

УДК 005; 519.7; 303.732

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ МЕТОДОМ ОБОБЩЕННОГО РАНЖИРОВАНИЯ. II. ОБОБЩЁННОЕ РАНЖИРОВАНИЕ*

М.Ю. Лившиц¹, М.В. Цапенко², А.Н. Давыдов¹, Д.А. Барболин¹

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

² Учреждение Российской академии наук. Институт проблем управления сложными системами РАН
Россия, 443020, г. Самара, ул. Садовая, 61

E-mail: usat@samgtu.ru

Рассматриваются вопросы анализа динамики эффективности научных исследований методом обобщенного ранжирования на основе методологии многокритериального оценивания эффективности Data Envelopment Analysis. Проведено многокритериальное оценивание динамики эффективности научных исследований на примере прогнозов развития научных исследований по приоритетным направлениям модернизации российской экономики.

Материалы представлены в двух частях: в первой части рассмотрены вопросы прогнозирования показателей эффективности научных исследований, во второй – вопросы их обобщенного ранжирования.

Исследование выполнено по государственному контракту № 16.740.11.0749 от 21 октября 2011 г. в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 гг.».

Ключевые слова: приоритетные направления модернизации экономики, многокритериальное оценивание, эффективность научных исследований, прогнозирование.

Введение

Материалы статьи представлены в двух частях. В первой части были рассмотрены вопросы прогнозирования показателей эффективности научных исследований [1], во второй – обобщённое ранжирование показателей динамики эффективности научных исследований на основе прогнозов развития, которые были получены по пяти приоритетным направлениям модернизации российской экономики: энергоэффективность и энергосбережение, в том числе вопросы разработки новых видов топлива; ядерные технологии; космические технологии, связанные с телекоммуникациями, включая ГЛОНАСС и программу развития наземной инфраструктуры; медицинские технологии, прежде всего диагностическое оборудование, а также лекарственные средства; стратегические информаци-

* Работа выполнена при финансировании и поддержке РФФИ (грант №14-08-01255).

Михаил Юрьевич Лившиц (д.т.н., доц.), заведующий кафедрой «Управление и системный анализ в теплоэнергетике».

Михаил Владимирович Цапенко (к.э.н., доц.), старший научный сотрудник.

Андрей Николаевич Давыдов (к.т.н.), начальник управления научных исследований.

Дмитрий Алексеевич Барболин, ведущий инженер-программист отдела разработки и сопровождения информационных систем.

онные технологии, включая вопросы создания суперкомпьютеров и разработки программного обеспечения.

Способ обобщенного ранжирования

Способ обобщенного ранжирования динамики эффективности научных исследований, проводимых по приоритетным направлениям модернизации российской экономики, базируется на методологии многокритериального сравнительного оценивания – Data Envelopment Analysis (DEA).

Основы DEA-методики, модели, способы решения и области применения метода подробно изложены в работах [2–5], принципы применения методологии DEA и способы решения оптимизационных задач обобщенного оценивания технологической и рыночной эффективности производственной деятельности и научных исследований приведены в трудах [6–12]. Разработанные авторами методы и анализ решения задач оптимизации, адаптированные к специфике оценивания эффективности научных исследований, изложены в работах [13–18].

Как было отмечено в первой части статьи, в качестве частных показателей динамики эффективности научной деятельности по приоритетным направлениям развития экономики были выбраны три частных индикатора:

- количество проводимых научно-исследовательских работ (x_1);
- число исполнителей научной работы (x_2);
- суммарный объем финансирования выполненных исследований (x_3).

На базе этих индикаторов в соответствии с методом DEA сформируем обобщенный критерий эффективности в виде функционала:

$$J_t = \max_t (u_1 \cdot x_{1t} + u_2 \cdot x_{2t} + u_3 \cdot x_{3t}), t \in [2000, 2018]. \quad (1)$$

Для оценки динамики эффективности научных исследований отдельно по каждому из пяти приоритетов сформируем функционалы, подобные постановке (1), для дискретных моментов времени в базовом периоде с 2000 по 2013 гг. и на прогнозном интервале 2014–2018 гг.

Путем решения задач линейного математического программирования для каждого приоритета экономики по всем 19 временным периодам 2000–2018 гг. с функционалом (1) и требованиями ограничений DEA-метода (непревышение единичного значения для всей остальной совокупности временных постановок $(u_1 \cdot x_{1t} + u_2 \cdot x_{2t} + u_3 \cdot x_{3t}) \leq 1$ и положительность весовых коэффициентов $u_{1,2,3} \geq 0$) могут быть получены обобщенные оценки динамики эффективности научных исследований по направлениям модернизации экономики, нормированные на интервале значений $(0,1]$.

Обобщенное ранжирование динамики эффективности научных исследований

На основе представленных в первой части статьи прогнозных значений трех параметров для приоритетов модернизации экономики проведем обобщенное ранжирование динамики эффективности научных исследований.

Для этого сформируем DEA-модели с обобщенным функционалом оценки вида (1) для каждого из приоритетов на всем временном интервале с 2000 по 2018 гг. Таким образом, нам будет необходимо решить 19 задач линейного программирования для каждого из пяти приоритетов.

Таблица 1

Временные DEA-оценки приоритетов модернизации экономики

Приоритеты модернизации экономики	Годы																		
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014*	2015	2016	2017	2018
Энергоэффективность и энергосбережение, в том числе вопросы разработки новых видов топлива	0,1631	0,2961	0,3262	0,3898	0,4157	0,4316	0,5516	0,4971	0,4899	0,8226	1,0000	0,8058	1,0000	0,6657	0,8101	0,8429	0,8766	0,9104	0,9443
Ядерные технологии	0,0000	0,4286	0,0000	0,7089	0,4810	0,2658	0,7804	0,6456	1,0000	0,5317	0,7595	0,7566	1,0000	1,0000	0,9377	0,9515	0,9648	0,9781	0,9918
Космические технологии, связанные с телекоммуникациями, включая и ГЛОНАСС, и программу развития наземной инфраструктуры	0,6191	0,6191	0,4762	0,4903	0,5282	0,4523	0,4697	0,6191	1,0000	0,4654	0,8195	0,9713	1,0000	0,5714	0,6622	0,6619	0,6634	0,6654	0,6674
Медицинские технологии, прежде всего диагностическое оборудование, а также лекарственные средства	0,1852	0,2407	0,2222	0,2950	0,3774	0,3774	0,5283	0,4960	0,5640	0,7061	0,7210	1,0000	1,0000	0,6667	0,6938	0,7085	0,7245	0,7406	0,7569
Стратегические информационные технологии, включая вопросы создания суперкомпьютеров и разработки программного обеспечения	0,1231	0,2286	0,2571	0,4571	0,6000	0,6857	0,6571	0,4571	0,5714	0,4000	0,8308	0,8308	1,0000	0,5846	0,6543	0,6675	0,6818	0,6966	0,7114

* – серым цветом выделены DEA-оценки, рассчитанные по прогнозным данным.

Результаты решения таких задач формируют ранжированные сравнительные оценки эффективности деятельности научных коллективов во времени по приоритетным направлениям модернизации экономики (см. таблицу).

Обобщенные характеристики динамики эффективности научных исследований отразим на графиках. На рис. 1–5 показаны графики, характеризующие временные DEA-оценки приоритетов модернизации экономики.

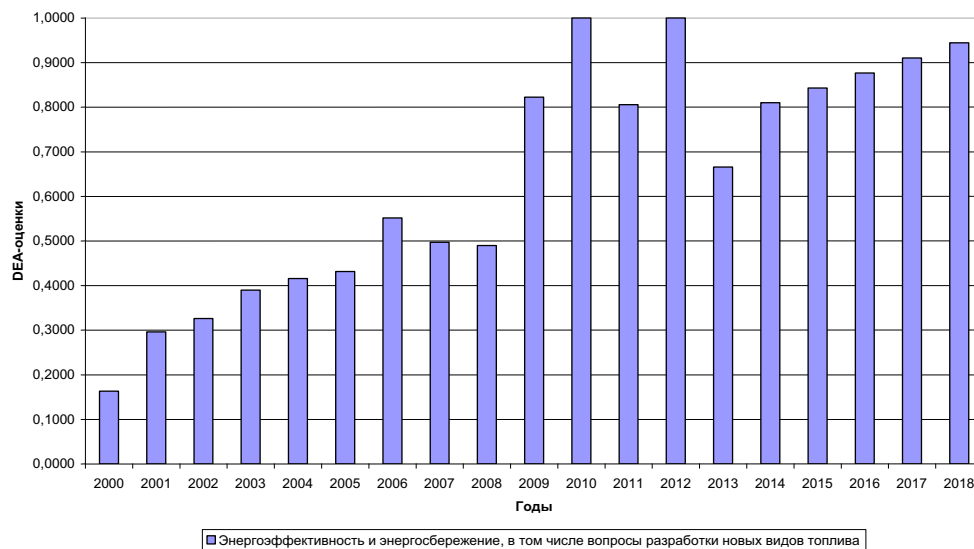


Рис. 1. Обобщенные характеристики динамики эффективности научных исследований по приоритету «Энергоэффективность и энергосбережение, в том числе вопросы разработки новых видов топлива»

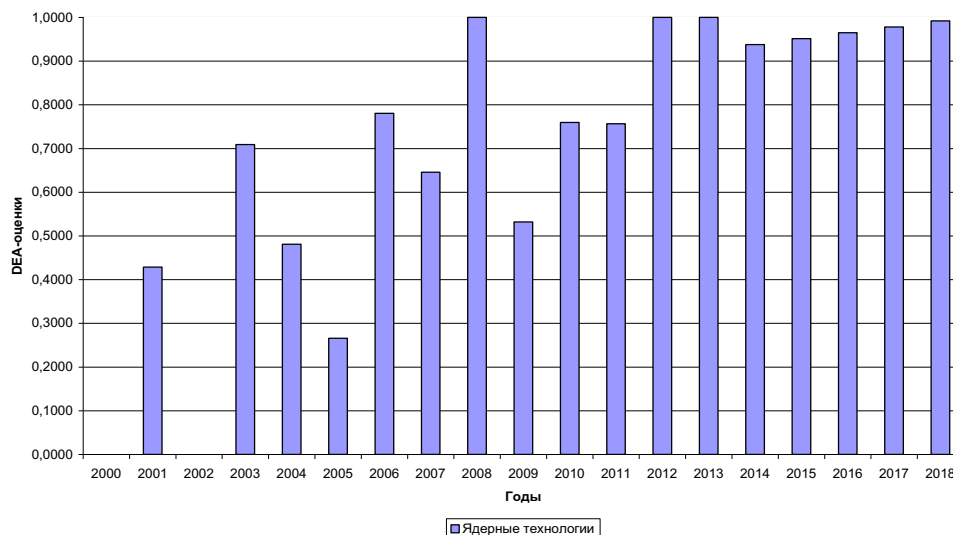


Рис. 2. Обобщенные характеристики динамики эффективности научных исследований по приоритету «Ядерные технологии»

Из данных диаграммы, представленной на рис. 1, видно, что в базовом периоде 2000 – 2013 гг. и на прогнозном интервале до 2018 г. обобщенная эффективность исследований выросла относительно 2000 года в 6 раз. На базовом времен-

ном интервале наблюдаются периоды локальных спадов эффективности с 2006 по 2008 гг., с 2010 по 2011 гг. и с 2012 по 2013 гг. На прогнозном интервале с 2014 по 2018 гг. наблюдается монотонный рост эффективности со средним значением около 4 % в год.

Оценка обобщенной эффективности научных исследований в 2010 и 2012 гг. имела максимальные значения – 1,0.

На рис. 2 представлены оценки обобщенной эффективности научных исследований для приоритета «Ядерные технологии».

Как видно из данных, представленных на рис. 2, на базовом временном интервале в 2000 и 2002 гг. исследования по этой тематике не проводились. Локальные спады обобщенной эффективности характерны для периодов 2003–2005 гг. – падение оценок эффективности с 0,71 до минимума 0,27, 2006–2007 гг. – с 0,78 до 0,65, 2008–2009 гг. – с 1,00 до 0,53.

Максимальное (единичное) значение оценка обобщенной эффективности имела в 2008, 2012 и 2013 гг.

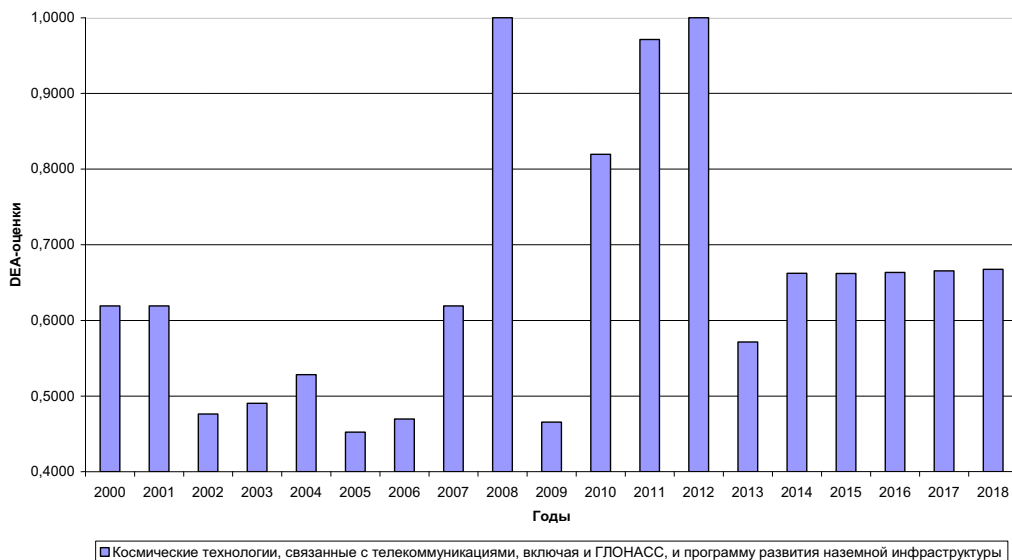


Рис. 3. Обобщенные характеристики динамики эффективности научных исследований по приоритету «Космические технологии, связанные с телекоммуникациями, включая и ГЛОНАСС, и программу развития наземной инфраструктуры»

Для прогнозного интервала характерен монотонный рост эффективности исследований со среднегодовым темпом около 1,4 %.

На диаграмме, представленной на рис. 3, показаны оценки эффективности по приоритету «Космические технологии, связанные с телекоммуникациями, включая и ГЛОНАСС, и программу развития наземной инфраструктуры».

Как видно из данных, представленных на рис. 3, динамика оценок в базовом периоде имеет нерегулярный характер. Для 2002, 2003, 2005, 2006 и 2009 гг. оценка обобщенной эффективности принимает значение менее 0,5. Максимальная эффективность исследований наблюдается в 2008 и 2012 гг., минимальные значения – в 2005 и 2009 гг.

На прогнозном интервале с 2014 по 2018 гг. среднее значение оценки эффективности составляет порядка 0,66, при этом характерен минимальный прирост эффективности со среднегодовым темпом 0,2 %.

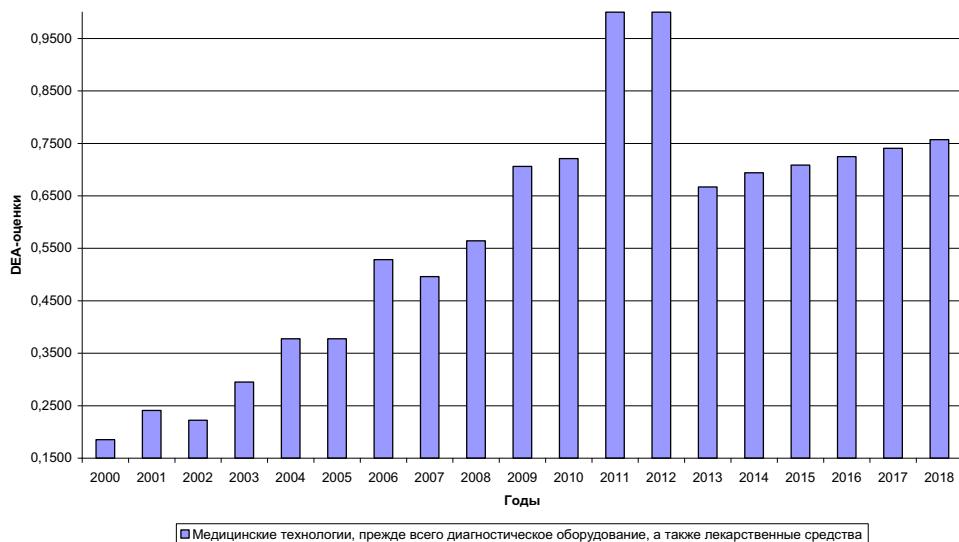


Рис. 4. Обобщенные характеристики динамики эффективности научных исследований по приоритету «Медицинские технологии, прежде всего диагностическое оборудование, а также лекарственные средства»

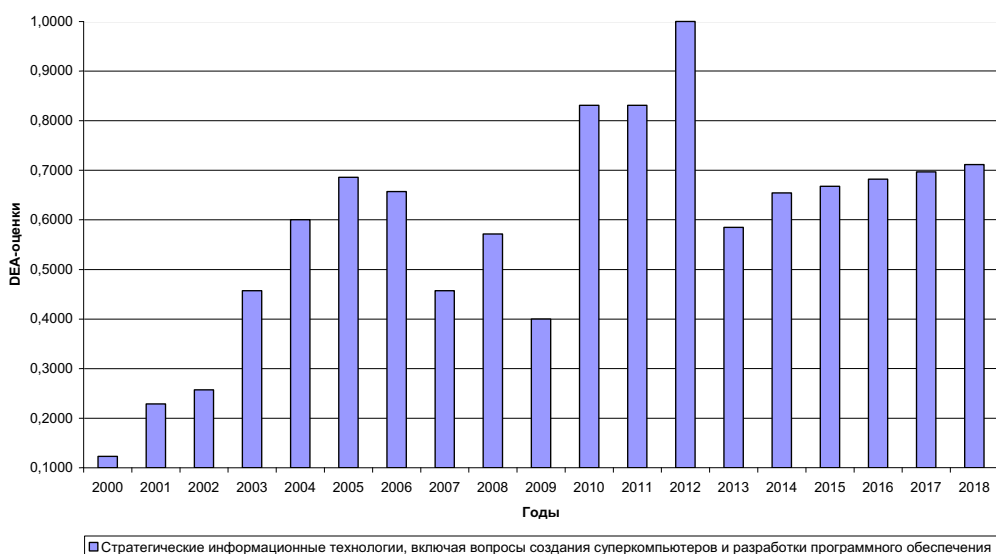


Рис. 5. Обобщенные характеристики динамики эффективности научных исследований по приоритету «Стратегические информационные технологии, включая вопросы создания суперкомпьютеров и разработки программного обеспечения»

На диаграмме, представленной на рис. 4, показаны оценки обобщенной эффективности для приоритета «Медицинские технологии, прежде всего диагностическое оборудование, а также лекарственные средства».

Как видно из данных, представленных на рис. 4, динамика эффективности имеет монотонную тенденцию роста в базовом периоде с 2000 по 2012 гг. в 5,3

раза. Максимальные значения оценки эффективности принимают в 2011 и 2012 гг., далее наблюдается спад в 2013 г. на 33 % относительно 2012 г. На прогнозном интервале наблюдается равномерный рост эффективности со среднегодовым темпом около 2,2 %.

На рис. 5 представлены результаты оценок обобщенной эффективности для приоритета «Стратегические информационные технологии, включая вопросы создания суперкомпьютеров и разработки программного обеспечения».

Как видно из данных, представленных на рис. 5, в базовом периоде происходит рост оценок эффективности в 2000–2005 гг. с 0,12 до 0,69 единиц, далее характерна тенденция спада этих оценок до 2007 года (0,46) и дальнейшего их роста до максимальной оценки в 2012 г. (с локальным падением в 2009 г. до 0,4).

На прогнозном интервале наблюдается монотонный рост оценок эффективности со среднегодовым темпом около 2,1 %.

Заключение

Проанализированы характеристики динамики оценок обобщенной эффективности научных исследований для различных приоритетов модернизации российской экономики на основе ретроспективной информации и полученных прогнозов.

На данных материалах проиллюстрированы возможности применения DEA-методологии для многокритериального оценивания эффективности динамики развития научных исследований. Эти оценки могут служить основанием для поддержки и стимулирования ведущих коллективов вуза с учетом их вклада в динамику развития приоритетных направлений научных исследований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лившиц М.Ю., Цапенко М.В., Давыдов А.Н., Барболин Д.А. Анализ динамики эффективности научных исследований методом обобщённого ранжирования. I. Прогнозирование // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия «Технические науки», Самара, 2013, №4 (40), С. 27 – 36.
2. Farrell M.J. The Measurement of Productive Efficiency // Journal of the Royal Statistical Society, Series A (General), Vol. 120, Part III, 1957, 253 – 281 p.
3. Charnes A., Cooper W.W., Rhodes E. Measuring the Efficiency of Decision Making Units // European Journal of Operational Research, Vol. 2, 1978, pp. 429 – 444.
4. Banker R.D., Charnes A., Cooper W.W. Some Models for Estimating Technical and Scale Efficiency in Data Envelopment Analysis // Management Science, Vol. 30, No. 9, 1984, pp. 1078 –1092.
5. Кривоноско В.Е., Пропой А.И., Сеньков Р.В., Родченков И.В., Анохин П.М. Анализ эффективности функционирования сложных систем // Автоматизация проектирования. – 1999. – № 1. – < <http://www.osp.ru/ap/1999/01/02.htm> >.
6. HANDBOOK ON DATA ENVELOPMENT ANALYSIS edited by: William W. Cooper, Lawrence M. Seiford, Joe Zhu // Kluwer Academic Publishers, 2004. – 593 с.
7. Выгон Г.В., Поманский А.Б. Анализ связи технологической эффективности и рыночной капитализации компаний // Экономика и математические методы. – 2000. – № 2, т. 36. – С. 79-87.
8. Дилигенский Н.В., Цапенко М.В., Давыдов А.Н. Многокритериальная методология выявления перспективных направлений научных исследований // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Технические науки. – 2011. – № 4(32). – С. 26-33.
9. Дилигенский Н.В., Цапенко М.В., Давыдов А.Н. Экспертная модель оценивания эффективности научной деятельности вуза // Наука, бизнес, образование – 2009: Материалы Международной научно-практической конференции. – Самара: Поволжский институт бизнеса, СамГТУ, 2009. – С. 85 – 94.
10. Дилигенский Н.В., Цапенко М.В., Давыдов А.Н. Многокритериальное сбалансированное оценивание стратегии управления научной деятельностью технического вуза // Стратегическое планирование и развитие предприятий. Секция 2. Материалы X всероссийского симпозиума. Москва, 14-15 апреля 2009 г. Под ред. чл.-корр. РАН Г.Б. Клейнера. – М.: ЦЭМИ РАН, 2009. – С. 73 – 74.

11. Дилигенский Н.В., Цапенко М.В. Согласованное применение методов математического программирования и экспертного многокритериального оценивания эффективности // Стратегическое планирование и развитие предприятий. Секция 2. Материалы XI всероссийского симпозиума. Москва, 13-14 апреля 2010 г. Под ред. чл.-корр. РАН Г.Б. Клейнера. – М.: ЦЭМИ РАН, 2010. – С. 73 – 74.
12. Diligenskiy N.V., Tsapenko M.V. Multicriterion Comparative Estimation of Consumer Properties of Passenger Cars. European Researcher (Европейский исследователь: Международный мультидисциплинарный научный журнал). – May 2012. – № 5-1(7), p. 561 – 566.
13. Дилигенский Н.В., Цапенко М.В., Давыдов А.Н. Сравнительный многокритериальный анализ эффективности операционной деятельности промышленных предприятий // РАН, СНЦ РАН, ИПУСС: Труды XII Международной конференции «Проблемы управления и моделирования в сложных системах». Самара, 21 – 23 июня 2010. – С. 126 – 136.
14. Дилигенский Н.В., Цапенко М.В., Давыдов А.Н. Системный анализ вклада научно-технической деятельности в развитие технологических платформ // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Технические науки. – 2012. – №2 (34). – С. 19-26.
15. Дилигенский Н.В., Цапенко М.В., Давыдов А.Н., Барболин Д.А. Программно-аналитический инструментарий для многокритериального оценивания эффективности научных исследований // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Технические науки. – 2012. – № 4 (36). – С. 39 – 45.
16. Дилигенский Н.В., Цапенко М.В., Давыдов А.Н. Иерархическая система обобщенных характеристик эффективности научных исследований // Стратегическое планирование и развитие предприятий. Секция 2. Материалы XIV всероссийского симпозиума. Москва, 9-10 апреля 2013 г. Под ред. чл.-корр. РАН Г.Б. Клейнера. – М.: ЦЭМИ РАН, 2013. – С. 61 – 63.
17. Дилигенский Н.В., Цапенко М.В., Давыдов А.Н. Методология анализа, многокритериального ранжирования и нормирования показателей обобщенной эффективности научных исследований // РАН, СНЦ РАН, ИПУСС. Труды XV Международной конференции «Проблемы управления и моделирования в сложных системах». Самара, 25-28 июня 2013 г. – С. 112 – 124.
18. Цапенко М.В. Построение фронтов эффективности научных исследований // Международный мультидисциплинарный научный журнал European researcher (Европейский исследователь). – Май 2013 г. – № 5-1, Vol. 48. – С. 1249 – 1253.

Статья поступила в редакцию 14 октября 2013 г.

PERFORMANCE ANALYSIS OF DYNAMICS RESEARCH BY GENERALIZED RANKING II. GENERALIZED RANKING

M.Y. Livshits¹, M.V. Tsapenko², A.N. Davydov¹, D.A. Barbolin¹

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

² Institution of the Russian Academy of Sciences Institute for the Control of Complex Systems of RAS
61, Sadovaya st., Samara, 443020, Russia

The paper deals with the analysis of the dynamics of the efficiency of scientific research based on the generalized method of ranking – Data Envelopment Analysis. In this article the results of multicriteria estimation of the efficiency of the dynamics of scientific research on the example forecasts of scientific studies on priority directions of modernization of the Russian economy.

The materials presented in two parts: the first part addressed issues of forecasting performance of scientific research, in the second – a generalized ranking performance.

Keywords: *priorities for the modernization of the economy, multicriteria estimation of the efficiency scientific research, forecasting.*

*Mihail Y. Livshits (Dr. Sci. (Techn.)), Professor.
Mihail V. Tsapenko (Ph.D. (Econ.)), Associate Professor.
Andrey N. Davydov (Ph.D. (Techn.)), Head of Research.
Dmitry A. Barbolin, Senior Software Engineer.*