целевых показателей, выраженное в процентах.

Подставляя неравенства (6) и (7) в (5) условие Парето-оптимальности l -го состояния социально-экономической системы регионов в относительной форме из числа L , возможных при соблюдении условий предпочтительности, (4) примет следующий вид:

$$\bigcup_{k=1}^{L-1} \left[\left(\frac{Y_{il} - Y_{ik}}{Y_{il}} 100\% > \delta \right) \cap \left(\bigcup_{f=2}^n \left(\frac{Y_{fl} - Y_{fk}}{Y_{fl}} 100\% \geq \varepsilon \right) \right) \cup \dots \cup \left(\frac{Y_{nl} - Y_{nk}}{Y_{nl}} 100\% > \delta \right) \cap \left(\bigcup_{f=1}^{n-1} \left(\frac{Y_{fl} - Y_{fk}}{Y_{fl}} 100\% \geq \varepsilon \right) \right) \right] \overline{(X_{1l}, \dots, X_{ml})} \text{ "1" },$$

$$f \neq i, \quad f = 1, \dots, n-1, \quad i = 1, \dots, n,$$

$$k \neq l, \quad k = 1, \dots, L-1, \quad l = 1, \dots, L. \quad (8)$$

В работе решается задача определения Парето-оптимального состояния системы регионов по показателям инновационной деятельности на примере Центрального федерального округа Российской Федерации. В качестве целевых функций целесообразно использовать суммарный объем выпуска инновационных товаров, работ, услуг в рассматриваемом федеральном округе V_D и удельный показатель эффективности от инновационной деятельности предприятий регионов округа I_{VD} . Применительно к Центральному федеральному округу, в состав которого входят 18 регионов, указанные целевые функции рассчитываются по формулам:

$$V_D(t) = \sum_{i=1}^{18} C_{Ri}(t) I_{ERi};$$

$$I_{VD}(t) = \frac{1}{18} \sum_{i=1}^{18} \frac{C_{Ri}(t) I_{ERi}}{VRP_i(t)}, \quad (9)$$

где $C_{Ri}(t)$ – значение затрат на инновации в i -м регионе в рассматриваемый период времени t ;

I_{ERi} – показатель эффективности инновационной деятельности в i -м регионе;

$VRP_i(t)$ – валовый региональный продукт i -го региона в рассматриваемый период времени t .

Выражениям (8) и (9) соответствует P Парето-оптимальных состояний системы регионов, входящих в Центральный федеральный округ, каждое из которых определяется множеством независимых параметров C_{Ri} , $t = 1, \dots, 18$. Учитывая, что в округ входит значительное

количество регионов, задача Парето-оптимизации является сложной 18-мерной задачей. Статистический анализ показал, что регионы Федерального округа можно разделить на четыре кластера. Исходя из этого и на основании использованных подходов [2, 12, 13] представляется целесообразным сократить размерность решаемой задачи до четырех, где в качестве независимых переменных используются затраты на инновации по найденным кластерам.

Учитывая перечисленные условия, состав целевых функций (9) и выражения (8), выбор Парето-оптимальных состояний из L возможных выполняется согласно логическому условию:

$$\bigcup_{k=1}^{L-1} \left[\left(\frac{V_{DI} - V_{Dk}}{V_{DI}} 100\% > \delta \right) \cap \left(\frac{I_{VDI} - I_{VDk}}{I_{VDI}} 100\% \geq \varepsilon \right) \cup \left(\frac{I_{VDI} - I_{VDk}}{I_{VDI}} 100\% > \delta \right) \cap \left(\frac{V_{DI} - V_{Dk}}{V_{DI}} 100\% \geq \varepsilon \right) \right] \equiv "1" \quad (10)$$

где C_{K1}, \dots, C_{KM} – затраты на инновации в выделенных кластерах регионов округа;

M – количество кластеров в округе ($M = 4$).

Распределение затрат на инновации в четырех кластерах Центрального федерального округа определяется по формуле

$$\sum_{j=1}^M C_{Kj}(t) = C_{\Sigma}(t), \quad (11)$$

где $C_{Kj}(t)$ – значение затрат на технологические инновации в j -м кластере округа в рассматриваемый период времени t ;

$C_{\Sigma}(t)$ – значение затрат на инновации в округе, прогнозируемое на период времени t .

Полученные в результате перебора возможные значения C_{Kj} используются для расчета затрат на инновации в отдельных регионах, входящих в состав кластера, а последние величины необходимы для расчета целевых функций (9). Затраты на инновации для i -го региона, входящего в состав j -го кластера, определяются по следующей формуле:

$$C_{Ri}(t) = k_i \cdot C_{Kj}(t);$$

$$k_i = \frac{C_{Ri}(2013)}{C_{Kj}(2013)} = \frac{C_{Ri}(2013)}{\sum_{l=1}^{N_j} C_{Rl}(2013)}, \quad (12)$$

где k_i – коэффициент пропорциональности затрат i -го региона в j -м кластере (зависит от структуры кластера регионов и определяется по данным Росстата на последний отчетный период времени – 2013 г.);

N_j – число регионов в j -м кластере.

Эффективность инновационной деятельности в i -м регионе определяется структурой его экономики и может быть оценена по статистическим данным Росстата за последний отчетный период времени (2013 г.) в виде следующего отношения:

$$I_{ERi}(2013) = \frac{V_{Ri}(2013)}{C_{Ri}(2013)}, \quad (13)$$

где $V_{Ri}(2013)$ – объем выпуска инновационных товаров, работ, услуг в i -м регионе Центрального федерального округа в последнем отчетном периоде по данным Росстата.

Эффективность инновационной деятельности в i -м регионе и коэффициент пропорциональности затрат i -го региона в j -м кластере являются постоянными величинами в оптимизационной модели и используются в расчетах как в последнем

отчетном периоде (2013 г.), так и на последующих этапах. Значения показателей I_{ERi} и k_i приведены в табл. 1.

Поскольку затраты на инновации в Центральном федеральном округе C_{Σ} согласно равенству (11) могут представлять собой значительную величину и приходится на единственный регион при проведении Парето-оптимизации, целесообразно ввести ограничения на C_{Ri} . Такими ограничениями могут быть условия не превышения заданного процента приращения C_{Ri} от достигнутого уровня в предыдущем отчетном периоде $C_{Ri}(t-1)$:

$$C_{Ri}(t) \in \left[C_{Ri}(t-1); C_{Ri}(t-1) \cdot \frac{100 + \gamma_i}{100} \right], \quad (14)$$

где γ_i – значение допустимого приращения затрат на инновации в i -м регионе Центрального федерального округа (в работе принимается постоянным на уровне 20% для всех регионов).

Значения ограничений региональных затрат на инновации для 2015–2016 гг. приведены в табл. 1.

Для расчета целевой функции $I_{VDI}(t)$ в интересующий момент времени необходимо располагать величиной валового регионального продукта i -го региона. Однако в настоящее время официальные статистические данные, предоставляемые Росстатом, позволяют определить значение валового регионального продукта регионов Российской Федерации только до 2012 г. включительно. Для проведения Парето-оптимизации необходимо оце-

Таблица 1

**Значения эффективности инновационной деятельности
в Центральном федеральном округе при проведении Парето-оптимизации
на 2015 и 2016 расчетные годы**

Регион	I_{ER} (2013)	k (2013)	Минимальное значение затрат на инновации C_R (2015)	Максимальное значение затрат на инновации в i -м регионе $C_{ид} \frac{100 + \gamma_i}{100}$ (2015)	Минимальное значение затрат на инновации C_R (2016)	Максимальное значение затрат на инновации в i -м регионе $C_{ид} \frac{100 + \gamma_i}{100}$ (2016)
Белгородская область	19,19	0,044	1 312,7	1 575,2	1 544,1	1 852,9
Брянская область	3,20	0,056	2 191,8	2 630,1	2 251,9	2 702,3
Владимирская область	5,26	0,187	5 596,0	6 715,2	6 582,4	7 898,9
Воронежская область	1,79	0,284	8 372,1	10 046,5	8 756,6	10 507,9
Ивановская область	1,23	0,014	418,1	501,8	437,3	524,8
Калужская область	1,02	0,416	16 409,6	19 691,5	16 859,8	20 231,8
Костромская область	4,50	0,013	531,5	637,8	546,1	655,3
Курская область	1,11	0,290	8 534,0	10 240,8	8 925,9	10 711,1
Липецкая область	5,55	0,392	11 725,9	14 071,1	13 792,9	16 551,5
Московская область	2,92	0,377	81 488,3	97 785,9	81 641,0	97 969,2
Орловская область	2,63	0,016	482,2	578,7	504,4	605,2
Рязанская область	0,82	0,272	8 015,7	9 618,8	8 383,8	10 060,6
Смоленская область	3,72	0,054	1 585,1	1 902,2	1 657,9	1 989,5
Тамбовская область	1,42	0,069	2 038,5	2 446,2	2 132,1	2 558,5
Тверская область	2,98	0,164	6 461,3	7 753,6	6 638,7	7 966,4
Тульская область	3,72	0,377	11 285,9	13 543,1	13 275,4	15 930,4
Ярославская область	1,74	0,351	13 832,9	16 599,5	14 212,5	17 055,0
Москва	5,10	0,623	134 944,7	161 933,6	135 197,7	162 237,2

Источник: данные Росстата.

Примечание: $\gamma = 20\%$.

нить значения валового регионального продукта регионов Центрального федерального округа за 2013–2014 гг. и выполнить его прогнозирование на 2015–2016 гг.

Результаты оценки валового регионального продукта регионов округа на 2013–2014 гг. и прогнозирования на 2015–2016 гг. приведены в табл. 2.

Оценка и прогнозирование валового регионального продукта регионов Центрального федерального округа основаны на практически его постоянном от-

ношении к валовому внутреннему продукту Российской Федерации. Анализ данных, представленных в табл. 2, показывает, что указанное отношение за 2011–2012 гг. по каждому из регионов Российской Федерации есть величина практически постоянная.

Для оценки и прогнозирования валового регионального продукта используется усредненная величина указанного отношения за 2010–2012 гг., которая умножается на величину валового внутреннего продукта Российской Федерации. Значение

Таблица 2

Оценка валового регионального продукта регионов Центрального федерального округа на 2013–2014 гг. и прогнозирование на 2015–2016 гг.

Регион	Среднее отношение валового регионального продукта региона к валовому внутреннему продукту Российской Федерации за 2010–2012 гг., млн руб./млрд руб.	Отношение валового регионального продукта региона к валовому внутреннему продукту Российской Федерации, млн руб./млрд руб.		Оценочные значения валового регионального продукта, млн руб.		Прогноз валового регионального продукта, млн руб.	
		2011	2012	2013	2014	2015	2016
Белгородская область	9,02	9,2	8,8	591 174	633 882	653 024	687 876
Брянская область	3,28	3,2	3,4	214 766	230 281	237 235	249 896
Владимирская область	4,68	4,7	4,6	306 588	328 736	338 663	356 738
Воронежская область	8,91	8,6	9,2	583 701	625 869	644 768	679 180
Ивановская область	2,27	2,3	2,2	148 930	159 689	164 512	173 292
Калужская область	4,46	4,2	4,7	292 451	313 579	323 048	340 289
Костромская область	2,12	2,1	2,1	139 067	149 114	153 616	161 815
Курская область	4,13	4,1	4,1	270 514	290 056	298 815	314 763
Липецкая область	4,99	5,2	4,8	327 235	350 876	361 471	380 763
Московская область	39,47	39,4	39,5	2 586 865	2 773 748	2 857 505	3 010 013
Орловская область	2,37	2,4	2,4	155 413	166 641	171 673	180 835
Рязанская область	3,94	3,9	4,0	258 294	276 954	285 317	300 545
Смоленская область	3,27	3,3	3,3	214 135	229 605	236 538	249 162
Тамбовская область	3,22	3,1	3,3	210 724	225 948	232 770	245 194
Тверская область	4,48	4,6	4,3	293 374	314 568	324 067	341 362
Тульская область	5,04	5,1	5,0	330 227	354 084	364 776	384 245
Ярославская область	5,23	5,2	5,3	342 555	367 302	378 393	398 589
Москва	175,74	180,1	171,4	11 516 618	12 348 613	12 721 499	13 400 458
<i>Валовой внутренний продукт Российской Федерации, млрд руб.</i>	–	<i>55 967</i>	<i>62 147</i>	<i>66 194</i>	<i>70 976</i>	<i>73 119</i>	<i>77 021</i>

валового внутреннего продукта до 2014 г. включительно предоставлено в официальных данных Росстата (табл. 2). Значение валового внутреннего продукта на 2015 г. взято на основе прогноза социально-экономического развития Российской Федерации, представленного Минэкономразвития России 16.02.2015. Прогноз валового внутреннего продукта на 2016 г. получен на основании выявленного тренда в данных за предыдущие периоды времени.

При проведении Парето-оптимизации на интересующий момент времени согласно равенству (11) необходимо знать величину затрат на инновации в округе $C_2(t)$. Результаты оценки затрат на технологические инновации Центрального федерального округа на 2014 г. и прогнозирования на 2015–2016 гг., а также данные Росстата за 2004–2013 гг., приведены в табл. 3, графическая иллюстрация результатов прогнозирования представлена на рис. 1.

Оценка и прогнозирование затрат на технологические инновации основаны на практически посто-

Таблица 3

Оценка изменения затрат на технологические инновации в Центральном федеральном округе на 2014 г. и прогнозирование на 2015–2016 гг.

Год	Отношение затрат на технологические инновации к валовому внутреннему продукту округа	Затраты на технологические инновации, млн руб.
2004	0,007	31 828,7
2005	0,005	30 869,2
2006	0,006	48 751,0
2007	0,005	46 124,1
2008	0,005	62 633,8
2009	0,009	96 973,4
2010	0,008	103 963,0
2011	0,017	275 677,2
2012	0,017	304 871,7
2013	0,016	305 199,2
2014 (оценка)	0,016	315 226,2
2015 (прогноз)	0,015	323 340,6
2016 (прогноз)	0,014	329 761,7

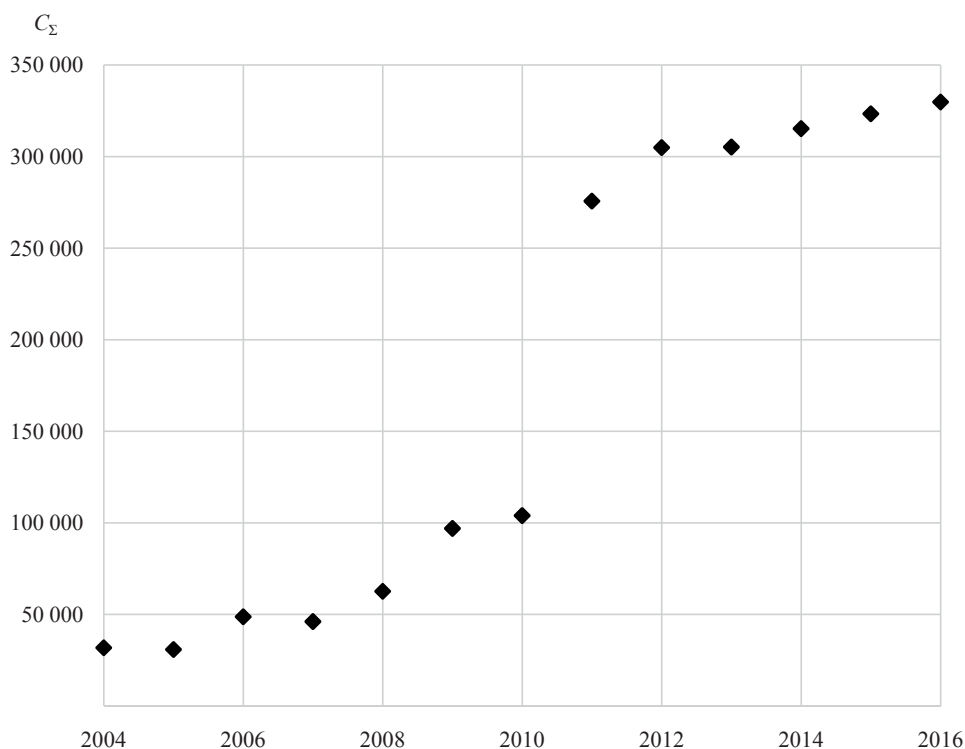


Рис. 1. График зависимости изменения затрат на технологические инновации по регионам Центрального федерального округа, включая статистические данные за 2004–2013 гг., оценочное значение за 2014 г. и прогнозирование изменения затрат на 2015–2016 гг., млн руб.

янном отношении последних к валовому региональному продукту Центрального федерального округа. Анализ данных, представленных в табл. 3, показывает, что указанное отношение за 2011–2013 гг. – величина практически постоянная. Оценочное и прогнозное значения этого отношения за 2014–2016 гг. получены на основании выявленного тренда в данных с учетом текущей экономической ситуации в Российской Федерации. Расчет затрат на технологические инновации за 2014–2016 гг. был выполнен на основании нормирования оценки или прогноза валового регионального продукта округа на указанное отношение.

Как следует из модели оптимизации (9)–(11), процедура расчета носит итерационный характер, т.е. для поиска Парето-оптимальных состояний на $(t + 1)$ период времени необходимо определить соответствующее оптимальное решение на момент времени t . Учитывая значительный объем вычислений, для проведения Парето-оптимизации системы регионов Центрального федерального округа по модели (9)–(11) с учетом постоянных величин (12)–(13), а также ограничений на независимые параметры (14) было разработано программное обеспечение с использова-

нием программного комплекса MATLAB. Расчет проводился для оцениваемого 2014 г. и прогноза на 2015–2016 гг.

Результаты моделирования в графической форме для периода 2015–2016 гг. показаны на рис. 2 и 3 на плоскости целевых функций V_D, I_{VD} и на рис. 4 и 6 на плоскости независимых переменных C_{K_j} .

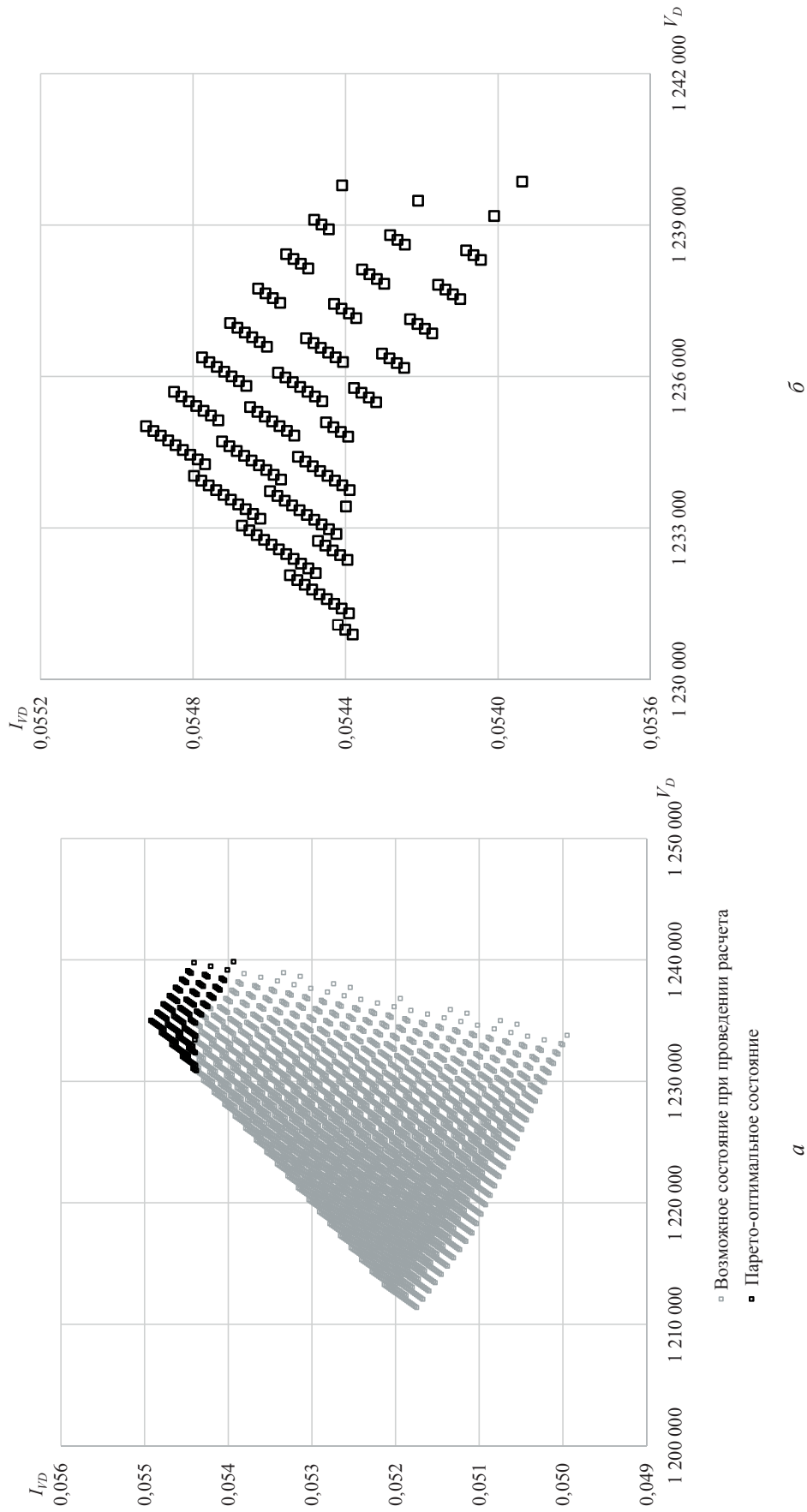
Выбор одного решения p из числа Парето-оптимальных P на каждый период 2014, 2015, 2016 гг. выполняется по дополнительному критерию, позволяющему определить состояние с максимально равномерным распределением затрат на инновации между регионами:

$$G(t) = \prod_{i=1}^{18} \left(\frac{C_{Ri}(t) - C_{Ri}(t-1)}{C_{Ri}(t)} \right) \xrightarrow{p} \max, \quad p = 1, \dots, P.$$

Выполненный анализ позволяет сформулировать определенные выводы: значения затрат на инновации в регионах Центрального федерального округа, полученные при проведении Парето-оптимизации на 2015–2016 гг., целесообразно сопоставить в относительной форме со значениями предыдущих отчетных периодов времени.

Результаты сравнения по регионам приведены в табл. 4.

Анализ данных, представленных в табл. 4, показывает, что все регионы получили приращение по затратам на инновации в 2015–2016 гг. То же самое можно сказать и о Центральном федеральном округе в целом. Изменение затрат на инновации при проведении парного регрессионного и корреляционного анализа показывает наличие хоть и слабой (коэффициент корреляции равен 0,25), но статистически значимой зависимости (уровень значимости $p = 0,0004$). Кроме того, лидеры по абсолютным величинам затрат на инновации в регионах округа (Москва и Московская область) сохранили свои



□ Возможное состояние при проведении расчета
 ■ Парето-оптимальное состояние

a

б

Рис. 2. Распределение состояний регионов Центрального федерального округа на плоскости целевых показателей при проведении Парето-оптимизации на 2015 г.:
a – распределение всех состояний, полученных при проведении расчета; *б* – распределение Парето-оптимальных состояний

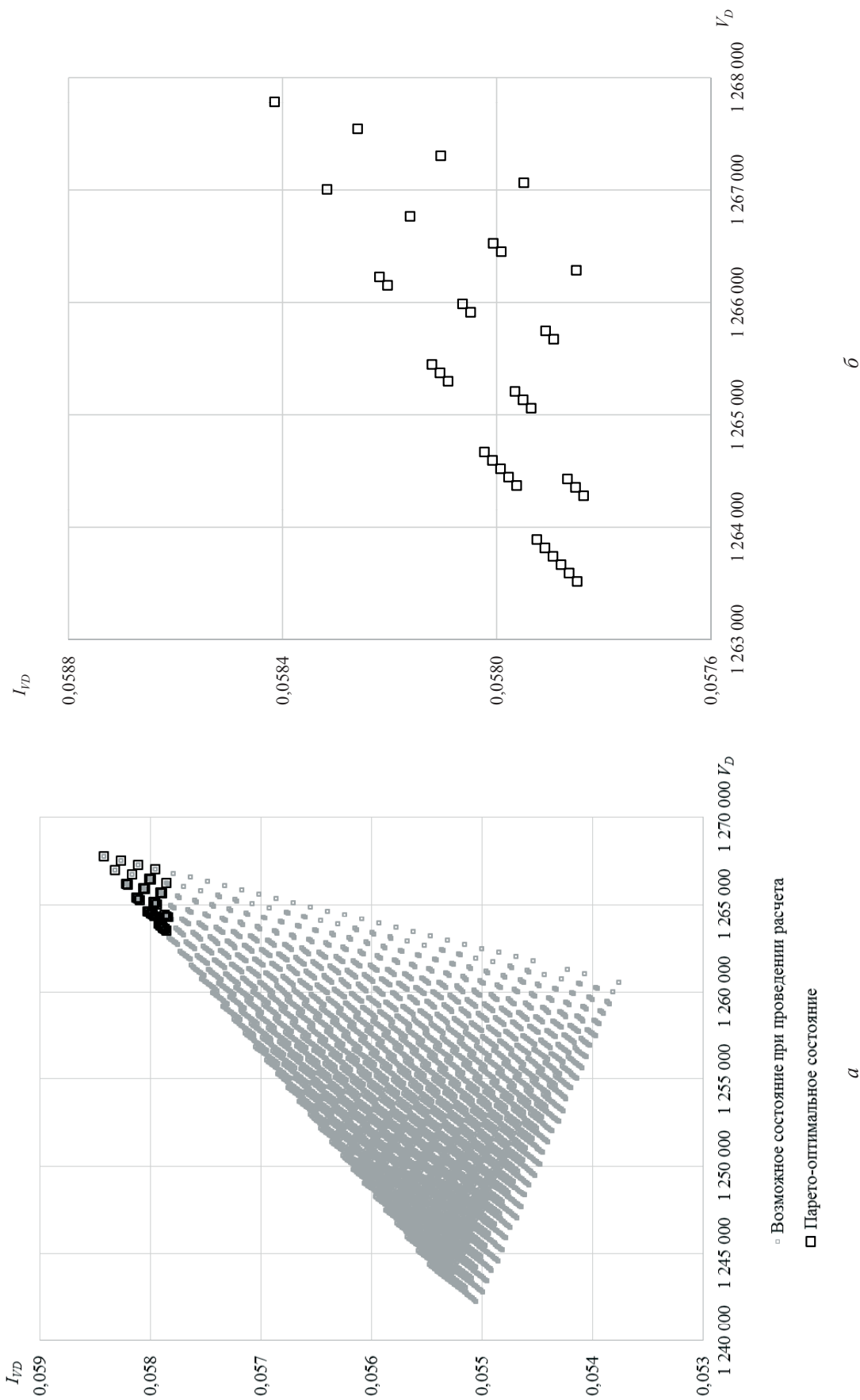


Рис. 3. Распределение состояний регионов Центрального федерального округа на плоскости целевых показателей при проведении Парето-оптимизации на 2016 г.:
a – распределение всех состояний, полученных при проведении расчета; *б* – распределение Парето оптимальных состояний

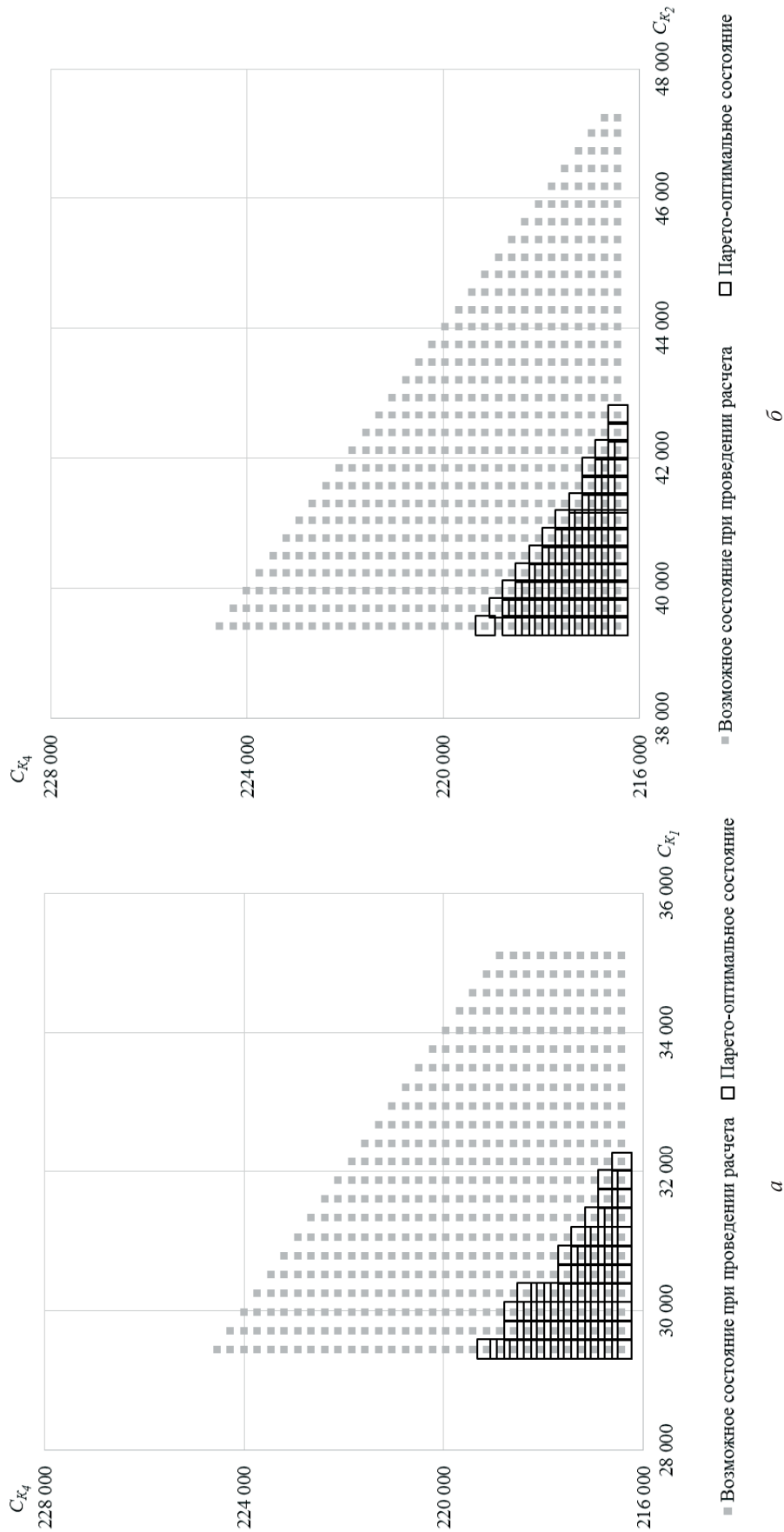


Рис. 4. Распределение состояний 1, 2, 4-го кластеров регионов Центрального федерального округа при проведении Парето-оптимизации на 2015 г. в факторном пространстве:
a – в пространстве 1-го, 4-го кластеров; *б* – в пространстве 2-го, 4-го кластеров

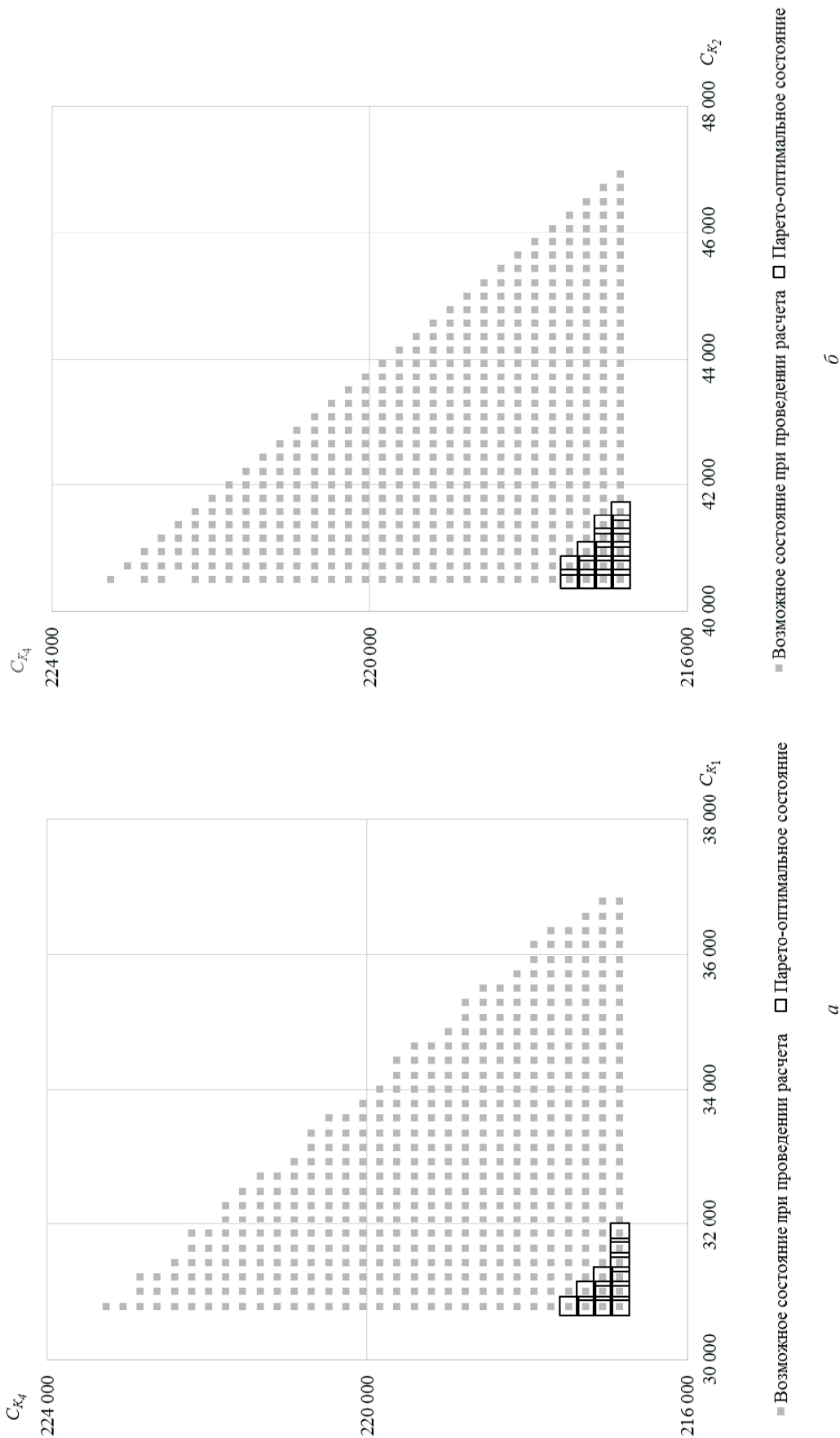


Рис. 5. Распределение состояний 1, 2, 4-го кластеров регионов Центрального федерального округа при проведении Парето-оптимизации на 2016 г. в факторном пространстве:
a – в пространстве 1-го, 4-го кластеров; *б* – в пространстве 2-го, 4-го кластеров

Таблица 4

Основные относительные характеристики полученных Парето-оптимальных решений в Центральном федеральном округе на 2015–2016 гг.

Регион	Доля приращения полученных средств на инновации относительно общего прироста в 2015 г., %	Отношение прироста затрат на инновации в 2015 г. к текущим (в 2015 г.) затратам на инновации, %	Отношение затрат на инновации в 2015 г. к затратам на инновации в 2014 г., %	Доля приращения полученных средств на инновации относительно общего прироста в 2016 г., %	Отношение прироста затрат на инновации в 2016 г. региона к текущим (в 2016 г.) затратам на инновации, %	Отношение затрат на инновации в 2016 г. к затратам на инновации в 2015 г., %
1	2	3	4	5	6	7
Белгородская область	2,85	15,0	117,6	3,66	13,20	115,20
Брянская область	0,74	2,7	102,7	0,37	1,05	101,06
Владимирская область	12,16	15,0	117,6	15,59	13,20	115,20
Воронежская область	4,74	4,4	104,6	2,37	1,71	101,74
Ивановская область	0,24	4,4	104,6	0,12	1,71	101,74
Калужская область	5,55	2,7	102,7	2,77	1,05	101,06
Костромская область	0,18	2,7	102,7	0,09	1,05	101,06
Курская область	4,83	4,4	104,6	2,42	1,71	101,74
Липецкая область	25,47	15,0	117,6	32,66	13,20	115,20
Московская область	1,88	0,2	100,2	0,63	0,05	100,05
Орловская область	0,27	4,4	104,6	0,14	1,71	101,74
Рязанская область	4,54	4,4	104,6	2,27	1,71	101,74
Смоленская область	0,90	4,4	104,6	0,45	1,71	101,74
Тамбовская область	1,15	4,4	104,6	0,58	1,71	101,74
Тверская область	2,19	2,7	102,7	1,09	1,05	101,06
Тульская область	24,52	15,0	117,6	31,43	13,20	115,20
Ярославская область	4,68	2,7	102,7	2,34	1,05	101,06
Город Москва	3,12	0,2	100,2	1,04	0,05	100,05

позиции в 2015–2016 гг. Однако анализ показателей за 2015–2016 гг. показывает, что объем затрат на инновации при проведении Парето-оптимизации как бы постепенно выравнивается, и часть средств, затрачиваемых в округе регионами-лидерами (Москва и Московская область), которые имеют средние значения по эффективности инновационной деятельности, заменяется средствами регионов,

имеющих большую эффективность по показателю I_{ER_i} (столбец 5 табл. 4). Также все регионы показывают постоянный регресс по показателю отношения затрат на инновации в 2016 г. к затратам на инновации в 2015 г. (столбцы 4, 7 табл. 4). И тем не менее Москва и Московская область по абсолютным величинам затрат на инновации остаются на 2015–2016 гг. безоговорочными лидерами.

Таким образом, можно выделить тенденцию к постепенному перераспределению внутри федерального округа затрат на инновации от регионов-лидеров по абсолютным объемам к остальным регионам. Это очень важный вывод, поскольку в долгосрочной перспективе при условии сохранения структуры региональной экономики, т.е. при относительно постоянном значении эффективности I_{ER_i} , приведет к выравниванию показателей инновационной деятельности в каждом регионе Центрального федерального округа. Указанные тенденции к изменению затрат на инновации не могут не отразиться на остальных показателях как регионов в отдельности, так и округа в целом.

Изменение затрат на инновации в 2014–2016 гг. в большей степени влияет на соотношение удельных показателей эффективности от инновационной деятельности предприятий регионов I_{VR} (рис. 6).

Анализ данных, представленных на рис. 6, показывает, что Парето-оптимизация по предложенной модели приводит к существенному расслоению регионов по показателю эффективности от инновационной деятельности $\frac{V_{Ri}}{VRP_i}$. При этом структура регионов сохраняется, т.е. лидеры все больше отрываются от остальных регионов, а регионы в середине группы – от отстающих регионов. Это приводит к несколько более сильной тенденции роста показателей эффективности от инновационной деятельности предприятий регионов округа в целом (коэффициент корреляции равен 0,3 при уровне значимости $p = 0,0001$) по отношению к другим целевым функциям.

При этом по значению объема выпуска инновационных товаров, работ регионы сохраняют ту структуру, которая наблюдалась в распределении

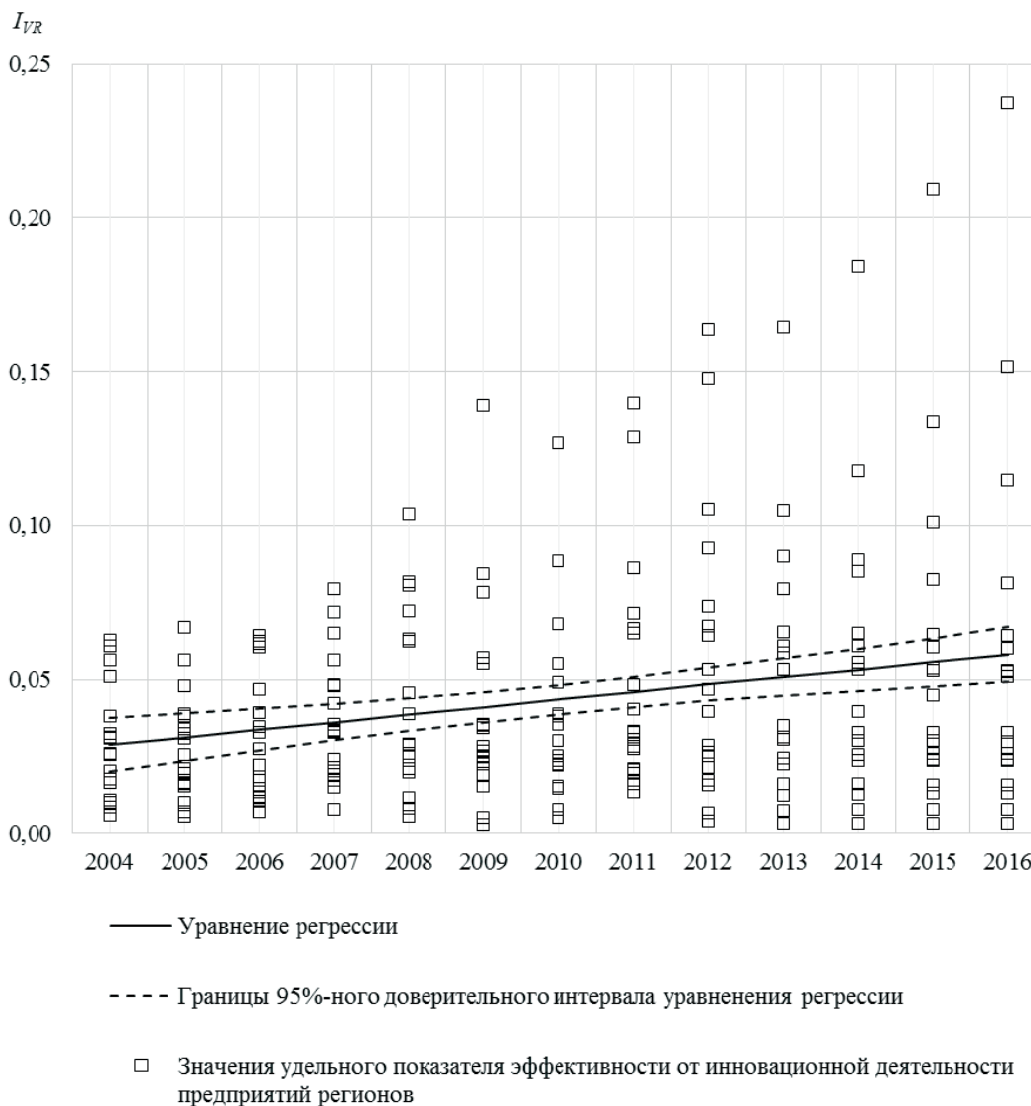


Рис. 6. Графики уравнения регрессии, границ доверительного интервала уравнения регрессии и наблюдаемых значений удельных показателей эффективности от инновационной деятельности предприятий регионов Центрального федерального округа за отчетные периоды времени 2004–2013 гг., включая результаты Парето-оптимизации за периоды оценивания на 2014 г. и прогнозирования на 2015–2016 гг.

затрат на инновации. При этом следует отметить наличие слабой положительной динамики по Центральному федеральному округу в целом. Изменение объема выпуска инновационных товаров, работ при проведении парного регрессионного и корреляционного анализа показывает наличие хоть и слабой (коэффициент корреляции равен 0,27), но статистически значимой зависимости (уровень значимости $p = 0,0001$).

На основании изложенного можно сделать следующие выводы об особенностях предложенной оптимизационной модели и методики Парето-оптимизации:

- при непродолжительном прогнозируемом периоде (2–3 года) структура регионов по распределению затрат на инновации и объема выпуска инновационных товаров, работ существенно не изменяется;
- наблюдается постепенное (плавное, эволюционное) изменение размеров величин затрат на инновации, производимых регионами-лидерами по абсолютным показателям, но с меньшей эффективностью инновационной деятельности, в сторону регионов средней и отстающей группы по абсолютным показателям;
- при непродолжительном прогнозируемом периоде (2–3 года) наблюдается существенное изменение структуры регионов по удельному показателю эффективности от инновационной деятельности предприятий регионов.

Таким образом, предложенная оптимизационная модель и методика Парето-оптимизации на основе системы показателей экономической и инновационной деятельности регионов позволяет решить задачу количественной оценки и прогнозирования параметров состояния региональной системы в целях учета интересов как отдельного субъекта Федерации, так и Федерального округа.

В результате проведенного исследования сформирована методика оценки и прогнозирования процессов межрегиональной инновационной интеграции территориальных социально-экономических систем, основой которой является Парето-оптимальная концепция экономического и инновационного развития системы регионов (Федерального округа) на основе согласования интересов как регионов, входящих в Федеральный округ, так и регулирующей их деятельность Федерального центра.

Список литературы

1. Аганбегян А.Г. Социально-экономическое развитие России: анализ и прогноз // Проблемы прогнозирования. 2014. № 4. С. 3–16.
2. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных решений. М.: Наука. 1976. 275 с.
3. Амосов А.И. О возможности достижения целевых индикаторов нового индустриального развития // Вестник института экономики РАН. 2014. № 4. С. 21–31.
4. Бодрунов С.Д., Гринберг Р.С., Сорокин Д.Е. Реиндустриализация российской экономики: императивы, потенциал, риски // Экономическое возрождение России. 2013. № 1. С. 19–49.
5. Бурак П.И., Ростанец В.Г., Топилин А.В. Инфраструктура межрегионального экономического сотрудничества и императивы инновационного развития. М.: Экономика, 2009. 367 с.
6. Буслаева О.С. Использование метода собственных состояний для оценки инвестиционной привлекательности региона // Проблемы современной экономики. 2014. № 3. С. 252–254.
7. Гранберг А.Г., Суслов В.И., Сустицын С.А. Экономико-математические исследования много-региональных систем // Регион: экономика и социология. 2008. № 2. С. 120–150.
8. Дубынина Т.Г., Малахов В.А. Анализ тенденций регионально-отраслевой структуры экономики // Проблемы прогнозирования. 2014. № 3. С. 96–107.
9. Дятлов С.А. Инновационная реиндустриализация экономики России в условиях усиления гиперконкуренции на мировых рынках // Инновации. 2014. № 9. С. 52–56.
10. Клейнер Г.Б. Какая мезоэкономика нужна России и для чего? (опыт системного исследования) // Вопросы экономики. 2013. № 10. С. 4–27.
11. Минакир П. Экономический рост и развитие: региональное приложение // Федерализм. 2013. № 2. С. 49–62.
12. Ногин В.Д. Принятие решений в многокритериальной среде: количественный подход. М.: ФИЗМАТЛИТ. 2005. 176 с.
13. Подиновский В.В., Ногин В.Д. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. М.: Наука, 1982. 255 с.
14. Попова С.В. Теоретические основы современного экономического роста и развития России // Экономическое возрождение России. 2013. № 4. С. 61–66.

15. *Решиев С.С., Ильясов Р.Х., Музаева Р.И.* Особенности формирования нормативно-правовой базы макрорегиона и его системные характеристики // Проблемы современной экономики. 2012. № 1. С. 306–309.

16. *Свирина Л.Н.* Обеспечение новой индустриализации профессиональными кадрами на базе создания института профессиональных стандартов и корпоративных университетов: международный и российский опыт // Вестник института экономики РАН. 2014. № 4. С. 156–167.

17. *Сорокин Д.Е.* Преобразование экономической системы России // Проблемы современной экономики. 2014. № 3. С. 46–49.

18. *Сухарев О.* Теоретические и прикладные проблемы управления экономическими системами // Проблемы теории и практики управления. 2014. № 4. С. 41–50.

19. *Ускова Т.В., Лукин Е.В.* Межрегиональное сотрудничество: оценка и перспективы развития // Проблемы прогнозирования. 2014. № 5. С. 119–131.

20. *Швецов А.Н.* Пространственная организация «информационного общества» как предмет системного анализа и объект государственного регулирования // Регион: экономика и социология. 2012. № 4. С. 45–66.

Regional Economics: Theory and Practice

ISSN 2311-8733 (Online)

ISSN 2073-1477 (Print)

Innovation and Investment

PARETO OPTIMIZATION TECHNIQUE IN EVALUATING AND FORECASTING OF THE PROCESSES OF INTERREGIONAL INNOVATION ECONOMIC INTEGRATION

Anzor M. SARALIDZE,
Zorislav V. MISHCHENKO,
Oleg A. DONICHEV

Abstract

Importance The article deals with the development of strengthening the interregional economic integration on the basis of the innovation economy. This problem is particularly relevant in response to the threat of stagnation of the Russian economy, caused by the global economic crisis and sanctions by Western countries.

Objectives The purpose of the study is the development of methods for assessing and forecasting the processes of interregional innovation economic integration.

Methods To analyze various aspects of the development of interregional innovation economic interaction, we used economic-mathematical methods and applied the concept of Pareto optimization. We are proposing a technique, based on the assumption that a Pareto optimum is a combination of states of the economies of regions in the system (Federal District), which cannot be improved, at least, for one region without compromising the situation of, at least, one of the remaining regions.

Results We found that, according to the specific terms of the efficiency of innovation activity of enterprises,

the structure of the regions changes significantly in the short-term forecast period (2 to 3 years). In addition, there is a gradual evolution of the reallocation of costs on innovation from the leading regions to the ones of high and backward groups. The proposed factor-monitoring system is based on the official statistics of the authorities of the Russian Federation, and it can be applied for estimating and forecasting the integration processes. On this basis, we have set up a system of target indicators of innovation and economic performance, reflecting the state of a group of regions as a system of interacting elements.

Conclusions and Relevance The proposed optimization model and method of Pareto optimization, on the basis of a system of indicators of economic and innovation regions, will meet the challenges of measuring the parameters of regional system in order to take account of the interests of an individual subject of the Federation and the Federal Center. The program can be used in the educational process, as well as in the activities of the regional government when forming the strategies for social and economic development.

Keywords: differentiation, regions, cluster, interregional integration, innovation, economic performance, Pareto optimization method

References

1. Aganbegyan A.G. Sotsial'no-ekonomicheskoe razvitiye Rossii: analiz i prognoz [Socio-economic development of Russia: analysis and prediction]. *Problemy prognozirovaniya = Problems of Forecasting*, 2014, no. 4, pp. 3–16.
2. Adler Yu.P., Markova E.V., Granovskii Yu.V. *Planirovanie eksperimenta pri poiske optimal'nykh reshenii* [Planning the experiment to find optimal solutions]. Moscow, Nauka Publ., 1976, 275 p.
3. Amosov A.I. O vozmozhnosti dostizheniya tselevykh indikatorov novogo industrial'nogo razvitiya [The possibility of achieving the target indicators of a new industrial development]. *Vestnik instituta ekonomiki RAN = Bulletin of Institute of Economics of RAS*, 2014, no. 4, pp. 21–31.
4. Bodrunov S.D., Grinberg R.S., Sorokin D.E. Reindustrializatsiya rossiiskoi ekonomiki: imperativy, potentsial, riski [Reindustrialization of the Russian economy: imperatives, potential, risks]. *Ekonomicheskoe vozrozhdenie Rossii = Economic Revival of Russia*, 2013, no. 1, pp. 19–49.
5. Burak P.I., Rostanets V.G., Topilin A.V. *Infrastrukturna mezhregional'nogo ekonomicheskogo sotrudnichestva i imperativy innovatsionnogo razvitiya* [An interregional economic cooperation infrastructure and the imperatives of innovation development]. Moscow, Ekonomika Publ., 2009, 367 p.
6. Buslaeva O.S. Ispol'zovanie metoda sobstvennykh sostoyanii dlya otsenki investitsionnoi privlekatel'nosti regiona [Using the method of eigenstates to evaluate the investment attractiveness of regions]. *Problemy sovremennoi ekonomiki = Problems of Modern Economics*, 2014, no. 3, pp. 252–254.
7. Granberg A.G., Suslov V.I., Suspitsyn S.A. Ekonomiko-matematicheskie issledovaniya mnogo-regional'nykh system [An economic-mathematical study of multiregional systems]. *Region: ekonomika i sotsiologiya = Region: Economics and Sociology*, 2008, no. 2, pp. 120–150.
8. Dubynina T.G., Malakhov V.A. Analiz tendentsii regional'no-otraslevoi struktury ekonomiki [A trend analysis of regional industrial structure of the economy]. *Problemy prognozirovaniya = Problems of Forecasting*, 2014, no. 3, pp. 96–107.
9. Dyatlov S.A. Innovatsionnaya reindustri-alizatsiya ekonomiki Rossii v usloviyakh usileniya giperkonkurentsii na mirovykh rynkakh [The innovation reindustrialization of the Russian economy under the increasing hyper-competition in world markets]. *Innovatsii = Innovation*, 2014, no. 9, pp. 52–56.
10. Kleiner G.B. Kakaya mezoekonomika nuzhna Rossii i dlya chego? (opyt sistemnogo issledovaniya) [What kind of meso-economics does Russia need and what for? (the experience of system studies)]. *Voprosy Ekonomiki*, 2013, no. 10, pp. 4–27.
11. Minakir P. Ekonomicheskii rost i razvitiye: regional'noe prilozhenie [Economic growth and development: a regional application]. *Federalizm*, 2013, no. 2, pp. 49–62.
12. Nogin V.D. *Prinyatie reshenii v mnogokriterial'noi srede: kolichestvennyi podkhod* [Decision-making in multicriterion environment: a quantitative approach]. Moscow, FIZMATLIT Publ., 2005, 176 p.
13. Podinovskii V.V., Nogin V.D. *Pareto-optimal'nye resheniya mnogokriterial'nykh zadach* [Pareto-optimal solutions of multicriterion tasks]. Moscow, Nauka Publ., 1982, 255 p.
14. Popova S.V. Teoreticheskie osnovy sovremen-nogo ekonomicheskogo rosta i razvitiya Rossii [The theoretical basis of modern economic growth and development of Russia]. *Ekonomicheskoe vozrozhdenie Rossii = Economic Revival of Russia*, 2013, no. 4, pp. 61–66.
15. Reshiev S.S., Il'yasov R.Kh., Muzaeva R.I. Osobennosti formirovaniya normativno-pravovoi bazy makroregiona i ego sistemnye kharakteristiki [Features of the formation of a normative-legal base of the macro-region and its system specifications]. *Problemy sovremennoi ekonomiki = Problems of Modern Economics*, 2012, no. 1, pp. 306–309.
16. Svirina L.N. Obespechenie novoi industrializatsii professional'nymi kadrami na baze sozdaniya instituta professional'nykh standartov i korporativnykh universitetov: mezhdunarodnyi i rossiiskii opyt [Providing the new industrialization with professionals on the basis of the institution for professional standards and corporate universities: the international and Russian experience]. *Vestnik instituta ekonomiki RAN = Bulletin of Institute of Economics of RAS*, 2014, no. 4, pp. 156–167.
17. Sorokin D.E. Preobrazovanie ekonomicheskoi sistemy Rossii [The transformation of the economic system of Russia]. *Problemy sovremennoi ekonomiki = Problems of Modern Economics*, 2014, no. 3, pp. 46–49.
18. Sukharev O. Teoreticheskie i prikladnye problemy upravleniya ekonomicheskimi sistemami

[Theoretical and applied problems of economic systems management]. *Problemy teorii i praktiki upravleniya = Problems of Theory and Practice of Management*, 2014, no. 4, pp. 41–50.

19. Uskova T.V., Lukin E.V. Mezhhregional'noe sotrudnichestvo: otsenka i perspektivy razvitiya [Interregional cooperation: assessment and prospects]. *Problemy prognozirovaniya = Problems of Forecasting*, 2014, no. 5, pp. 119–131.

20. Shvetsov A.N. Prostranstvennaya organizatsiya “informatsionnogo obshchestva” kak predmet sistemnogo analiza i ob’ekt gosudarstvennogo regulirovaniya [Spatial organization of the ‘information society’ as a subject of system analysis and the object of State regulation]. *Region: ekonomika i sotsiologiya = Region: Economics and Sociology*, 2012, no. 4, pp. 45–66.

Anzor M. SARALIDZE

Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs, Vladimir, Russian Federation
kafedra-euii@mail.ru

Zorislav V. MISHCHENKO

Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs, Vladimir, Russian Federation
zvm2002@rambler.ru

Oleg A. DONICHEV

Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs, Vladimir, Russian Federation
donoa@vlsu.ru