

ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К СРАВНЕНИЮ РЕГИОНОВ РАЗНЫХ СТРАН ПО ОЦЕНКАМ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИННОВАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА*

Михаил Юрьевич АФАНАСЬЕВ^а*, Александр Владимирович КУДРОВ^б,
Мария Александровна ЛЫСЕНКОВА^с

^а доктор экономических наук, профессор, главный научный сотрудник, руководитель лаборатории прикладной эконометрики, Центральный экономико-математический институт РАН (ЦЭМИ РАН), Москва, Российская Федерация
miafan@cemi.rssi.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5050-7454>
SPIN-код: 5768-2739

^б кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории вероятностно-статистических методов и моделей в экономике, Центральный экономико-математический институт РАН (ЦЭМИ РАН), Москва, Российская Федерация
kovlal@inbox.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2495-5496>
SPIN-код: 2176-6224

^с младший научный сотрудник лаборатории прикладной эконометрики, Центральный экономико-математический институт РАН (ЦЭМИ РАН), Москва, Российская Федерация
lysenkovam@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-2381-9807>
SPIN-код: 6783-9408

* Ответственный автор

История статьи:

Получена 29.05.2019
Получена в доработанном виде 10.06.2019
Одобрена 28.06.2019
Доступна онлайн 30.09.2019

УДК 330.43

JEL: C12, C51, R15

Ключевые слова:

региональная экономика, эконометрическое моделирование, стохастическая граница, оценка эффективности

Аннотация

Предмет. Оценки технической эффективности инновационного пространства регионов разных стран.

Цели. Получение сопоставимых оценок технической эффективности инновационного пространства регионов разных стран, сохраняющих ранги регионов, формируемые по «национальным» моделям.

Методология. В основе исследования – концепция стохастической границы и оптимизационная модель с квадратичной целевой функцией и линейными ограничениями.

Результаты. Предложен подход, позволяющий корректировать оценки технической эффективности, полученные по общей для всей совокупности регионов модели так, чтобы они сохраняли ранги регионов, формируемые по «национальным» моделям. Описанный подход позволяет получать сопоставимые оценки технической эффективности в широком классе задач моделирования границы производственных возможностей экономических объектов, функционирующих в различных институциональных условиях.

Выводы. Естественным способом получения сопоставимых оценок технической эффективности является построение общей модели для всей совокупности регионов. Однако результаты, полученные по общей модели, не всегда имеют удовлетворительную экономическую интерпретацию, так как инновационная активность регионов разных стран обусловлена различными институциональными условиями. С помощью представленной модели оценки, полученные по общей модели, корректируются так, что их ранги полностью соответствуют рангам оценок, полученным по «национальным» моделям.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2019

Для цитирования: Афанасьев М.Ю., Кудров А.В., Лысенкова М.А. Об одном подходе к сравнению регионов разных стран по оценкам технической эффективности инновационного пространства // *Экономический анализ: теория и практика*. – 2019. – Т. 18, № 9. – С. 1753 – 1774.
<https://doi.org/10.24891/ea.18.9.1753>

Введение

В работе [1] были получены количественные характеристики влияния науки и бизнеса на результаты инновационной активности субъектов РФ. В качестве таких результатов рассматриваются патенты, международные патентные заявки и разработанные новые производственные технологии. В результате проверки ряда гипотез установлено наличие зависимости между результатом инновационной активности региона и количеством потенциальных связей между организациями, создающими новые знания и инновационно активными предприятиями. Совокупность таких связей характеризуется как инновационное пространство региона. Показано, что зависимость результата инновационной активности от размера инновационного пространства описывается следующей моделью:

$$\ln Q_i = c + \delta \ln V_i + v_i - u_i. \quad (1)$$

Здесь Q_i – результат инновационной активности региона i (рассматривались следующие варианты: $Q_i = \text{teh}_i$ – число разработанных новых производственных технологий в регионе i ; $Q_i = \text{pat}_i$ – число выданных патентов; $Q_i = \text{ipat}_i$ – число международных патентных заявок); $V_i = S_i B_i$, где S_i – количество организаций, создающих новые знания (рассматривались варианты: $S_i = \text{vuz}_i$ – количество высших учебных заведений; $S_i = \text{ror}_i$ – количество организаций, выполняющих научные исследования); $B_i = \text{buz}_i$ – количество предприятий региона, c , δ – параметры. Величина $V_i = S_i B_i$ – число потенциальных парных связей между организациями, создающими новые знания, и предприятиями, которая характеризует размер инновационного пространства региона. Случайная составляющая $v_i - u_i$ отражает результаты воздействия на процесс инновационной деятельности региона факторов неопределенности и факторов эффективности. Для моделирования результатов воздействия факторов неопределенности используется нормально распределенная случайная величина v_i с нулевым математическим ожиданием

$v_i \in N(0, \sigma_v^2)$. Для моделирования результатов воздействия факторов эффективности используется не зависящая от v_i неотрицательная случайная величина u_i , имеющая усеченное в нуле нормальное распределение с нулевым математическим ожиданием $u_i \in N^+(0, \sigma_u^2)$.

Модели вида (1) построены по данным, представленным в табл. 1, для субъектов РФ, штатов США (2001, 2006, 2009, 2012 гг.) и префектур Японии (2001, 2006 гг.).

Был сделан вывод, что совокупность параметров δ , c и t , где c , δ – параметры модели (1), а t – время, может использоваться для параметрического описания национальной инновационной системы РФ при создании ее регионами определенного результата инновационной активности. Аналогично с помощью модели вида (1) может быть получено параметрическое описание других национальных инновационных систем. Причем возможно сопоставление их параметрических описаний.

На рис. 1 представлено параметрическое описание инновационных систем РФ, США и Японии по международным патентным заявкам для ряда лет периода 2001–2012 гг. Размер инновационного пространства субъектов РФ, оценен по количеству организаций, выполняющих научные исследования, и предприятий. Размер инновационного пространства штатов США и префектур Японии оценен по количеству высших учебных заведений и компаний. По оси абсцисс – оценка константы, по оси ординат – оценка эластичности, полученные по модели вида (1). Для каждой точки указан год. Рост во времени как константы, так и эластичности свидетельствует о развитии национальной инновационной системы. Нетрудно видеть, что на рис. 1 свойством парето-оптимальности обладают точки, характеризующие инновационные системы Японии и США. Точки, характеризующие параметрическое описание инновационной системы РФ, не являются парето-оптимальными. При этом следует отметить

* Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект РНФ № 17-18-01080).

значительный рост эластичности числа поданных международных патентных заявок по размеру инновационного пространства как для субъектов РФ, так и для штатов США.

В табл. 2 представлены оценки параметров модели вида (1), построенной по данным 2006 г. для 80 субъектов РФ (столбец 1), 51 штата США (столбец 2), 47 префектур Японии (столбец 3) и общей модели для 178 регионов (столбец 4). Размер инновационного пространства субъектов РФ оценен по количеству высших учебных заведений и предприятий. Размер инновационного пространства штатов США и префектур Японии оценен по количеству высших учебных заведений и компаний.

Проблемы сравнения инновационной активности регионов разных стран

Методы оценки технической эффективности и сфера их применения описаны в монографии [2]. Техническая эффективность рассматривается как мера соответствия фактического результата производственного процесса потенциально возможному. В соответствии с методологией стохастической границы [3] оценкой TE_i технической эффективности является ожидаемое значение отношения реального производственного потенциала к граничному производственному потенциалу.

В рассматриваемом контексте техническая эффективность использования инновационного пространства – ожидаемое значение отношения фактического результата инновационной активности i -го региона $\exp\{c + \delta \ln V_i + v_i - u_i\}$ к потенциально возможному $\{c + \delta \ln V_i + v_i\}$. То есть

$$TE_i = E(e^{-u_i} | v_i - u_i).$$

При оцененных параметрах σ_v^2, σ_u^2 модели (1) в соответствии с [4] оценка технической эффективности равна

$$TE_i = E(e^{-u_i} | v_i - u_i) = \frac{\Phi(\tilde{\mu}_i / \sigma_* - \sigma_*)}{\Phi(\tilde{\mu}_i / \sigma_*)} \exp\left\{\frac{1}{2} \sigma_*^2 - \tilde{\mu}_i\right\},$$

где

$$\tilde{\mu}_i = -(v_i - u_i) \sigma_u^2 / \sigma^2;$$

$$\sigma_*^2 = \sigma_u^2 \sigma_v^2 / \sigma^2;$$

$$\sigma^2 = \sigma_u^2 + \sigma_v^2.$$

При устойчивых размерах инновационного пространства регионов рост параметров δ и c свидетельствует о развитии национальной инновационной системы. Результат развития региональной инновационной системы может отражаться также в увеличении оценок технической эффективности TE_i . Поэтому совокупность четырех параметров δ, c, t, TE_i может использоваться для параметрического описания региональной инновационной системы. В соответствии с концепцией глокализации [5] неэффективность региона в группе регионов, имеющих близкие характеристики дифференциации, обусловлена тем, что он не использует в полной мере свои особенности и доступные возможности развития. То есть относительно неэффективно использует свои ресурсы. Поэтому техническая эффективность использования инновационного пространства может рассматриваться в качестве характеристики качества управления региональной инновационной системой [6]. При этом допустимо прямое сравнение региональных инновационных систем, функционирующих в рамках общей национальной инновационной системы, так как в этом случае оценки технической эффективности, полученные на основе общей модели (1), являются сопоставимыми.

Для параметрического описания региональных инновационных систем разных стран целесообразно использовать разные модели вида (1). Каждая такая модель позволяет получить оценки параметров национальной инновационной системы и сопоставимые оценки технической эффективности инновационного пространства разных регионов одной страны. Эти экономические субъекты обладают свойством однородности в том смысле, что создают инновационную продукцию в общей

институциональной среде, формируемой государством¹. Оценки технической эффективности регионов разных стран, полученные с использованием различных моделей вида (1), несопоставимы, так как являются относительными. Поэтому сравнение оценок, полученных по разным моделям вида (1), каждая из которых характеризует совокупность регионов конкретной национальной инновационной системы, в общем случае недопустимо.

В табл. 3–5 (столбец 6) представлены оценки технической эффективности, полученные по модели вида (1) для регионов РФ, штатов США и префектур Японии по данным 2006 г. для международных патентных заявок. В табл. 3 80 значений оценок технической эффективности в столбце 6 получены по модели M_1 для регионов РФ, в табл. 4 51 значение – по модели M_2 для штатов США, в табл. 5 47 значений – по модели M_3 для префектур Японии. Каждое значение оценки технической эффективности в столбце 6 соответствует региону, название которого указано в столбце 2 табл. 3–5. В столбце 7 указан ранг оценки технической эффективности в рейтинге оценок для регионов страны (значение ранга увеличивается с уменьшением оценки технической эффективности). Например, оценка технической эффективности инновационного пространства Брянской области (порядковый номер региона в совокупности 80 регионов РФ – 2) при создании международных патентных заявок, полученная по модели вида M_1 , оцененной для регионов РФ по данным 2006 г., равна 0,41713. Ранг этой оценки в рейтинге 80 регионов РФ равен 36. Оценка технической эффективности инновационного пространства штата Алабама (порядковый номер региона в совокупности 51 штатов США – 1) при создании международных патентных заявок,

полученная по модели M_2 , равна 0,99171. Ранг этой оценки в рейтинге штатов равен 18.

Всего в столбцах 6 табл. 3–5 содержится 178 (80 + 51 + 47) оценок технической эффективности. Они получены по трем разным моделям вида (1) и их прямое сопоставление некорректно. Глядя на рис. 2, можно предположить, что техническая эффективность инновационного пространства любого штата США выше, чем любой префектуры Японии и любого региона РФ, однако это неверно, так как оценки, полученные по разным моделям, несопоставимы.

Другой ошибкой может стать предположение, что все штаты США равноэффективны. Однако анализ оценок с более высоким уровнем точности их значений, как показано на рис. 3, позволяет ранжировать штаты США по уровню эффективности. В работах авторов [7–9] показано, что спецификация модели (1) и функций распределения остатков может оказывать существенное влияние на значения оценок технической эффективности. При этом ранги этих оценок обладают свойством устойчивости к спецификации модели. Вполне естественной представляется возможность сравнения регионов разных стран на основе оценок технической эффективности инновационного пространства, полученных по общей для всей совокупности регионов модели M_0 вида (1). Полученные таким образом оценки технической эффективности представлены на рис. 4. Но общая модель M_0 не имеет удовлетворительной экономической интерпретации, так как в ней объединяются экономические субъекты, фактически действующие в различных институциональных условиях. При этом ранги оценок региона любой страны, полученные двумя способами: по общей модели и «национальной» модели, могут существенно отличаться. В столбцах 3 табл. 3–5 приведены оценки технической эффективности для всех 178 регионов трех стран, полученные по общей модели M_0 . В столбцах 4 – ранги этих оценок в рейтинге всей совокупности 178 регионов. В столбцах 5 – ранги этих оценок в рейтинге регионов каждой страны. Например,

¹ Исследования, направленные на выявление и формализацию зависимости результата инновационной активности регионов от характеристик взаимодействия науки и бизнеса опираются на концепцию тройной спирали (Triple Helix), в соответствии с которой для достижения экономического роста и ускорения научно-технического прогресса необходимо соединение усилий науки, бизнеса и власти (Ицковиц Г. Модель тройной спирали // Инновации. 2011. С. 5–10).

оценка технической эффективности инновационного пространства Брянской области по общей модели M_0 , оцененной для 178 регионов трех стран по данным 2006 г., равна 0,94571. Ранг в рейтинге 178 регионов РФ, США и Японии равен 114. Ранг этой оценки в рейтинге 80 регионов РФ равен 25. Оценка технической эффективности инновационного пространства штата Алабама по общей модели M_0 равна 0,94651. Ранг в рейтинге 178 регионов РФ, США и Японии равен 58. Ранг этой оценки в рейтинге штатов США равен 22. Оценки технической эффективности, полученные по общей модели, отличаются от оценок технической эффективности, полученных по «национальным» моделям. Отличаются и ранги этих оценок, причем различие рангов может быть значительным. В табл. 6 для каждой страны приведены коэффициенты ранговой корреляции Спирмена оценок технической эффективности регионов, полученные по общей и «национальной» моделям. Для префектур Японии ранги оценок меняются незначительно, для штатов США изменения рангов значительны. Можно сделать вывод, что переход от «национальных» моделей вида (1) к общей модели M_0 позволяет обеспечить сопоставимость оценок, но приводит к искажению рангов. Возникает задача обеспечить сопоставимость оценок технической эффективности для регионов разных стран таким образом, чтобы ранги этих оценок были равны рангам оценок, полученных по «национальным» моделям. Для решения этой задачи может быть использован метод корректировки оценок технической эффективности, полученных по общей модели.

Метод приведения оценок технической эффективности к сопоставимому виду

Рассмотрим метод, позволяющий привести оценки технической эффективности инновационного пространства регионов нескольких стран к сопоставимому виду. Мы исходим из того, что для каждой страны может быть построена «национальная» модель, позволяющая получить оценки технической

эффективности инновационного пространства регионов этой страны. Однако оценки эффективности, полученные по «национальным» моделям, несопоставимы. Сопоставимыми являются оценки эффективности, полученные по модели, общей для всей совокупности регионов разных стран. Предлагаемый метод позволяет скорректировать эти сопоставимые оценки так, чтобы построенный по ним рейтинг регионов каждой страны совпадал с рейтингом регионов, построенным по «национальной» модели.

Предлагаемый подход позволяет получить скорректированные оценки технической эффективности с использованием оптимизационной модели. Проводится сравнение регионов n стран. По каждой стране s , $s = 1, \dots, n$ ($n \geq 2$) доступна информация о результатах инновационной активности, характеристиках науки и бизнеса для оценки размера инновационного пространства каждого региона i_s , $i = 1, \dots, m_s$ страны s . Сопоставимые характеристики технической эффективности $X_{i_s}^s$, $i = 1, \dots, m_s$, $s = 1, \dots, n$ могут быть получены в результате решения задачи максимизации коэффициента ранговой корреляции Спирмена искомых оценок технической эффективности и оценок технической эффективности

$$\left\{ (TE_{i_s}^s)_{M_0} \right\}_{i_s=1, s=1}^{m_s, n},$$

полученных по общей модели M_0 при условиях, что для каждой страны коэффициент ранговой корреляции Спирмена искомых оценок технической эффективности и оценок технической эффективности, полученных по модели M_s , равен единице.

Соответствующая оптимизационная модель имеет следующий вид:

$$spcor\left(\{X_{i_s}^s\}_{i_s}^s, \{(TE_{i_s}^s)_{M_0}\}_{i_s}^s\right) \rightarrow \max; \quad (2)$$

$$spcor\left(\{X_{i_s}^s\}_{i_s}^s, \{(TE_{i_s}^s)_{M_s}\}_{i_s}^s\right) = 1, \quad (3)$$

$$s = 1, \dots, n,$$

где $sprcor(\psi, \zeta)$ – значение коэффициента ранговой корреляции Спирмена для рядов ψ и ζ сопоставимых количественных показателей.

Ограничения модели обеспечивают совпадение рангов оценок технической эффективности искомым скорректированным оценок с рангами оценок технической эффективности, полученными по «национальным» моделям M_s . Целевая функция позволяет привести ранги скорректированных оценок в максимальное соответствие с рангами оценок технической эффективности, полученными по общей модели M_0 . Несмотря на простую форму и компактность (число ограничений равно числу стран) модели (2)–(3), использование неизвестных величин в качестве аргументов коэффициента ранговой корреляции Спирмена может приводить к вычислительным трудностям. Далее представлен подход, позволяющий преобразовать модель (2)–(3) к модели оптимизации квадратичной целевой функции с линейными ограничениями.

Описание подхода.

1. Для каждой страны s строится модель M_s вида (1), определяющая зависимость результата инновационной активности от размера инновационного пространства для всех m_s регионов этой страны. Проводится оценка параметров модели M_s .

2. Для каждого региона $i_s, i = 1, \dots, m_s$ страны s рассчитывается оценка технической эффективности инновационного пространства $(TE_{i_s}^s)_{M_s}$.

3. Оценки упорядочиваются по убыванию в множестве $\{(TE_{i_s}^s)_{M_s}\}_{i_s=1}^{m_s}$.

4. Для каждого ранга $r_s, 1 \leq r_s \leq m_s$ фиксируется индекс $i_s(r_s)$ региона, имеющего ранг r_s оценки $(TE_{i_s}^s)_{M_s}$ ².

5. Строится общая для регионов всех стран модель M_0 вида (1), определяющая зависимость результата инновационной

² Если регионы каждой группы упорядочены по убыванию оценок $(TE_{i_s}^s)_{M_s}$, как это сделано в табл. 3–5, то имеют место равенства $(R_{i_s}^s)_{M_s} = r_s = i_s$.

активности от размера инновационного пространства для всех $m, m = \sum_{s=1}^n m_s$ регионов.

Проводится оценка параметров модели M_0 .

6. Для каждого региона $i_s, i_s = 1, \dots, m_s, s = 1, \dots, n$, рассчитывается оценка $(TE_{i_s}^s)_{M_0}$ технической эффективности инновационного пространства по общей модели M_0 .

7. Оценки $(TE_{i_s}^s)_{M_0}$ упорядочиваются по убыванию в множестве всех оценок $\{(TE_{i_s}^s)_{M_0}\}_{i_s=1, s=1}^{m_s, n}$, определяется ранг $(R_{i_s}^{0s})_{M_0}$ оценки $(TE_{i_s}^s)_{M_0}, 1 \leq (R_{i_s}^{0s})_{M_0} \leq m$.

8. Для каждого $s, s = 1, \dots, n$ оценки $(TE_{i_s}^s)_{M_0}$ упорядочиваются по убыванию в множестве $\{(TE_{i_s}^s)_{M_0}\}_{i_s=1}^{m_s}$, определяется ранг $(R_{i_s}^s)_{M_0}$ оценки $(TE_{i_s}^s)_{M_0}, 1 \leq (R_{i_s}^s)_{M_0} \leq m_s$.

9. Искомые сопоставимые оценки технической эффективности $(x_{i_s}^s)_{M_x}, i_s = 1, \dots, m_s, s = 1, \dots, n$ могут быть получены с помощью оптимизационной модели M_x .

Модель M_x ³:

- целевая функция

$$\sum_{s=1}^n \sum_{i_s=1}^{m_s} (x_{i_s}^s - TE_{i_s}^s)^2 \rightarrow \min;$$

- ограничения

³ Использование суммы квадратов отклонений в качестве критерия модели M_x позволяет согласовать ранги скорректированных оценок и оценок, полученных по общей модели M_0 . Значение $\sum_{i=1}^w (\psi_i - \zeta_i)^2$ минимально, если для любого i ранга значений ψ_i из множества $\{\psi_i\}_{i=1}^w$ и ζ_i из множества $\{\zeta_i\}_{i=1}^w$ равны. Следует отметить, что $sprcor(\psi, \zeta) = sprcor(F(\psi), G(\zeta))$, где $F(\cdot), G(\cdot)$ – функции распределений случайных величин ψ и ζ соответственно. Таким образом, максимизация коэффициента Спирмена в задаче (1) для номинальных значений ψ и ζ эквивалентна максимизации коэффициента Спирмена для их рангов $F(\psi), G(\zeta)$. Также отметим, что если распределение случайного вектора (ψ, ζ) характеризуется гауссовским типом зависимости, тогда $sprcor(\psi, \zeta) = g(cor(\psi, \zeta))$, где $g(\cdot)$ – монотонная функция (Айвазян С.А., Фантаццини Д. Эконометрика-2. М.: ИНФРА-М, 2014. 944 с.).

$$x_{i_s(r_s)}^s \geq x_{i_s(r_s+1)}^s + eps,$$

$$r = 1, \dots, m_s - 1, s = 1, \dots, n.$$

10. Находится решение $\{(\hat{x}_{i_s}^s)_{M_x}\}_{i_s=1, s=1}^{m_s, n}$ модели M_x .

11. Оценки $(\hat{x}_{i_s}^s)_{M_x}$ упорядочиваются по убыванию в множестве всех оценок $\{(\hat{x}_{i_s}^s)_{M_x}\}_{i_s=1, s=1}^{m_s, n}$. Для каждого региона i_s , $i_s = 1, \dots, m_s$, $s = 1, \dots, n$ рассчитывается ранг $(R_{i_s}^{0s})_{M_x}$, $1 \leq (R_{i_s}^{0s})_{M_x} \leq m$ оценки $(\hat{x}_{i_s}^s)_{M_x}$.

12. Ранги $(R_{i_s}^{0s})_{M_x}$, $1 \leq (R_{i_s}^{0s})_{M_x} \leq m$ используются для сравнения регионов разных стран по уровню технической эффективности инновационного пространства.

Свойство сопоставимых оценок технической эффективности

Упорядочим оценки $(\hat{x}_{i_s}^s)_{M_x}$ по убыванию в множестве оценок регионов одной страны $\{(\hat{x}_{i_s}^s)_{M_x}\}_{i_s=1}^{m_s}$. Для каждого региона определим ранг оценки. При любом положительном eps из условий $x_{i_s(r_s)}^s \geq x_{i_s(r_s+1)}^s + eps$, $r_s = 1, \dots, m_s$ следует $(R_{i_s}^s)_{M_x} = (R_{i_s}^s)_{M_s}$. То есть ранг $(R_{i_s}^s)_{M_x}$ оценки $(\hat{x}_{i_s}^s)_{M_x}$ равен рангу $(R_{i_s}^s)_{M_s}$ оценки $(TE_{i_s}^s)_{M_s}$. Оценки $(\hat{x}_{i_s}^s)_{M_x}$ так же упорядочены в множестве оценок регионов одной страны, как оценки $(TE_{i_s}^s)_{M_s}$, полученные по модели M_s . Таким образом, при $eps > 0$ из условий $x_{i_s(r_s)}^s \geq x_{i_s(r_s+1)}^s + eps$, $r_s = 1, \dots, m_s$ следует $sprcor(\{(\hat{x}_{i_s}^s)_{M_x}\}_{i_s}, \{(TE_{i_s}^s)_{M_s}\}_{i_s}) = 1$. Если $eps = 0$, некоторые оценки $(\hat{x}_{i_s}^s)_{M_x}$ могут совпадать. В этом случае при выполнении всех ограничений модели M_x не обязательно выполняется равенство $sprcor(\{(\hat{x}_{i_s}^s)_{M_x}\}_{i_s}, \{(TE_{i_s}^s)_{M_s}\}_{i_s}) = 1$. Поэтому в модели M_x должно выполняться условие $eps > 0$. Однако с ростом eps значение $sprcor(\{(\hat{x}_{i_s}^s)_{M_x}\}_{i_s}, \{(TE_{i_s}^s)_{M_s}\}_{i_s})$ целевой функции (2) не возрастает.

Коэффициент Спирмена для рангов оценок, полученных по модели M_0 и оценок, полученных по модели M_x , убывает от величины 0,905692 при $eps = 10^{-6}$ до величины 0,505578 при $eps = 10^{-3}$ (рис. 5). При любом значении eps из интервала $(0, 10^{-5})$ значения коэффициента Спирмена отличается от максимального значения 0,908224 менее чем на 1%. Таким образом, полагая eps достаточно малой положительной величиной, можно получить ранги оценок, рассчитанных по модели M_x , для которых коэффициент Спирмена с оценками, полученными по модели M_0 , как угодно близок к максимальному значению.

В столбцах 8 табл. 3–5 приведены ранги сопоставимых оценок технической эффективности инновационного пространства. Самые высокие оценки для Чукотского автономного округа. К ним близки оценки для штатов Делавер и Нью-Гэмпшир, а также для префектур Кагава и Айти. Например, оценки технической эффективности Нижегородской области близи к оценкам для штата Массачусетс и префектуры Акита. Оценки технической эффективности Мурманской области близи к оценкам для штата Канзас и префектуры Мияги.

Возможности повышения оценок технической эффективности и качества управления региональными инновационными системами многие авторы связывают с концепцией тройной спирали. В рамках этой концепции представление о функционировании инновационной системы на национальном и региональном уровнях связано с общими усилиями государства, предпринимательской и научной среды, направленными на создание, распространение и использование новых идей, знаний, технологий, продуктов. Результат инновационного процесса во многом определяется способностью субъектов региональной инновационной системы связываться и взаимодействовать. Модель тройной спирали описывает взаимодействие государства, предприятий и университетов, причем в случае сбалансированной модели на пересечении институциональных сфер появляется результат взаимодействия – инновация. Авторы работы [10] утверждают, что

университеты необходимо воспринимать как участников сложных инновационных систем. Им отводится миссия, заключающаяся в стимулировании экономического развития и технологической диверсификации. С помощью университетов интегрируются наука и бизнес, что приводит к повышению эффективности промышленности, созданию инновационной среды в предпринимательском секторе и обеспечению региона высокой производительностью.

Проекты, реализуемые в рамках Стратегии инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года, предусматривают развитие территорий инноваций (кластеры, умные города, технопарки), увеличение числа инновационно активных предприятий и повышения роли университетов в развитии инновационной активности регионов.

Заключение

Нами предложен метод получения сопоставимых оценок технической эффективности инновационного пространства регионов нескольких стран. Эти оценки получаются в результате корректировки оценок технической эффективности, полученных по общей для всей совокупности регионов модели, определяющей зависимость результата инновационной активности региона от размера его инновационного пространства. Построение общей модели для получения сопоставимых оценок технической эффективности вполне естественно. Однако ранги полученных по ней оценок регионов определенной страны не обязательно соответствуют рангам оценок, полученным по «национальной» модели, используемой для сравнения регионов только этой страны. К тому же общая модель, как правило, не имеет удовлетворительной экономической интерпретации, так как инновационная активность регионов разных стран обусловлена различными институциональными условиями. Указанные

недостатки оценок, полученных по общей модели, требуют корректировки.

Предложенный способ корректировки позволяет по модели M_x при любом положительном значении параметра eps получить сопоставимые оценки, ранги которых соответствуют рангам оценок, полученных по «национальным» моделям M_s . При достаточно малом положительном значении параметра eps ранги $(R_{i_s}^s)_{M_x}$ в максимальной степени соответствуют рангам $(R_{i_s}^s)_{M_0}$ оценок технической эффективности, полученным по модели M_0 , общей для всей совокупности регионов.

Ранги $(R_{i_s}^s)_{M_x}$ оценок, скорректированных с помощью оптимизационной модели M_x , позволяют проводить сопоставление регионов разных стран по оценкам технической эффективности инновационного пространства.

Описанный подход может быть использован в широком классе задач оценки технической эффективности и построения рейтингов экономических объектов, функционирующих в различных институциональных условиях. На его основе можно ранжировать объекты, принадлежащие к разным группам общности в том случае, когда теоретически обоснованное их сравнение можно выполнить только внутри каждой группы. Для ранжирования всей совокупности объектов нужны оценки, полученные по общей для всех объектов модели. Эти оценки, как и общая модель, не обязательно должны иметь строгое теоретическое обоснование. Однако они должны соответствовать общему принципу сравнения, используемому для объектов внутри групп. При ранжировании всей совокупности объектов с помощью предложенной модели оптимизации с квадратичной целевой функцией и линейными ограничениями проводится корректировка оценок, полученных по общей модели, в целях обеспечения соответствия их рангов результатам ранжирования объектов в каждой группе.

Таблица 1**Исходные данные по субъектам РФ, штатам США и префектурам Японии****Table 1****Source data on subjects of the Russian Federation, USA states and prefectures in Japan**

Показатель	Страна	Источник, годы
Количество международных патентных заявок pat_i	РФ	PCT patent applications, 2001, 2006, 2009, 2012, 2014
Количество организаций, выполняющих научные исследования org_i	РФ	Организации, выполняющие научные исследования, 2001, 2006, 2009, 2012, 2013
Количество высших учебных заведений vuz_i	РФ	Высшие учебные заведения, 2001, 2006, 2009, 2012, 2013
Количество предприятий buz_i	РФ	Число предприятий, 2001, 2006, 2009, 2012, 2013
Количество международных патентных заявок pat_i	США	PCT patent applications, 2001, 2006, 2009, 2012, 2014
Количество высших учебных заведений vuz_i	США	Number of institutions, 2001, 2006, 2009, 2010, 2012
Количество компаний buz_i	США	All business establishments, 2001, 2006, 2009, 2012, 2014
Количество международных патентных заявок pat_i	Япония	PCT patent applications, 2001, 2006, 2014
Количество высших учебных заведений vuz_i	Япония	Number of universities, 2001, 2006, 2012
Количество компаний buz_i	Япония	Number of establishments 2001, 2006, 2014

Источник: Регионы России. Социально-экономические показатели.

URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1138623506156;
 Innovation Statistics and Indicators – OECD. URL: <https://www.oecd.org/innovation/inno/inno-stats.htm>; Digest of Education Statistics. URL: <http://www.nces.ed.gov/programs/digest>; Science and Engineering Indicators 2014 State Data Tool. URL: <http://www.nsf.gov/statistics/seind14/index.cfm/state-data/download.htm>; Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology(MEXT). Statistical Abstract. URL: <http://www.mext.go.jp/english/statistics/index.htm>;
 Japan Statistical Yearbook 2014. URL: <http://www.stat.go.jp/english/data/nenkan/back63/index.htm>

Source: *Regiony Rossii. Sotsial'no-ekonomicheskie pokazateli* [Regions of Russia. Social and economic indicators].

URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1138623506156;
 Innovation Statistics and Indicators – OECD. URL: <https://www.oecd.org/innovation/inno/inno-stats.htm>; Digest of Education Statistics. URL: <http://www.nces.ed.gov/programs/digest>; Science and Engineering Indicators 2014 State Data Tool. URL: <http://www.nsf.gov/statistics/seind14/index.cfm/state-data/download.htm>; Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology(MEXT). Statistical Abstract. URL: <http://www.mext.go.jp/english/statistics/index.htm>;
 Japan Statistical Yearbook 2014. URL: <http://www.stat.go.jp/english/data/nenkan/back63/index.htm>

Таблица 2

Оценки параметров модели (1) для субъектов РФ, штатов США, префектур Японии и общей модели по данным 2006 г.

Table 2

Estimates of model parameters (1) for subjects of the Russian Federation, USA states, prefectures in Japan and the General model according to 2006 data

Показатель	Субъекты РФ	Штаты США	Префектуры Японии	Общая модель
	1	2	3	4
V	0,722*** (0)	0,676*** (0)	0,848*** (0)	1,126*** (0)
const	-8,102*** (0)	-4,504*** (0,004)	-5,949*** (0,003)	-12,242*** (0)
Log likely	-112,531	-65,566	-75,151	-357,39
sigma_v	0,255	0,875	0,903	1.801
sigma_u	1,759	0,01	1,322	0,706

Примечание. «***» – оценка на 1%-ном уровне значимости.

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 3

Оценки технической эффективности и их ранги для регионов РФ

Table 3

Estimates of technical efficiency and their ranks for regions of the Russian Federation

i_i	Субъект Федерации	$(TE_{i_i}^1)_{M_0}$	$(R_{i_i}^{01})_{M_0}$	$(R_{i_i}^1)_{M_0}$	$(TE_{i_i}^1)_{M_1}$	$(R_{i_i}^1)_{M_1}$	$(R_{i_i}^{01})_{M_x}$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Белгородская область	0,9445	170	72	0,0782	74	172
2	Брянская область	0,9457	114	25	0,4171	36	132
3	Владимирская область	0,9456	126	32	0,4617	30	126
4	Воронежская область	0,945	151	53	0,3481	43	139
5	Ивановская область	0,9456	129	35	0,463	29	125
6	Калужская область	0,9464	68	6	0,6938	6	55
7	Костромская область	0,9461	83	8	0,5343	22	118
8	Курская область	0,9439	178	80	0,0342	80	178
9	Липецкая область	0,9457	112	24	0,4489	32	128
10	Московская область	0,9456	127	33	0,7517	2	42
11	Орловская область	0,9457	118	27	0,4064	40	136
12	Рязанская область	0,9459	99	16	0,6116	16	112
13	Смоленская область	0,9442	173	75	0,0465	77	175
14	Тамбовская область	0,9453	141	45	0,2404	51	147
15	Тверская область	0,946	93	13	0,678	11	104
16	Тульская область	0,9456	123	30	0,5011	26	122
17	Ярославская область	0,9454	136	41	0,4168	37	133
18	Москва	0,9441	176	78	0,5511	19	115
19	Республика Карелия	0,9448	159	61	0,0834	70	168
20	Республика Коми	0,9458	108	21	0,4518	31	127
21	Архангельская область	0,9459	101	17	0,5354	21	117
22	Вологодская область	0,9461	89	11	0,6512	13	109
23	Калининградская область	0,9457	120	28	0,545	20	116

24	Ленинградская область	0,9463	73	7	0,6827	10	86
25	Мурманская область	0,9464	66	5	0,6874	9	85
26	Новгородская область	0,9469	34	3	0,7042	5	54
27	Псковская область	0,9446	166	68	0,0667	76	174
28	Санкт-Петербург	0,9448	160	62	0,6380	14	110
29	Республика Адыгея	0,9457	121	29	0,1920	58	156
30	Республика Калмыкия	0,9456	125	31	0,1869	60	158
31	Краснодарский край	0,9445	171	73	0,2576	47	143
32	Астраханская область	0,9449	154	56	0,1304	63	161
33	Волгоградская область	0,9455	134	39	0,5301	23	119
34	Ростовская область	0,9449	155	57	0,4061	41	137
35	Республика Дагестан	0,9448	158	60	0,2136	54	152
36	Республика Ингушетия	0,9458	110	23	0,2117	56	154
37	Кабардино-Балкарская Республика	0,945	152	54	0,0965	68	166
38	Карачаево-Черкесская Республика	0,9458	109	22	0,2127	55	153
39	Республика Северная Осетия – Алания	0,9442	175	77	0,0449	78	176
40	Чеченская Республика	0,9454	137	42	0,1427	62	160
41	Ставропольский край	0,9445	167	69	0,1874	59	157
42	Республика Башкортостан	0,9453	140	44	0,5172	24	120
43	Республика Марий Эл	0,945	150	52	0,0983	67	165
44	Республика Мордовия	0,9449	157	59	0,0922	69	167
45	Республика Татарстан	0,9445	169	71	0,2409	50	146
46	Удмуртская Республика	0,9456	128	34	0,5091	25	121
47	Чувашская Республика	0,9461	85	9	0,6349	15	111
48	Пермский край	0,9451	147	49	0,3929	42	138
49	Кировская область	0,9451	148	50	0,2276	53	151
50	Нижегородская область	0,9459	105	19	0,7279	4	53
51	Оренбургская область	0,945	149	51	0,251	48	144
52	Пензенская область	0,9458	107	20	0,4862	27	123
53	Самарская область	0,9446	165	67	0,2896	45	141
54	Саратовская область	0,9453	139	43	0,4479	33	129
55	Ульяновская область	0,946	94	14	0,5809	18	114
56	Курганская область	0,9459	96	15	0,4781	28	124
57	Свердловская область	0,9448	163	65	0,4094	39	135
58	Тюменская область	0,9442	172	74	0,1213	66	164
59	Челябинская область	0,9457	117	26	0,6922	7	83
60	Республика Алтай	0,9459	103	18	0,2343	52	149
61	Республика Бурятия	0,9446	164	66	0,0701	75	173
62	Республика Тыва	0,9478	5	2	0,7315	3	43
63	Республика Хакасия	0,9455	131	37	0,167	61	159
64	Алтайский край	0,9445	168	70	0,1255	64	162
65	Забайкальский край	0,9448	162	64	0,0816	73	171
66	Красноярский край	0,9453	142	46	0,4368	34	130
67	Иркутская область	0,945	153	55	0,3136	44	140
68	Кемеровская область	0,9449	156	58	0,2458	49	145

69	Новосибирская область	0,9454	135	40	0,6533	12	108
70	Омская область	0,9455	130	36	0,5936	17	113
71	Томская область	0,9461	87	10	0,6901	8	84
72	Республика Саха (Якутия)	0,944	177	79	0,0384	79	177
73	Камчатский край	0,9455	133	38	0,2076	57	155
74	Приморский край	0,9452	143	47	0,4253	35	131
75	Хабаровский край	0,9442	174	76	0,0828	71	169
76	Амурская область	0,9448	161	63	0,0819	72	170
77	Магаданская область	0,946	91	12	0,2761	46	142
78	Сахалинская область	0,9452	144	48	0,1239	65	163
79	Еврейская автономная область	0,9465	57	4	0,4115	38	134
80	Чукотский автономный округ	0,9482	2	1	0,7813	1	1

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 4**Оценки технической эффективности и их ранги для штатов США****Table 4****Estimates of technical efficiency and their ranks for the USA states**

i_2	Штат США	$(TE_{i_2}^2)_{M_0}$	$(R_{i_2}^{02})_{M_0}$	$(R_{i_2}^2)_{M_0}$	$(TE_{i_2}^2)_{M_2}$	$(R_{i_2}^2)_{M_2}$	$(R_{i_2}^{02})_{M_x}$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Alabama	0,9465	58	22	0,9917	18	60
2	Alaska	0,9467	44	13	0,9916	49	101
3	Arizona	0,9464	69	27	0,9917	20	62
4	Arkansas	0,9462	75	32	0,9917	39	81
5	California	0,9457	115	46	0,9917	14	56
6	Colorado	0,9464	67	26	0,9917	19	61
7	Connecticut	0,9473	15	5	0,9918	3	8
8	Delaware	0,9482	1	1	0,9918	2	3
9	District of Columbia	0,9478	6	3	0,9918	4	9
10	Florida	0,9453	138	51	0,9917	43	95
11	Georgia	0,9456	124	49	0,9917	45	97
12	Hawaii	0,9467	46	14	0,9917	36	78
13	Idaho	0,9473	14	4	0,9917	9	25
14	Illinois	0,9457	116	47	0,9917	33	75
15	Indiana	0,9466	53	19	0,9917	11	47
16	Iowa	0,9462	79	35	0,9917	37	79
17	Kansas	0,9461	81	37	0,9917	41	87
18	Kentucky	0,9463	74	31	0,9917	28	70
19	Louisiana	0,946	95	40	0,9917	44	96
20	Maine	0,9466	50	16	0,9917	32	74
21	Maryland	0,9465	56	21	0,9917	16	58
22	Massachusetts	0,9465	63	23	0,9917	13	51
23	Michigan	0,9463	71	29	0,9917	15	57
24	Minnesota	0,9464	70	28	0,9917	17	59
25	Mississippi	0,9464	65	25	0,9917	35	77
26	Missouri	0,9456	122	48	0,9916	48	100
27	Montana (US)	0,9465	55	20	0,9917	40	82
28	Nebraska	0,9462	76	33	0,9917	46	98
29	Nevada	0,9472	18	6	0,9917	7	21
30	New Hampshire	0,9481	3	2	0,9918	1	2
31	New Jersey	0,9466	52	18	0,9917	12	48
32	New Mexico	0,9466	51	17	0,9917	27	69
33	New York	0,9455	132	50	0,9917	30	72
34	North Carolina	0,9461	90	39	0,9917	21	63
35	North Dakota	0,9466	48	15	0,9917	47	99
36	Ohio	0,9458	111	44	0,9917	29	71
37	Oklahoma	0,9461	80	36	0,9917	38	80
38	Oregon	0,9464	64	24	0,9917	23	65

39	Pennsylvania	0,9458	106	43	0,9917	22	64
40	Rhode Island	0,9461	86	38	0,9916	51	103
41	South Carolina	0,9463	72	30	0,9917	26	68
42	South Dakota	0,9462	78	34	0,9916	50	102
43	Tennessee	0,9459	104	42	0,9917	42	94
44	Texas	0,9457	113	45	0,9917	24	66
45	Utah	0,947	26	8	0,9917	8	23
46	Vermont	0,947	30	11	0,9917	25	67
47	Virginia	0,9459	97	41	0,9917	31	73
48	Washington	0,9467	43	12	0,9918	6	19
49	West Virginia	0,9471	24	7	0,9917	10	28
50	Wisconsin	0,947	29	10	0,9918	5	17
51	Wyoming	0,947	28	9	0,9917	34	76

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 5**Оценки технической эффективности и их ранги для префектур Японии****Table 5****Estimates of technical efficiency and their ranks for prefectures in Japan**

i_s	Префектура Японии	$(TE_{i_s}^3)_{M_0}$	$(R_{i_s}^{03})_{M_0}$	$(R_{i_s}^3)_{M_0}$	$(TE_{i_s}^3)_{M_3}$	$(R_{i_s}^3)_{M_3}$	$(R_{i_s}^{03})_{M_x}$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Hokkaido	0,9452	146	47	0,1224	46	148
2	Aomori	0,9459	98	42	0,1686	45	107
3	Iwate	0,9461	82	38	0,2404	39	90
4	Miyagi	0,946	92	41	0,2649	37	88
5	Akita	0,9465	59	33	0,3154	36	52
6	Yamagata	0,9468	37	23	0,4245	29	40
7	Fukushima	0,9457	119	45	0,1912	43	105
8	Ibaraki	0,9476	10	5	0,6649	6	11
9	Tochigi	0,9468	38	24	0,4892	20	31
10	Gumma	0,9468	41	27	0,4790	22	33
11	Saitama	0,9469	32	19	0,5638	13	20
12	Chiba	0,9467	47	30	0,5038	18	29
13	Tokyo	0,9469	33	20	0,6132	9	14
14	Kanagawa	0,9478	8	3	0,7173	1	4
15	Yamanashi	0,9466	49	31	0,4172	31	44
16	Nagano	0,9475	11	6	0,6264	8	13
17	Shizuoka	0,9466	54	32	0,4628	25	36
18	Niigata	0,9465	61	35	0,3745	34	49
19	Toyama	0,9472	19	11	0,5311	14	22
20	Ishikawa	0,9469	36	22	0,4429	27	38
21	Fukui	0,9469	31	18	0,4632	24	35
22	Gifu	0,9467	45	29	0,4356	28	39
23	Aichi	0,9478	9	4	0,7098	2	5
24	Mie	0,9470	27	17	0,5269	15	24
25	Shiga	0,9478	7	2	0,6827	4	7
26	Kyoto	0,9475	12	7	0,6513	7	12
27	Osaka	0,9474	13	8	0,6692	5	10
28	Hyogo	0,947	25	16	0,5727	12	18
29	Nara	0,9469	35	21	0,4771	23	34
30	Wakayama	0,9471	20	12	0,5251	16	26
31	Tottori	0,9461	88	40	0,2157	42	93
32	Shimane	0,9462	77	37	0,2401	40	91
33	Okayama	0,9459	102	44	0,2483	38	89
34	Hiroshima	0,9473	16	9	0,5847	11	16
35	Yamaguchi	0,9465	62	36	0,3896	32	45
36	Tokushima	0,9471	22	14	0,5165	17	27
37	Kagawa	0,948	4	1	0,684	3	6
38	Ehime	0,9468	39	25	0,4519	26	37
39	Kochi	0,9461	84	39	0,2200	41	92
40	Fukuoka	0,9473	17	10	0,5918	10	15

41	Saga	0,9452	145	46	0,1055	47	150
42	Nagasaki	0,9471	21	13	0,4835	21	32
43	Kumamoto	0,9468	40	26	0,4232	30	41
44	Oita	0,9468	42	28	0,384	33	46
45	Miyazaki	0,9471	23	15	0,5016	19	30
46	Kagoshima	0,9465	60	34	0,3618	35	50
47	Okinawa	0,9459	100	43	0,1723	44	106

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 6

Коэффициенты ранговой корреляции Спирмена

Table 6

Spearman's rank correlation coefficients

Показатель	Субъекты РФ	Штаты США	Префектуры Японии
Количество регионов	80	51	47
Коэффициент Спирмена	0,7206	0,5846	0,9528

Источник: авторская разработка

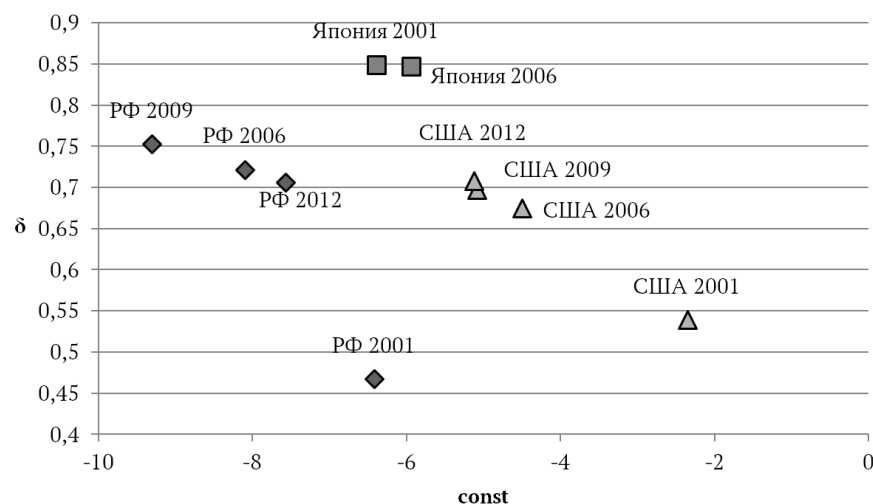
Source: Authoring

Рисунок 1

Параметрическое описание инновационных систем РФ, США и Японии по международным патентным заявкам для 2001–2012 гг.

Figure 1

Parametric representation of innovation systems of the Russian Federation, the USA and Japan on international patent applications for 2001–2012



Примечание. По оси абсцисс – оценка константы, по оси ординат – оценка эластичности.

Источник: авторская разработка

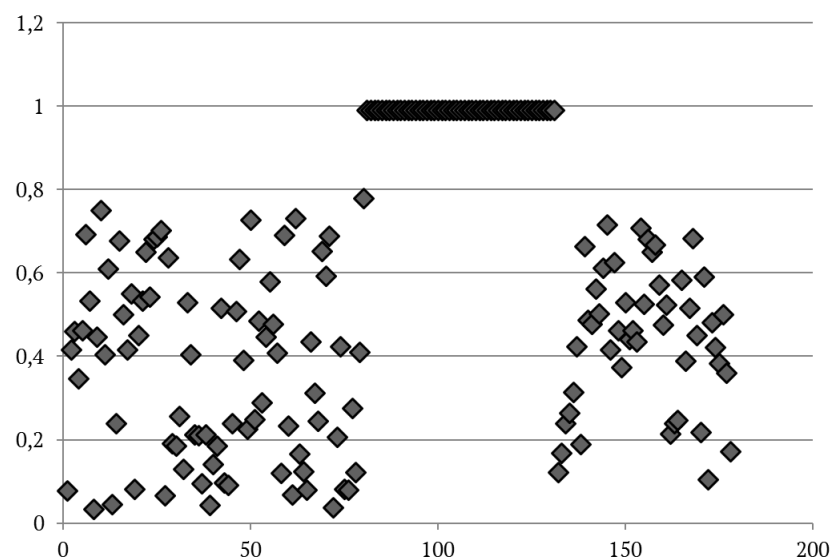
Source: Authoring

Рисунок 2

Оценки технической эффективности для регионов РФ (слева), штатов США (в середине), префектур Японии (справа)

Figure 2

Estimates of technical efficiency for Russian regions (on the left), US states (in the middle), prefectures in Japan (on the right)



Примечание. Регионы каждой страны упорядочены по возрастанию их порядковых номеров (ось абсцисс).

По оси ординат – значения оценок технической эффективности.

Источник: авторская разработка

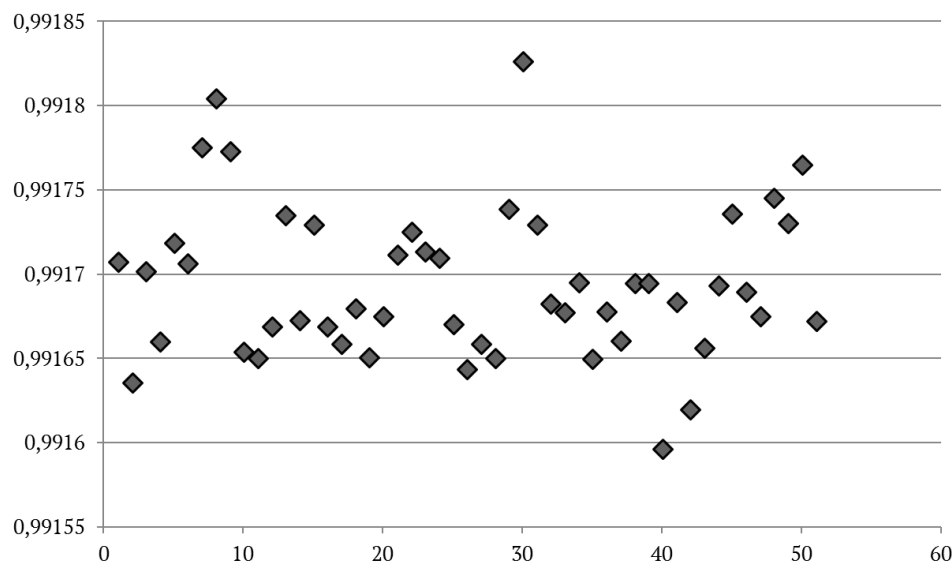
Source: Authoring

Рисунок 3

Оценки технической эффективности инновационного пространства штатов США

Figure 3

Estimates of technical efficiency of innovation space for the USA states



Примечание. Штаты упорядочены по возрастанию их порядковых номеров (ось абсцисс).

Источник: авторская разработка

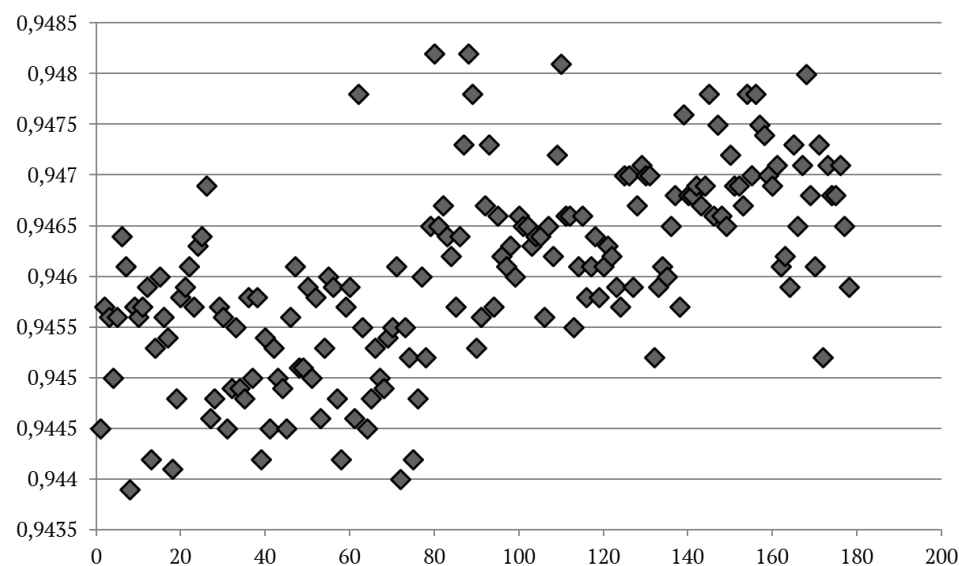
Source: Authoring

Рисунок 4

Оценки технической эффективности, полученные по общей модели M_0 для регионов РФ (слева), штатов США (в середине), префектур Японии (справа)

Figure 4

Estimates of technical efficiency obtained under General model M_0 for regions of the Russian Federation (on the left), USA states (in the middle), for prefectures in Japan (on the right)



Примечание. Регионы каждой страны упорядочены по возрастанию их порядковых номеров.

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Рисунок 5**Корреляционная матрица Спирмена для рангов оценок технической эффективности****Figure 5****Spearman's correlation matrix for estimates of technical efficiency**

	$(R_{i_t}^s)_{M_x}, eps=0$	$(R_{i_t}^s)_{M_x}, eps=10^{-6}$	$(R_{i_t}^s)_{M_x}, eps=10^{-5}$	$(R_{i_t}^s)_{M_x}, eps=10^{-4}$	$(R_{i_t}^s)_{M_x}, eps=10^{-3}$	$(R_{i_t}^{0s})_{M_0}$
$(R_{i_t}^s)_{M_x}, eps=0$	1	0,9984148	0,998191	0,784786	0,602593	0,908225
$(R_{i_t}^s)_{M_x}, eps=10^{-6}$	0,998414	1	0,99993	0,788331	0,605083	0,905693
$(R_{i_t}^s)_{M_x}, eps=10^{-5}$	0,998191	0,999929	1	0,789761	0,606683	0,904778
$(R_{i_t}^s)_{M_x}, eps=10^{-4}$	0,784785	0,78833	0,789761	1	0,959239	0,677618
$(R_{i_t}^s)_{M_x}, eps=10^{-3}$	0,602593	0,605082	0,606683	0,959239	1	0,505578
$(R_{i_t}^{0s})_{M_0}$	0,908224	0,905692	0,904778	0,677618	0,505578	1

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Список литературы

1. Айвазян С.А., Афанасьев М.Ю., Кудров А.В., Лысенкова М.А. К вопросу о параметризации национальной инновационной системы // Прикладная эконометрика. 2017. Т. 45. С. 29–49. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-parametrizatsii-natsionalnoy-innovatsionnoy-sistemy>
2. Айвазян С.А., Афанасьев М.Ю. Моделирование производственного потенциала на основе концепции стохастической границы: Методология, результаты эмпирического анализа. М.: Красанд, 2014. 300 с.
3. Kumbhakar S., Lovell K. Stochastic Frontier Analysis. Cambridge University Press, 2004.
4. Battese G.E., Coelli T. Prediction of Firm-level Technical Efficiencies with a Generalized Frontier Production Function and Panel Data. *Journal of Econometrics*, 1988, vol. 38, iss. 3, pp. 387–399. URL: [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(88\)90053-X](https://doi.org/10.1016/0304-4076(88)90053-X)
5. Robertson R. Globalization: Social Theory and Global Culture. London, SAGE Publications Ltd., 1992, 224 p. URL: <http://dx.doi.org/10.4135/9781446280447>
6. Aivazian S., Afanasyev M., Kudrov A. Indicators of Regional Development Using Differentiation Characteristics. *Montenegrin Journal of Economics*, 2018, vol. 14, iss. 3, pp. 7–22. URL: <https://doi.org/10.14254/1800-5845/2018.14-3.1>
7. Айвазян С.А., Афанасьев М.Ю., Лысенкова М.А. Оценка результатов инновационной активности региона с учетом размера пространства инноваций. Анализ и моделирование экономических и социальных процессов // Математика. Компьютер. Образование. Вып. 23. № 4. М., Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2016. С. 94–115.
8. Aivazyan S., Afanasyev M. Assessment of Innovative Activity of Regions in the Russian Federation. *Montenegrin Journal of Economics*, 2015, vol. 11, iss. 1, pp. 7–21. URL: http://mnje.com/sites/mnje.com/files/mnje_vol_11_no_1.pdf
9. Aivazyan S., Afanasyev M. The Size of Innovation Space as a Factor of Innovation Activity in Regions. *Montenegrin Journal of Economics*, 2016, vol. 12, iss. 2, pp. 7–27. URL: <https://doi.org/10.14254/1800-5845.2016/12-2/11>

10. Батлер Д., Гибсон Д. Исследовательские университеты в структуре региональной инновационной системы: опыт Остина, штат Техас // Форсайт. 2013. Т. 7. № 2. С. 42–57.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovatel'skie-universitety-v-strukture-regionalnoy-innovatsionnoy-sistemy-opyt-ostina-shtat-tehas>

Информация о конфликте интересов

Мы, авторы данной статьи, со всей ответственностью заявляем о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

ON A CERTAIN APPROACH TO COMPARING THE REGIONS IN DIFFERENT COUNTRIES BASED ON ESTIMATED TECHNICAL EFFICIENCY OF INNOVATIVE SPACE

Mikhail Yu. AFANAS'EV ^{a,*}, Aleksandr V. KUDROV ^b, Mariya A. LYSENKOVA ^c

^a Central Economics and Mathematics Institute of RAS (CEMI RAS), Moscow, Russian Federation
miafan@cemi.rssi.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5050-7454>

^b Central Economics and Mathematics Institute of RAS (CEMI RAS), Moscow, Russian Federation
kovlal@inbox.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2495-5496>

^c Central Economics and Mathematics Institute of RAS (CEMI RAS), Moscow, Russian Federation
lysenkovam@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-2381-9807>

* Corresponding author

Article history:

Received 29 May 2019
Received in revised form
10 June 2019
Accepted 28 June 2019
Available online
30 September 2019

JEL classification: C12, C51,
R15

Keywords: regional
economics, econometric
modeling, stochastic frontier,
performance evaluation

Abstract

Subject We assess the technical efficiency of innovative space in regions of different countries.

Objectives The purpose is to get comparable estimates of technical efficiency of innovative space in regions of different countries that retain the rank of regions formed according to 'national models'.

Methods The study rests on the concept of a stochastic frontier and an optimization model with a quadratic target function and linear limitations.

Results We offer an approach enabling to adjust the technical efficiency estimates obtained from the model, which is common to the entire population of regions, so that they retain the rank of regions formed according to 'national' models. This approach provides comparable technical performance assessments in a wide range of tasks to model the limits of production capacity of economic facilities that are operating in different institutional environment.

Conclusions A natural way to obtain comparable technical performance estimates is to build a common model for the entire population of regions. However, the results of the general model seldom have a satisfactory economic interpretation, as the innovation activities of regions of different countries is conditioned by different institutional environment. Using the offered model, the estimates derived from the general model are adjusted so that their grades are fully in line with the estimates received from the so called 'national' models.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2019

Please cite this article as: Afanas'ev M.Yu., Kudrov A.V., Lysenkova M.A. On a Certain Approach to Comparing the Regions in Different Countries Based on Estimated Technical Efficiency of Innovative Space. *Economic Analysis: Theory and Practice*, 2019, vol. 18, iss. 9, pp. 1753–1774.
<https://doi.org/10.24891/ea.18.9.1753>

Acknowledgments

The article was supported by the Russian Science Foundation (RSF), project № 17-18-01080.

References

1. Aivazyan S.A., Afanas'ev M.Yu., Kudrov A.V., Lysenkova M.A. [To the question about parameterization of national innovation system]. *Prikladnaya ekonometrika = Applied Econometrics*, 2017, vol. 45, pp. 29–49. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-parametrizatsii-natsionalnoy-innovatsionnoy-sistemy> (In Russ.)

2. Aivazyanyan S.A., Afanas'ev M.Yu. *Modelirovanie proizvodstvennogo potentsiala na osnove kontseptsii stokhasticheskoi granitsy: Metodologiya, rezul'taty empiricheskogo analiza* [Production capacity modeling based on the stochastic frontier concept: Methodology, empirical analysis results]. Moscow, Krasand Publ., 2014, 300 p.
3. Kumbhakar S., Lovell K. *Stochastic Frontier Analysis*. Cambridge University Press, 2004.
4. Battese G.E., Coelli T. Prediction of Firm-level Technical Efficiencies with a Generalized Frontier Production Function and Panel Data. *Journal of Econometrics*, 1988, vol. 38, iss. 3, pp. 387–399. URL: [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(88\)90053-X](https://doi.org/10.1016/0304-4076(88)90053-X)
5. Robertson R. *Globalization: Social Theory and Global Culture*. London, SAGE Publications Ltd., 1992, 224 p. URL: <http://dx.doi.org/10.4135/9781446280447>
6. Aivazian S., Afanasiev M., Kudrov A. Indicators of Regional Development Using Differentiation Characteristics. *Montenegrin Journal of Economics*, 2018, vol. 14, iss. 3, pp. 7–22. URL: <https://doi.org/10.14254/1800-5845/2018.14-3.1>
7. Aivazyanyan S.A., Afanas'ev M.Yu., Lysenkova M.A. *Otsenka rezul'tatov innovatsionnoi aktivnosti regiona s uchetom razmera prostranstva innovatsii. Analiz i modelirovanie ekonomicheskikh i sotsial'nykh protsessov. V kn.: Matematika. Komp'yuter. Obrazovanie* [Assessing the results of innovation in the region, considering the size of innovation space. Analysis and modeling of economic and social processes. In: Mathematics. Computer. Education. Iss. 23, no. 4]. Moscow, Izhevsk, Regulyarnaya i khaoticheskaya dinamika Publ., 2016, pp. 94–115.
8. Aivazyanyan S., Afanasyev M. Assessment of innovative activity of regions in the Russian Federation. *Montenegrin Journal of Economics*, 2015, vol. 11, iss. 1, pp. 7–21. URL: http://mnje.com/sites/mnje.com/files/mnje_vol_11_no_1.pdf
9. Aivazyanyan S., Afanasyev M. The Size of Innovation Space as a Factor of Innovation Activity in Regions. *Montenegrin Journal of Economics*, 2016, vol. 12, iss. 2, pp. 7–27. URL: <https://doi.org/10.14254/1800-5845.2016/12-2/11>
10. Butler J., Gibson D. [Research universities in the framework of regional innovation ecosystem: The case of Austin, Texas]. *Forsait = Foresight-Russia*, 2013, vol. 7, no. 2, pp. 42–57. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovatelskie-universitety-v-strukture-regionalnoy-innovatsionnoy-sistemy-opyt-ostina-shtat-tehas> (In Russ.)

Conflict-of-interest notification

We, the authors of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.