

Синтез глобальных оценок сравнительной эффективности инновационного потенциала региона

© 2015 Цапенко Михаил Владимирович

кандидат экономических наук, доцент

Самарский государственный аэрокосмический университет

им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)

443086, г. Самара, Московское шоссе, д. 34

E-mail: mcap@mail.ru

Представлены результаты апробации моделей синтеза глобальных оценок сравнительной эффективности инновационных потенциалов регионов, входящих в Приволжский федеральный округ. В ходе исследования получены конструктивные математические модели синтеза глобальных характеристик эффективности инновационных потенциалов региональных экосистем. На основе этих моделей реализована свертка частных показателей, характеризующих эффективность инновационного потенциала регионов, в глобальный, обобщенный критерий сравнительной эффективности. Получены количественные характеристики сравнительной, многокритериальной оценки инновационных потенциалов регионов. В основу моделей синтеза глобальных оценок положен способ многокритериального оценивания Data Envelopment Analysis.

Ключевые слова: региональная экономика, инновационный потенциал, эффективность, многокритериальное оценивание, Data Envelopment Analysis.

Введение

Объектом исследования является инновационный потенциал региональной экономической системы (далее - ИП), предметом исследования - модели оценки, количественного исчисления и синтеза обобщенных показателей сравнительной эффективности ИП, в основу которых положен способ многокритериального оценивания - Data Envelopment Analysis (далее - DEA).

Особенностью рассматриваемого подхода к решению задачи синтеза глобальных приоритетов является совместное конструктивное применение методов статистических наблюдений и формального метода многокритериального оценивания эффективности - DEA.

В ходе решения поставленной задачи были получены структуры локальных критериев эффективности ИП, предложены способы их синтеза в обобщенные показатели сравнительной эффективности, рассчитаны ранжированные оценки сравнительной эффективности инновационного потенциала для 14 регионов, входящих в Приволжский федеральный округ (далее - ПФО).

Объект исследования

На сегодняшний день не существует единого, табулированного определения категории ИП как на микро-, так и на мезоэкономическом уровне. Разные авторы дают различные трактовки этого параметра. Систематизируем наиболее распространенные из них.

Комплексный подход к определению ИП - способность экономической системы к трансфор-

мации в новое состояние с целью удовлетворения существующих или вновь возникающих потребностей, способность системы к изменению, улучшению или прогрессу¹. В этом аспекте ИП рассматривается в общем виде как некая "мера готовности организации (системы) выполнять поставленные инновационные задачи. Инновационная деятельность включает в себя не только инновационный процесс преобразования научного знания в новые виды продуктов, технологий и услуг, но и маркетинговые исследования рынков сбыта товаров, конкурентной среды, а также комплекс управленческих и организационно-экономических мероприятий, которые в своей совокупности приводят к инновациям"².

Ресурсный подход трактует ИП как "организованную совокупность взаимосвязанных условий и ресурсов (материальных, финансовых, кадровых, информационных, интеллектуальных и иных), обеспечивающих воспроизводство существующей научно-технической и технологической базы ...". При таком понимании ИП создаются базовые носители - драйверы - ИП: научные организации и наукоемкие производства, социальная среда, формирующая спрос на нововведения, и сами новшества³.

Результативный подход - "способность различных отраслей народного хозяйства производить наукоемкую продукцию, отвечающую требованиям мирового рынка"⁴. Этот способ определения предполагает идентификацию степени соответствия наукоемкой продукции существу-

ющим мировым аналогам. Методы системного анализа и идентификации наукоемкой продукции в рамках этого подхода подробно рассмотрены в работах⁵.

Таким образом, наличие разнообразных трактовок понятия ИП свидетельствует о концептуальной неоднозначности в понимании сущности этой категории, что в значительной мере затрудняет разработку конструктивных подходов к исчислению и количественной оценке этого явления. Тем не менее в контексте задачи оценивания ИП региональной экономики это понятие можно интерпретировать как степень инновационной восприимчивости и активности региональной экономической системы. Далее в нашем исследовании будем придерживаться этой трактовки.

Предмет исследования

Существуют различные модели оценки и количественного исчисления ИП.

Факторные функциональные модели - основаны на методе прямого счета, например, пятифакторная модель оценки ИП, в основу которой положены агрегированные показатели: финансовые, кадровые, материально-технические, информационные и маркетинговые. Свертка этих локальных показателей реализуется на основе аддитивной композиции с заданными равными весами⁶.

Имитационные агентоориентированные модели - основаны на оценке инновационной активности, например, модель, состоящая из трех типов агентов: регионы, компании, научные работники, при этом системная оценка ИП характеризуется понятием "пространство инноваций"⁷.

Сами процедуры оценивания основаны на совокупности показателей, отслеживаемых органами государственной статистики. При наличии множества разнородных по составу, содержанию и интерпретации критериев для синтеза обобщенной оценки должны применяться адекватные способы свертывания.

Процедуры свертки могут конструироваться на основе алгоритмов, предполагающих обработку экспертных суждений, например, метод анализа иерархий Томаса Саати⁸.

Альтернативным способом синтеза глобальных оценок является формальный метод, не использующий субъективных экспертных оценок, например, метод DEA, разработанный в 1978 г. в США⁹. В России этот подход получил название "Анализ среды функционирования" (АСФ)¹⁰.

Подробно алгоритм и свойства метода рассмотрены в работах¹¹, а результаты апробации метода в ходе решения задач оценивания ИП представлены в материалах¹².

В общей постановке метода DEA полагается, что исследуемая система характеризуется m -входными и k -выходными параметрами, при этом выходные величины Y_1, Y_2, \dots, Y_k выбираются таким образом, чтобы каждая из них характеризовала фактор, играющий положительную роль в суммарном показателе эффективности f исследуемой системы:

$$\frac{\partial f(Y_1, Y_2, \dots, Y_k)}{\partial Y_i} > 0, \quad i = 1, 2, \dots, k. \quad (1)$$

В качестве входных величин X_1, X_2, \dots, X_m берутся затраты ресурсов, уменьшение которых приводит к повышению показателя суммарной эффективности:

$$\frac{\partial f(X_1, X_2, \dots, X_m)}{\partial X_j} < 0, \quad j = 1, 2, \dots, m. \quad (2)$$

На основе содержательного выбора m -входов X_1, X_2, \dots, X_m и k -выходов Y_1, Y_2, \dots, Y_k , совокупность которых с позиции исследователя дает достаточно полную и адекватную характеристику системы, структура комплексного показателя эффективности исследуемой системы в базовом варианте метода DEA формируется следующим образом:

$$f = \frac{u_1 \cdot Y_1 + u_2 \cdot Y_2 + \dots + u_k \cdot Y_k}{v_1 \cdot X_1 + v_2 \cdot X_2 + \dots + v_m \cdot X_m}. \quad (3)$$

В (3) $u_i (i = 1, 2, \dots, k)$ - положительные весовые коэффициенты, характеризующие относительный вклад каждого из выходных факторов Y_i в интегральный функционал эффективности f . Соответственно, $v_j (j = 1, 2, \dots, m)$ - веса входных величин X_j .

В формуле (3) веса u_i, v_j являются произвольными, неизвестными, и от них требуется лишь положительность - $u_i \geq 0, v_j \geq 0$.

В качестве гипотезы при нахождении численных показателей комплексной эффективности каждой из $n (n = 1, 2, \dots, N)$ оцениваемых систем в методе DEA полагается, что величины всех показателей комплексной эффективности f конечны, и осуществляется ранжировка этих значений на числовом интервале $[0, 1]$, исходя из условия максимизации показателей эффективности (3) для каждой из систем.

В этом случае задача отыскания для n -й системы обобщенного показателя эффективности f_n и соответствующего ему набора весовых коэффициентов u_{in} и v_{jn} записывается следующим образом.

Найти максимум функционала:

$$f_n = \max_{u_m, v_{jn} \in G} \frac{u_{1n} \cdot Y_{1n} + u_{2n} \cdot Y_{2n} + u_{3n} \cdot Y_{3n} + \dots + u_{kn} \cdot Y_{kn}}{v_{1n} \cdot X_{1n} + v_{2n} \cdot X_{2n} + v_{3n} \cdot X_{3n} + \dots + v_{mn} \cdot X_{mn}}, \quad (4)$$

при наличии системы ограничений, определяющей область значений G весов u_{in} и v_{jn} :

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{u_{11} \cdot Y_{11} + u_{21} \cdot Y_{21} + u_{31} \cdot Y_{31} + \dots + u_{k1} \cdot Y_{k1}}{v_{11} \cdot X_{11} + v_{21} \cdot X_{21} + v_{31} \cdot X_{31} + \dots + v_{m1} \cdot X_{m1}} \leq 1, \\ \frac{u_{12} \cdot Y_{12} + u_{22} \cdot Y_{22} + u_{32} \cdot Y_{32} + \dots + u_{k2} \cdot Y_{k2}}{v_{12} \cdot X_{12} + v_{22} \cdot X_{22} + v_{32} \cdot X_{32} + \dots + v_{m2} \cdot X_{m2}} \leq 1, \\ \dots \dots \dots \\ \frac{u_{1n} \cdot Y_{1n} + u_{2n} \cdot Y_{2n} + u_{3n} \cdot Y_{3n} + \dots + u_{kn} \cdot Y_{kn}}{v_{1n} \cdot X_{1n} + v_{2n} \cdot X_{2n} + v_{3n} \cdot X_{3n} + \dots + v_{mn} \cdot X_{mn}} \leq 1, \quad (5) \\ u_{in} \geq 0; v_{jn} \geq 0, \\ i = \{1, 2, \dots, k\}; j = \{1, 2, \dots, m\}; n = \{1, 2, \dots, N\}. \end{array} \right.$$

В (5) величины X_{jn} ($j=1, 2, \dots, m$) и Y_{in} ($i=1, 2, \dots, k$) являются, соответственно, численными значениями входа X_j и выхода Y_i для n -й системы.

Соотношения (4), (5) для n ($n=1, 2, \dots, N$) систем формируют N задач математического программирования, решение которых определяет значение n -го показателя эффективности f_n , ранжированное на единичном интервале $[0, 1]$.

Отметим, что наряду с использованием функционала эффективности в виде (4) также применяется линейная конструкция - аддитивный набор факторов, требующих максимизации для обеспечения роста эффективности системы.

Далее в исследовании для оценки ИП будем использовать только линейные постановки.

Исходные данные

На основе данных Федеральной службы государственной статистики (раздел "Наука, инновации и информационное общество"¹³) систематизируем исходные количественные оценки, характеризующие инновационные процессы в 14 регионах, входящих в ПФО, за 2013 г.

В качестве базовых факторов, отражающих эффективность ИП региона, выберем следующие показатели:

I_1 - объем валового регионального продукта (далее - ВРП), млрд руб.;

I_2 - объем отгруженных инновационных товаров, работ, услуг, млрд руб.;

I_3 - затраты на технологические (продуктовые, процессные) инновации организаций, млрд руб.;

I_4 - инновационная активность организаций (удельный вес организаций, осуществивших технологические, организационные, маркетинговые инновации, в общем числе обследованных организаций), %;

I_5 - число используемых передовых производственных технологий по субъектам Российской Федерации, ед.;

I_6 - специальные затраты, связанные с экологическими инновациями, млрд руб.;

I_7 - число поданных патентных заявок на изобретения и полезные модели, ед.;

I_8 - число выданных патентов на изобретения и полезные модели, ед.

На основе указанных базовых характеристик инновационной активности регионов сконструируем производные относительные показатели, нормированные на объем ВРП:

I_2/I_1 - удельный вес инновационных товаров, работ, услуг в объеме ВРП, %;

I_3/I_1 - удельный вес затрат на технологические инновации в объеме ВРП, %;

I_6/I_1 - удельный вес специальных затрат, связанных с экологическими инновациями в объеме ВРП, %;

I_5/I_1 - удельный вес используемых передовых производственных технологий в объеме ВРП, ед./млрд руб.

Показатели I_4, I_7, I_8 будем учитывать в исходном виде.

Нормировка на объем ВРП необходима для адекватного сопоставления регионов, имеющих различные структурные характеристики, масштабные измерения, систему воспроизводства основных фондов и товаров потребления.

В таблице представлены количественные оценки семи производных показателей для регионов ПФО за 2013 г.

Как видно из данных, представленных в таблице, количественные оценки производных показателей противоречивы и неоднородны, например, по инновационной активности (показатель I_4) лидером является Республика Татарстан - 21 %, далее следуют: Чувашская Республика, Республика Мордовия, Пензенская и Нижегородская области (уровень инновационной активности более 15 %).

По относительному производству инновационных продуктов (показатель I_2/I_1) можно выделить три доминирующих региона: Самарскую область, Пермский край и Республику Татарстан - удельный вес инновационных товаров в структуре ВРП превышает 20 %; у пяти регионов: Республики Мордовии и Татарстана, Чувашской Республики, Нижегородской и Пензенской областей этот показатель более 15 %.

Производные показатели

Регион ПФО	Индексы показателей						
	I_4	I_2/I_1	I_3/I_1	I_6/I_1	I_5/I_1	I_7	I_8
Республика Башкортостан	12.300	5.894	1.457	0.015	5.219	935	689
Республика Марий Эл	8.800	1.247	0.690	0.003	6.921	221	141
Республика Мордовия	16.900	19.317	2.167	0.019	18.348	103	88
Республика Татарстан	21.000	20.833	4.165	0.122	3.413	1 424	1 267
Удмуртская Республика	10.300	3.930	1.217	0.001	12.049	289	213
Чувашская Республика	18.800	7.188	2.378	0.001	11.989	242	194
Пермский край	11.400	20.920	4.239	0.097	4.919	664	556
Кировская область	9.100	4.366	1.383	0.021	10.074	181	154
Нижегородская область	15.400	18.650	6.572	0.005	12.356	753	642
Оренбургская область	12.500	1.250	0.639	0.026	1.198	398	116
Пензенская область	15.600	3.514	2.107	0.007	5.143	268	212
Самарская область	5.400	22.962	6.327	0.108	7.006	987	921
Саратовская область	6.400	2.493	1.284	0.013	8.822	460	472
Ульяновская область	7.100	11.245	1.110	0.003	6.595	443	351

По показателю “Удельный вес затрат на технологические инновации в общем объеме ВРП (I_3/I_1)” первое место делят Нижегородская и Самарская области - более 6 %.

По показателю “Удельный вес специальных затрат, связанных с экологическими инновациями в объеме ВРП (I_6/I_1)” лидируют Республика Татарстан, Самарская область и Пермский край.

По удельному весу используемых передовых производственных технологий в общем объеме ВРП на первом месте находится Республика Мордовия - 18,4 %.

Лидерами по оформлению заявок на интеллектуальную собственность являются: Республика Татарстан (более 1000 заявок) и Самарская область (более 900 заявок).

Таким образом, имея различные, порой противоречивые, оценки, актуальной становится задача синтеза глобальной обобщающей характеристики, на основе которой возможно однозначное сопоставление и ранжирование регионов.

Синтез глобальных оценок

Сконструируем обобщенные функционалы многокритериального оценивания системной эффективности ИП в форме аддитивного набора производных характеристик.

Первый функционал построим на основе производных показателей (см. таблицу) без учета веса используемых передовых производственных технологий в объеме ВРП (параметр I_5/I_1) и характеристик результативности оформления интеллектуальной собственности (параметры: I_7, I_8). Для n -го региона первый функционал оценки эффективности имеет вид

$$f1_n = \max_{v_m \in G} v_{1n} \cdot I_4 + v_{2n} \left[\frac{I_2}{I_1} \right] + v_{3n} \left[\frac{I_3}{I_1} \right] + v_{4n} \left[\frac{I_6}{I_1} \right]. \quad (6)$$

Во втором функционале учтем вклад передовых производственных технологий в объеме ВРП и показателей работы с интеллектуальной собственностью. Для n -го региона второй, расширенный функционал оценки эффективности имеет вид

$$f2_n = \max_{v_m \in G} v_{1n} \cdot I_4 + v_{2n} \left[\frac{I_2}{I_1} \right] + v_{3n} \left[\frac{I_3}{I_1} \right] + v_{4n} \left[\frac{I_6}{I_1} \right] + v_{5n} \left[\frac{I_5}{I_1} \right] + v_{6n} I_7 + v_{7n} I_8. \quad (7)$$

Для расчета глобального показателя сравнительной эффективности ИП регионов воспользуемся алгоритмом DEA-метода. Сформируем функционалы вида (6), (7) для всех 14 анализируемых регионов и соответствующие им системы линейных ограничений, аналогичные постановке (5).

Результаты решения соответствующих задач линейного программирования для каждого региона определяют численные значения обобщенных оценок сравнительной эффективности ИП по функционалам: $f1$ и $f2$ (см. рисунок).

Как видно из данных, представленных на рисунке, по первому функционалу $f1$ (черный цвет) максимальные оценки эффективности ИП получили три региона: Республика Татарстан, Нижегородская и Самарская области. Ко второй группе эффективности можно отнести регионы со значением системной эффективности ИП более 0.5, это семь регионов (в порядке убывания системной оценки): Пермский край, Республика Мордовия, Чувашская Республика, Пензенская и Оренбургская области, Республика Башкортостан, Ульяновская область. В третью группу с низкими оценками ($f1 \in [0.31, 0.49]$) попали: Удмуртская Республика, Кировская область, Республика Марий Эл и Саратовская область.

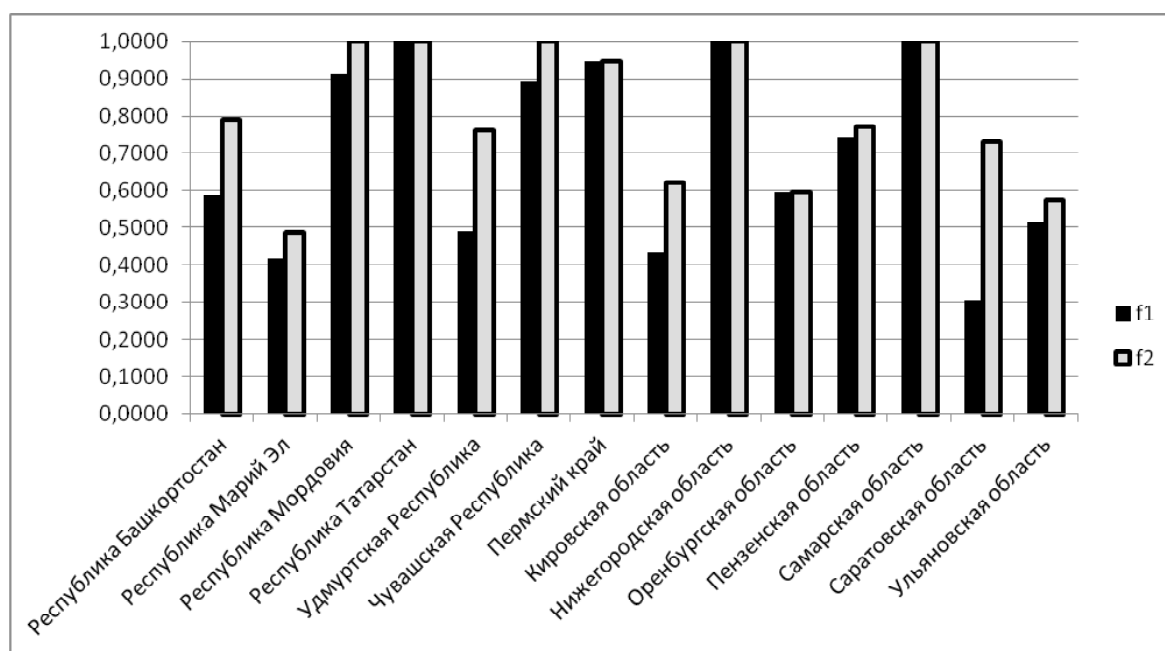


Рис. Результаты обобщенного оценивания ИП

При обобщенном оценивании ИП по второму функционалу f_2 (серый цвет) в лидирующую группу с максимальными оценками сравнительной эффективности добавляются два региона - Республика Мордовия и Чувашская Республика. В среднюю группу с $f_2 \geq 0.5$ попадают оставшиеся регионы, за исключением аутсайдера - Республики Марий Эл. Также стоит отметить, что при оценивании по второму функционалу оценки ИП в среднем увеличились на 14,6 %.

Выводы

Таким образом, была проведена апробация способа сравнительного многокритериального оценивания инновационного потенциала региональных экономик, в основу которого положен комплекс конструктивных математических моделей, позволяющих реализовать многокритериальную оценку сравнительной эффективности на основе формального метода оценивания.

Апробация моделей на актуальной статистической информации показала их работоспособность и адекватность полученных результатов. Практическим результатом исследования являются возможность проведения сравнительного анализа по обобщенным характеристикам ИП и построение сводных рейтингов регионов.

¹ Кравченко С.И., Кладченко И.С. Исследование сущности инновационного потенциала // Научные труды Донецкого национального технического университета. Серия "Экономическая". Донецк, 2003. Вып. 68.

² Косолапов О.В., Гиренко-Коцуба О.А. Инновационный потенциал в оценке конкурентоспособности предприятий // Урало-Сибирская науч.-практ. конф. Екатеринбург, 2002. URL: <http://www.uralweb.ru>.

³ Ратнер П.Д., Хрусталева Е.Ю. Механизмы развития инновационного потенциала экономики // Стратегическое планирование и развитие предприятий. Секция 4 : материалы Шестнадцатого всероссийского симпозиума. Москва, 14-15 апр. 2015 г. / под ред. чл.-корр. РАН Г.Б. Клейнера. Москва, 2015. С. 161-164.

⁴ Рынок: Бизнес. Коммерция. Экономика: толковый терминологический словарь / сост. В.А. Калашников; под общ. ред. А.П. Дашкова; Внедр. центр "Маркетинг". 4-е изд., испр. и доп. Москва, 1998.

⁵ См.: Дилигенский Н.В., Цепенко М.В., Давыдов А.Н. Многокритериальная методология выявления перспективных направлений научных исследований // Вестн. Самарского государственного технического университета. Серия "Технические науки". Самара, 2011. □ 4 (32). С. 26-33; Их же. Системный анализ вклада научно-технической деятельности в развитие технологических платформ // Вестн. Самарского государственного технического университета. Серия "Технические науки". Самара, 2012. □ 2 (34). С. 19-26.

⁶ Мамедов Т.Т. Оценка динамики инновационного потенциала наукоемкой организации // Стратегическое планирование и развитие предприятий. Секция 5 : материалы Шестнадцатого всероссийского симпозиума. Москва, 14-15 апр. 2015 г. / под ред. чл.-корр. РАН Г.Б. Клейнера. Москва, 2015. С. 100-102.

⁷ Модель оценки инновационной активности регионов РФ / М.Ю. Афанасьев [и др.] // Стратеги-

ческое планирование и развитие предприятий. Секция 2 : материалы Шестнадцатого всероссийского симпозиума. Москва, 14-15 апр. 2015 г. / под ред. чл.-корр. РАН Г.Б. Клейнера. Москва, 2015. С. 15-18.

⁸ Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. Москва, 1993.

⁹ См.: Фаррел М. Измерение эффективности производства // Журнал Королевского статистического общества. 1957. Серия А. Т. 120, ч. III. С. 253-281; Банкер Р., Чарнс А., Купер В. Некоторые модели для оценки технической и масштабной эффективности в Data Envelopment Analysis // Менеджмент. 1984. Т. 30, □ 9. С. 1078-1092.

¹⁰ См.: Анализ эффективности функционирования сложных систем / В.Е. Кривоножко [и др.] // Автоматизация проектирования. 1999. □ 1. URL: <http://www.osp.ru/ap/1999/01/02.htm>.

¹¹ См.: Цапенко М.В. Математическое моделирование и многокритериальное оценивание эффективности функционирования региональных производственно-экономических комплексов : дис. ...

канд. экон. наук. Самара, 2002; Его же. Анализ решений модели многокритериальной оценки сравнительной эффективности // Изв. СНЦ РАН. Спец. выпуск "Управление организационно-экономическими системами: моделирование взаимодействий, принятие решений". Самара, 2006. С. 97-103.

¹² См.: Дилигенский Н.В., Цапенко М.В. Методы оценки инновационного потенциала регионов России // Управление инновациями - 2011 : материалы Междунар. науч.-практ. конф., 14-16 нояб. 2011 г. / под ред. Р.М. Нижегородцева. Москва, 2011. С. 360-365; Цапенко М.В. Количественные способы оценки инновационного потенциала региона // Вестн. Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П. Королева (национального исследовательского университета). Самара, 2011. □ 4 (28). С. 145-156.

¹³ Федеральная служба государственной статистики. URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/science_and_innovations/science.

Поступила в редакцию 03.04.2015 г.