

УДК 338.24; 519.7

СИСТЕМНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ ИННОВАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ*

М.В. Цапенко

Самарский государственный технический университет
Россия, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: usat@samgtu.ru

Рассматриваются вопросы синтеза глобальных оценок инновационной активности на примере экономики Самарской области. В качестве метода системного оценивания выбран способ обобщенного ранжирования на основе метода многокритериального оценивания эффективности Data Envelopment Analysis. В работе реализованы процедуры многокритериального оценивания и системного ранжирования инновационной активности региона на временном интервале. Информационной базой процедур оценивания являются локальные показатели государственной статистики, характеризующие сферу научных исследований и инноваций на региональном уровне.

Ключевые слова: инновационная активность, многокритериальное оценивание, синтез глобальных приоритетов, Data Envelopment Analysis.

В статье рассмотрены вопросы системного оценивания инновационной активности региональной экономики. Государственная статистика характеризует эффективность процессов в сфере научных исследований и инноваций на мезоэкономическом уровне по шести группам критериев:

- характеристики организаций, выполняющих исследования и разработки;
- параметры научных кадров;
- характеристики процессов подготовки научных кадров;
- параметры финансирования научных исследований;
- результативность исследований и разработок;
- характеристики технологических, организационных и маркетинговых инноваций [1].

В каждой из этих групп содержится от двух до восьми базовых локальных показателей эффективности, их общее число – 26 без учета уточняющих характеристик.

Но основе ряда локальных показателей эффективности проведено системное оценивание инновационной активности региональной экономики на временном интервале с 2004 по 2014 гг.

Предмет исследования

Предметом исследования является инновационная активность региональной экономики. Отметим многогранность трактовки этого понятия в современной

*Исследование выполнено в рамках гранта РФФИ № 15-46-02135.

Михаил Владимирович Цапенко (к.э.н., доц.), доцент кафедры «Управление и системный анализ теплоэнергетических и социотехнических комплексов».

науке. При анализе этой категории проводятся аналогии с инновационной деятельностью или интенсивностью разработки и вовлечения новых технологий. В рамках нашего исследования будем интерпретировать эту категорию как комплексную характеристику инновационной деятельности субъекта хозяйствования, состоящую в способности к мобилизации инновационного, интеллектуального, ресурсного и другого потенциала [2, с. 156].

Также существует многообразие методов оценивания этой категории, например: индексный метод, метод рейтингования [3], инструменты, разработанные Ассоциацией инновационных регионов России [4] и Национальной ассоциацией инноваций и развития информационных технологий [5].

В рамках настоящего исследования реализуем конструктивную процедуру многокритериального системного оценивания Data Envelopment Analysis (DEA) для целей оценки инновационной активности на основе обобщенного показателя.

Метод исследования

Рассмотрим формальный метод многокритериального системного оценивания – DEA. Особенностью метода является использование формальных алгоритмов оценивания без учета субъективных экспертных суждений. Этот подход был разработан в 1978 г. в США [6], в отечественных исследованиях он известен под названием «Анализ среды функционирования» (АСФ) [7].

Свойства метода и алгоритм его применения рассмотрены в работе [8], результаты апробации для решения различных задач многокритериального оценивания представлены в материалах [9].

Для применения метода DEA объекты оценивания представляются в виде систем, которые характеризуются m входными – X_m и k выходными – Y_k параметрами. При этом увеличение выходных характеристик и уменьшение входных должно вести к росту интегрального показателя эффективности, и наоборот.

Как правило, в качестве выходных параметров Y_k выбираются характеристики, определяющие результаты функционирования системы: производство продукции, создание технологий и т. п. В качестве входных характеристик X_m выбираются затраты различного рода ресурсов, которые определили получение этих результатов.

Обобщенный показатель эффективности исследуемых систем в базовом варианте метода DEA формируется как отношение взвешенных некоторым образом аддитивных наборов выходных характеристик к входным:

$$f = \frac{u_1 \cdot Y_1 + u_2 \cdot Y_2 + \dots + u_k \cdot Y_k}{v_1 \cdot X_1 + v_2 \cdot X_2 + \dots + v_m \cdot X_m}. \quad (1)$$

В обобщенном показателе эффективности (1) u_i ($i=1,2, \dots k$) – положительные, произвольные и заранее неизвестные коэффициенты, определяющие значимость каждого выходного фактора Y_i в системном критерии эффективности f . Соответственно, v_j ($j=1,2, \dots m$) – веса входных величин X_j .

Процедура нахождения численных значений обобщенных показателей эффективности f для каждой из оцениваемых систем предполагает их ранжировку на единичном интервале. Такая ранжировка реализуется максимизацией обобщенного показателя (1) для каждого объекта оценки и нахождением набора весовых коэффициентов u_i, v_j на основе решения задачи математического программирования при системе ограничений, определяющей область значения весов u_i, v_j :

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{u_{11} \cdot Y_{11} + u_{21} \cdot Y_{21} + u_{31} \cdot Y_{31} + \dots + u_{k1} \cdot Y_{k1}}{v_{11} \cdot X_{11} + v_{21} \cdot X_{21} + v_{31} \cdot X_{31} + \dots + v_{m1} \cdot X_{m1}} \leq 1; \\ \frac{u_{12} \cdot Y_{12} + u_{22} \cdot Y_{22} + u_{32} \cdot Y_{32} + \dots + u_{k2} \cdot Y_{k2}}{v_{12} \cdot X_{12} + v_{22} \cdot X_{22} + v_{32} \cdot X_{32} + \dots + v_{m2} \cdot X_{m2}} \leq 1; \\ \dots\dots\dots \\ \frac{u_{1n} \cdot Y_{1n} + u_{2n} \cdot Y_{2n} + u_{3n} \cdot Y_{3n} + \dots + u_{kn} \cdot Y_{kn}}{v_{1n} \cdot X_{1n} + v_{2n} \cdot X_{2n} + v_{3n} \cdot X_{3n} + \dots + v_{mn} \cdot X_{mn}} \leq 1; \\ u_{in} \geq 0; v_{jn} \geq 0; \end{array} \right. \quad (2)$$

$$i = \{1, 2 \dots k\}; j = \{1, 2 \dots m\}; n = \{1, 2 \dots N\}.$$

Отметим, что применение этого метода возможно как в пространствах сравниваемых систем, так и на временных интервалах функционирования одного объекта. В этом случае метод позволяет проводить анализ динамики сравнительной эффективности объекта.

Наряду с обобщенным показателем эффективности в виде отношения (1) также применяются линейные конструкции – аддитивные наборы факторов, требующих максимизации для обеспечения роста системной эффективности.

Далее для оценивания будем использовать только линейные постановки обобщенного критерия для анализа инновационной активности региона на временном интервале.

Исходные данные

На основе данных Федеральной службы государственной статистики по Самарской области (Самарстат) [1] систематизируем исходные данные, характеризующие инновационную деятельность в Самарской области в период с 2004 по 2014 гг.

Из 26 базовых локальных показателей выберем шесть характеристик – индикаторов, наблюдаемых на выбранном временном интервале:

I_1 – объем выполненных работ, услуг в сфере исследований и разработок;

I_2 – затраты на выполнение научных исследований и разработок;

I_3 – затраты организаций на технологические, маркетинговые и организационные инновации;

I_4 – число организаций, выполнявших научные исследования и разработки;

I_5 – численность персонала, занятого научными исследованиями и разработками;

I_6 – число используемых передовых технологий.

Количественные значения выбранных локальных показателей представлены в таблице.

Показатель I_1 – объем выполненных работ, услуг в сфере исследований и разработок, не включает объемы научно-технических услуг, а также прочих работ и услуг.

Индикатор I_2 – затраты на выполнение научных исследований и разработок, учитывает внутренние затраты, внутренние текущие затраты, капитальные и внешние затраты.

Исходные данные – количественные значения локальных показателей

Индикатор	Измеритель	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
I_1	млрд руб.	8,70	9,81	10,62	12,51	11,74	14,67	16,49	16,70	26,90	24,28	24,02
I_2	млрд руб.	8,64	9,48	11,42	12,28	11,41	14,22	16,10	19,31	24,28	23,63	22,74
I_3	млрд руб.	10,54	7,68	17,46	12,01	10,89	8,19	9,94	17,64	74,28	65,98	57,94
I_4	ед.	54,00	51,00	52,00	63,00	59,00	57,00	53,00	62,00	61,00	62,00	62,00
I_5	тыс. чел.	24,04	24,51	24,86	23,39	20,46	20,63	20,19	15,67	17,31	16,72	12,89
I_6	тыс. ед.	4,38	4,73	4,50	4,99	5,30	5,65	6,19	6,87	6,69	7,29	7,77

В третьем индикаторе I_3 :

– под технологическими инновациями будем понимать конечный результат инновационной деятельности, получивший воплощение в виде нового либо усовершенствованного продукта или услуги, внедренных на рынке, нового либо усовершенствованного процесса или способа производства (передачи) услуг, используемых в практической деятельности [1, с. 271];

– под маркетинговыми инновациями будем понимать процесс реализации новых или значительно улучшенных маркетинговых методов, охватывающих существенные изменения в дизайне и упаковке товаров, работ, услуг; использование новых методов продаж и презентации товаров, работ, услуг, их представления и продвижения на рынки сбыта; формирование новых ценовых стратегий [1, с. 271];

– под организационными инновациями будем понимать реализованные новые методы ведения бизнеса, организации рабочих мест, внешних связей [1, с. 271].

В четвертом индикаторе I_4 в число организаций, выполняющих научные исследования и разработки, включены организации государственного и предпринимательского сектора, а также организации высшего образования.

В пятом индикаторе I_5 под персоналом, занятым научными исследованиями и разработками, понимается совокупность лиц, чья творческая деятельность, осуществляемая на систематической основе, направлена на увеличение и поиск новых областей применения знаний, а также занятых оказанием прямых услуг, связанных с выполнением исследований и разработок. В статистике персонал, занятый исследованиями и разработками, учитывается как списочный состав работников организаций (соответствующих подразделений образовательных организаций высшего образования, промышленных организаций и др.), выполняющих исследования и разработки, по состоянию на конец года [1, с. 270].

В шестом индикаторе I_6 под передовыми производственными технологиями будем понимать технологии и технологические процессы (включая необходимое для их реализации оборудование), управляемые с помощью компьютера или основанные на микроэлектронике и используемые при проектировании, производстве или обработке продукции (товаров и услуг) [1, с. 271].

Динамика изменения локальных индикаторов $I_1 - I_6$ представлена на графиках (рис. 1, 2).

На графиках рис. 1 показана динамика трех объемных показателей (I_1, I_2, I_3), измеряемых в денежном выражении.

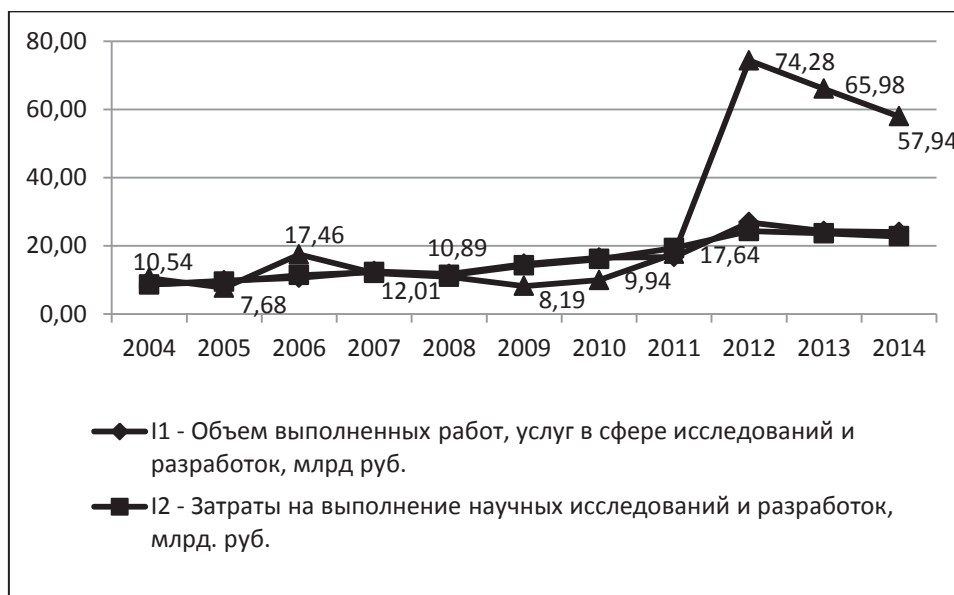


Рис. 1. Динамика объемных показателей I_1, I_2, I_3 в денежном выражении, млрд руб.

Как видно из представленных данных, индикаторы I_1 и I_2 имеют схожую динамику поведения на анализируемом временном интервале. Коэффициент корреляции между этими параметрами равен 0,98.

Для периода 2007–2008 гг. наблюдается тенденция незначительного снижения индикаторов – на 6,2 % (I_1) и на 7,1 % (I_2), что качественно можно объяснить кризисными явлениями в экономической системе, характерными для 2008 г.

С 2008 до 2012 гг. наблюдается систематический рост показателей: в 2,3 раза для I_1 и в 2,1 раза для I_2 . За два года, с 2012 по 2014 гг., эти показатели падают на 10,7 и 6,3 % соответственно.

В целом с 2004 по 2014 гг. показатели I_1, I_2 выросли в 2,8 и 2,6 раза соответственно.

В 2012 г. наблюдается скачкообразный рост затрат на технологические, маркетинговые и организационные инновации – в 4,2 раза относительно 2011 г. Такое поведение показателя можно объяснить корректировками в системе учета и сбора статистической информации по этим видам затрат в указанный период. Далее, начиная с 2012 г., наблюдается равномерное падение этого показателя со среднегодовым темпом 11–12 % в год. Однако в целом за период с 2004 по 2014 гг. значение этого показателя увеличилось в 5,5 раза. Таким образом, темп роста этого показателя в два раза превышает темпы роста индикаторов I_1 и I_2 в анализируемый период времени.

На графиках рис. 2 показана динамика трех показателей (I_4, I_5, I_6), измеряемых в натуральном выражении.



Рис. 2. Динамика показателей I_4 , I_5 , I_6

Как видно из представленных данных, динамика индикаторов I_4 , I_5 , I_6 имеет меньшую согласованность.

Значение коэффициента корреляции между числом организаций, выполняющих научные исследования и разработки (I_4), и численностью персонала, занятого научными исследованиями и разработками (I_5), составляет (минус) 0,7, что подтверждает разноплановые тенденции в поведении этих индикаторов.

Численность организаций, выполняющих научные исследования и разработки, за анализируемый период выросла в 1,15 раза, с 54 ед. в 2004 г. до 62 ед. в 2014 г., при этом численность персонала, занятого научными исследованиями и разработками, сократилась в 1,9 раза – с 24,04 тыс. чел. в 2004 г. до 12,89 тыс. чел. в 2014 г.

В удельном исчислении в 2004 г. на одну организацию, выполняющую научные исследования и разработки, приходилось около 445 исследователей и порядка 80 передовых технологий, в 2008 г. – 347 человек и 90 технологий, в 2014 г. – 208 сотрудников и 125 технологий. Прослеживается динамика уменьшения удельной численности занятых в наукоемкой сфере при росте передовых технологий.

Таким образом, видна противоречивая динамика поведения локальных показателей эффективности – их слабая согласованность, а в отдельных случаях и антагонистический характер поведения.

В этом случае для конструирования системного показателя, оценивающего инновационную активность, необходимо применять формализованные способы синтеза глобальных оценок эффективности.

Системное оценивание инновационной активности

На базе определенных выше индикаторов в соответствии с методом DEA сконструируем обобщенный показатель эффективности для каждого момента времени t в виде линейного критерия:

$$f_t = \max_t (u_1 \cdot I_{1t} + u_2 \cdot I_{2t} + u_3 \cdot I_{3t} + u_4 \cdot I_{4t} + u_5 \cdot I_{5t} + u_6 \cdot I_{6t}), t \in [2004, 2014]. \quad (3)$$

Соответствующая система ограничений будет иметь вид:

$$\begin{cases} u_1 \cdot 54.00 + u_2 \cdot 8.70 + u_3 \cdot 4.38 + u_4 \cdot 8.64 + u_5 \cdot 10.54 + u_6 \cdot 24.04 \leq 1; \\ u_1 \cdot 51.00 + u_2 \cdot 9.81 + u_3 \cdot 4.73 + u_4 \cdot 9.48 + u_5 \cdot 7.68 + u_6 \cdot 24.51 \leq 1; \\ u_1 \cdot 52.00 + u_2 \cdot 10.62 + u_3 \cdot 4.50 + u_4 \cdot 11.42 + u_5 \cdot 17.46 + u_6 \cdot 24.86 \leq 1; \\ u_1 \cdot 63.00 + u_2 \cdot 12.51 + u_3 \cdot 4.99 + u_4 \cdot 12.28 + u_5 \cdot 12.01 + u_6 \cdot 23.39 \leq 1; \\ u_1 \cdot 59.00 + u_2 \cdot 11.74 + u_3 \cdot 5.30 + u_4 \cdot 11.41 + u_5 \cdot 10.89 + u_6 \cdot 20.46 \leq 1; \\ u_1 \cdot 57.00 + u_2 \cdot 14.67 + u_3 \cdot 5.65 + u_4 \cdot 14.22 + u_5 \cdot 8.19 + u_6 \cdot 20.63 \leq 1; \\ u_1 \cdot 53.00 + u_2 \cdot 16.49 + u_3 \cdot 6.19 + u_4 \cdot 16.10 + u_5 \cdot 9.94 + u_6 \cdot 20.19 \leq 1; \\ u_1 \cdot 62.00 + u_2 \cdot 16.70 + u_3 \cdot 6.87 + u_4 \cdot 19.31 + u_5 \cdot 17.64 + u_6 \cdot 15.67 \leq 1; \\ u_1 \cdot 61.00 + u_2 \cdot 26.90 + u_3 \cdot 6.69 + u_4 \cdot 24.28 + u_5 \cdot 74.28 + u_6 \cdot 17.31 \leq 1; \\ u_1 \cdot 62.00 + u_2 \cdot 24.28 + u_3 \cdot 7.29 + u_4 \cdot 23.63 + u_5 \cdot 65.98 + u_6 \cdot 16.72 \leq 1; \\ u_1 \cdot 62.00 + u_2 \cdot 24.02 + u_3 \cdot 7.77 + u_4 \cdot 22.74 + u_5 \cdot 57.94 + u_6 \cdot 12.89 \leq 1; \\ u_1 \geq 0; u_2 \geq 0; u_3 \geq 0; u_4 \geq 0; u_5 \geq 0; u_6 \geq 0; \end{cases} \quad (4)$$

Для каждого момента времени $t \in [2004, 2014]$ сконструируем соответствующие критерии оценивания вида (3) и решим 11 задач линейного математического программирования (ЗЛП) с системой ограничений (4).

Решения 11 ЗЛП определяют численные значения обобщенного показателя инновационной активности для каждого момента времени. Значения обобщенных показателей представлены на графике (рис. 3).

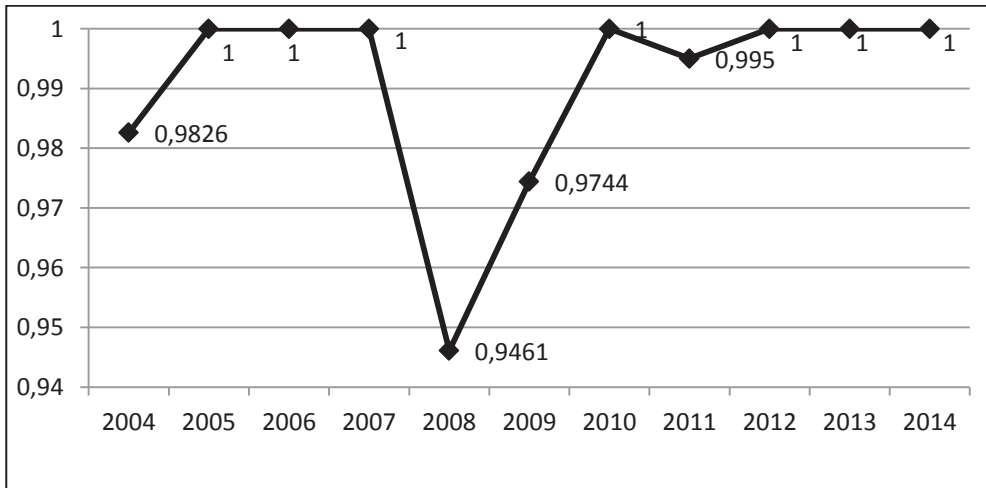


Рис. 3. Результаты оценивания инновационной активности Самарской области

Как видно из представленных данных, критерий системной оценки инновационной активности Самарской области идентифицирует кризисные проявления 2008 г., в этом периоде значение обобщенного показателя минимальное – 0,9461, а также отражает траекторию выхода экономической системы из кризиса в 2009 г. ($f_{2009} = 0,9744$) и восстановления в 2010 г. ($f_{2010} = 1,0000$).

Также отличные от максимальной оценки значения инновационной активности характерны для 2004 г. ($f_{2004} = 0,9826$) и 2011 г. ($f_{2011} = 0,9950$).

Заключение

Таким образом, на примере оценивания инновационной активности региональной экономики был апробирован способ сравнительного многокритериального оценивания – DEA. Результаты применения метода показали адекватность оценок факторам внешней среды. Результирующие показатели инновационной активности региона имеют нормированный вид и позволяют проводить сравнительное сопоставление на временном интервале функционирования системы.

В качестве критерия оценивания была выбрана простейшая линейная конструкция на основе статистических данных, определяющих характеристики научных исследований и инноваций в Самарской области. Дальнейшее развитие исследования может быть направлено на модификацию видов критериев оценивания и сопоставления получаемых различных результатов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Самарский статистический ежегодник. 2015: Стат. сб. – Самара: СамараСтат, 2015. – 355 с.
2. Трилицкая О.Ю. Инновационная активность как фактор повышения конкурентоспособности предприятия // Вестник Волгоградского государственного университета. Сер. 3. Экономика. Экология. – 2013. – № 1 (22). – С. 155-161.
3. Белоусова О.М. Сравнительный анализ инновационной активности субъектов Российской Федерации. – М.: Академия естествознания, 2011. – 195 с.
4. Ассоциация инновационных регионов России [Электронный ресурс]. <http://www.i-regions.org/association>.
5. Национальная ассоциация инноваций и развития информационных технологий [Электронный ресурс]. <http://nair-it.ru>.
6. 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.
7. Кривоножко 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> >.
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., 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.

Статья поступила в редакцию 1 февраля 2016 г.

SYSTEM ESTIMATION OF INNOVATIVE ACTIVITY OF REGIONAL ECONOMY

M.V. Tsapenko

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100, Russian Federation

In this article the questions of synthesis of global assessments of innovative activity on an example of the Samara Region economy. As a method of systematic evaluation selected generic way of ranking based on the method of multi-criteria evaluation of efficiency Data Envelopment Analysis. The work implemented multi-criteria evaluation procedure and the ranking system of innovative activity in the region over the time interval. The information base for assessment procedures are the local state statistical indicators characterizing the scope of research and innovation at the regional level.

Keywords: *innovation activity, multicriteria evaluation, synthesis of global priorities.*

Mihail V. Tsapenko (Ph.D. (Econ.)), Associate Professor.