

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ СООТВЕТСТВИЯ МОДЕЛИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА РЕГИОНА ПРИНЦИПАМ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ МЕТОДОМ НЕПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ*

Светлана Валерьевна РАТНЕР^а, Валерий Викторович ИОСИФОВ^б

^а доктор экономических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории экономической динамики и управления инновациями, Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Москва, Российская Федерация
lanaratner@ipu.ru
ORCID: отсутствует
SPIN-код: 7840-4282

^б кандидат технических наук, доцент кафедры наземного транспорта и механики, Кубанский государственный технологический университет, Краснодар, Российская Федерация
iosifov_v@mail.ru
ORCID: отсутствует
SPIN-код: 3558-0754

* Ответственный автор

История статьи:

Получена 04.07.2018
Получена в доработанном виде 30.07.2018
Одобрена 06.08.2018
Доступна онлайн 14.09.2018

УДК 338.2

JEL: O44, Q01

Ключевые слова:

эколого-экономическая эффективность, стратегия развития, модель развития, регионы, анализ среды функционирования

Аннотация

Предмет. Вопросы измерения степени устойчивости развития экономических систем остаются дискуссионными. Во многом это обусловлено комплексным и междисциплинарным характером задачи оценки степени опасности различных видов негативного воздействия на окружающую среду и их долгосрочных последствий.

Цели. Разработка метода оценки степени соответствия модели экономического роста региона базовым принципам концепции устойчивого развития на основе математических моделей непараметрической оптимизации.

Методология. Сформулирована постановка задачи экологического анализа среды функционирования (Environmental Data Envelopment Analysis) с переменным эффектом масштаба и ориентацией по входам, где в качестве входов модели учтены основные негативные экологические эффекты, производимые как экономикой региона, так и ее жилищно-бытовым сектором, а в качестве выходов – валовой региональный продукт (как интегральный показатель полезной продукции) и количество населения (как показатель развития социальной сферы). Решение данной задачи позволяет ранжировать регионы по степени эколого-экономической эффективности, определить, насколько экономическая модель развития региона соответствует базовым принципам концепции устойчивого развития и стимулирует использование наилучших доступных технологий.

Результаты. На основе расчетов, выполненных по статистическим данным за 2014 г., выделены регионы с оптимальной моделью развития и оптимальным объемом нагрузки на окружающую среду, регионы с потенциалом роста экономики и регионы, неэффективно использующие природные ресурсы и приближающиеся к масштабному экологическому кризису.

Выводы. Предложенный подход к оценке моделей экономического роста регионов может быть использован в практике регионального экологического менеджмента и на отраслевом уровне при принятии решений о пространственном размещении производственных мощностей.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2018

Для цитирования: Ратнер С.В., Иосифов В.В. Оценка степени соответствия модели экономического роста региона принципам устойчивого развития методом непараметрической оптимизации // Региональная экономика: теория и практика. – 2018. – Т. 16, № 9. – С. 1749 – 1765.
<https://doi.org/10.24891/re.16.9.1749>

Введение

Проблема необходимости ограничения чрезмерно интенсивного антропогенного воздействия на окружающую среду в российских регионах продолжает оставаться актуальной. Исторически сложившийся ресурсозатратный тип развития экономики страны и назревшие проблемы морального устаревания производственных технологий и физического износа оборудования в большинстве секторов, обеспечивающих функционирование транспортной, энергетической и жилищно-бытовой инфраструктуры, создают непосильную нагрузку на экосистемы как городских, так и сельских территорий, приводят к истощению и даже к полному исчезновению многих ценных природных ресурсов и негативно влияют на качество жизни человека.

Пути выхода из данной ситуации известны в экономической науке достаточно давно. Введенный в научный оборот еще в 1987 г. термин «устойчивое развитие» и ставшая популярной после доклада «Наше общее будущее» Международной комиссии ООН по окружающей среде стратегия устойчивого развития предлагают такую модель экономического роста, которая не наносит ущерба интересам будущих поколений [1]. С точки зрения современной экономики природопользования, концепция устойчивого развития предусматривает сдерживание негативных воздействий хозяйственно-бытовой деятельности человека в пределах, не превышающих способности экосистем к самовосстановлению. С точки зрения экономической теории, концепция устойчивого развития предполагает активное внедрение механизмов учета внешних эффектов хозяйственной деятельности человека и формирование на их основе справедливых цен на природные ресурсы [2].

К настоящему времени теоретически разработанная в конце 80-х годов прошлого

века концепция устойчивого развития имеет глубокое экономико-технологическое обоснование, суть которого можно свести к так называемым принципам экономики замкнутого цикла «5R»: уменьшение энерго- и материалоемкости (reduction) [3], замещение невозобновляемых ресурсов возобновляемыми (replacement) [4], восстановление нужных компонентов из переработанных отходов (recovery) [5], рециркуляция отходов (recycling), многократное использование продукции (reuse) [6, 7].

Однако вопросы измерения степени устойчивости развития экономических систем до настоящего времени остаются дискуссионными [8–10]. Во многом это обусловлено сложностью, комплексностью и междисциплинарным характером задачи оценки степени опасности различных видов негативного воздействия на окружающую среду и, особенно, их долгосрочных последствий [11].

Целью настоящей работы является разработка метода оценки степени соответствия модели экономического роста региона базовым принципам концепции устойчивого развития на основе математических моделей непараметрической оптимизации.

Преимуществом предлагаемого метода перед наиболее распространенным в практике менеджмента устойчивого развития подходом, основанным на построении интегральных коэффициентов, является отсутствие необходимости привлечения экспертных знаний для оценки степени важности (весового коэффициента) того или иного отдельного негативного экологического эффекта. Современные математические методы непараметрической оптимизации, развитые применительно к задачам экологического менеджмента в работах [12–15], позволяют рассматривать экономическую систему как «черный ящик», потребляющий определенные объемы некоторого множества природных ресурсов и производящий некоторые объемы нескольких видов полезной

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 16-06-00147 «Разработка моделей анализа среды функционирования для оптимизации траекторий развития региональных экономических систем по экологическим параметрам».

продукции¹. Сравнение эффективности работы достаточно большого количества таких «черных ящиков» между собой позволяет выявить наиболее эффективные из них, которые при потреблении наименьшего возможного количества природных ресурсов производят наибольший объем полезной продукции. С содержательной точки зрения это будет означать, что такие экономические системы производят продукцию с использованием наилучшим доступных технологий: наиболее энергоэффективных, наименее ресурсозатратных.

Методология

Рассмотрим постановку задачи непараметрической оптимизации применительно к решению проблемы оценки эколого-экономической эффективности развития регионов. Заметим, что впервые данная постановка использовалась в работе [13], а в работе [12] были доказаны ее полная математическая корректность и соответствие полученных расчетных результатов реальной экономической ситуации. Пусть каждый из K регионов использует N типов природных ресурсов (вектор X) и производит M типов полезной продукции, первые p из которых являются желательными (экономические результаты), а остальные – нежелательными (негативные экологические эффекты). Тогда в коэффициентной форме задача оценки эффективности ПО с индексом 0 записывается следующим образом:

$$\max_{u,v} \sum_{m=1}^M u_m y_{m0} \quad (1)$$

при ограничениях

$$\sum_{m=1}^M u_m y_{mk} - \sum_{n=1}^N v_n x_{nk} \leq 0 \quad k=1,2,\dots,K,$$

$$\sum_{n=1}^N v_n x_{n0} = 1,$$

$$u_m, v_n \geq 0 \quad m=1,2,\dots,M \quad n=1,2,\dots,N, \text{ где}$$

¹ Алмастьян Н.А. Разработка стратегий природоохранной деятельности в регионе на основе моделей непараметрической оптимизации // *Modern Economy Success*. 2017. № 6. С. 107–117.

$X = (x_{10}, \dots, x_{N0}) \geq 0$ – вектор входов размерности N ;

$Y = (y_{10}, \dots, y_{M0}) \geq 0$ – вектор выходов размерности M ;

K – количество производственных объектов;

u_m, v_n – неизвестные неотрицательные веса, подлежащие определению.

Или в двойственной форме:

$$\min_{\lambda} \theta \quad (2)$$

при ограничениях

$$\sum_{n=1}^N x_{nk} \lambda_k \leq \theta x_{n0}, \quad n=1,2,\dots,N,$$

$$\sum_{m=1}^M y_{mk} \lambda_k \geq y_{m0}, \quad m=1,2,\dots,M,$$

$$\lambda_k \geq 0, \quad k=1,2,\dots,K.$$

Для каждого производственного объекта решается дробно-линейная задача математического программирования, в которой максимизируется отношение

$$h = \frac{\sum_{r=1}^p \mu_r y_{r0} - \sum_{s=p+1}^N \mu_s y_{s0}}{\sum_{i=1}^M v_i x_{i0}} \quad (3)$$

при ограничениях

$$h = \frac{\sum_{r=1}^p \mu_r y_{rj} - \sum_{s=p+1}^N \mu_s y_{sj}}{\sum_{i=1}^M v_i x_{ij}} \leq 1.$$

Отношение (3) называется коэффициентом (или мерой) эколого-экономической эффективности. Объекты, для которых коэффициент эффективности равен единице, признаются эффективными, а остальные – неэффективными. Кроме того, нежелательные выходы можно рассматривать наравне с входами модели, тогда мера эффективности примет следующий вид:

$$h^* = \frac{\sum_{r=1}^k \mu_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^M v_i x_{i0} + \sum_{s=k+1}^p \mu_s y_{s0}}.$$

Такая постановка задачи характерна для моделей непараметрической оптимизации класса *CCR* (по первым буквам фамилий разработчиков – Charnes, Cooper, Rhodes). Множество эффективных объектов (в контексте решаемой задачи – регионов) задает границу эффективности, которая в случае модели *CCR* (1)-(3) представляет собой гиперповерхность выпуклого многогранного конуса. Объекты, значения коэффициентов эффективности которых оказались меньше единицы, посредством пропорционального сокращения входов могут приблизиться к границе эффективности: $(X_0, Y_0) \rightarrow (hX_0, Y)$ [16].

Одним из важных свойств моделей непараметрической оптимизации (или в терминологии, заданной работой [16], моделей анализа среды функционирования), описывающих поведение реальных экономических объектов, находящихся на разных стадиях своего жизненного цикла, является эффект масштаба. Эти модели относятся к классу *BCC* (по первым буквам фамилий разработчиков – Bancer, Charnes, Cooper [17]) и лучше описывают такие основополагающие законы экономической теории, как закон убывающей предельной полезности (или производительности), нежели обычные модели *CCR*, в которых эффект масштаба является фиксированным. В случае возрастающего эффекта масштаба относительный прирост выпуска продукции производственного объекта больше относительного прироста затрат ресурсов, необходимого для этого выпуска, то есть производственный объект развивается интенсивно, и увеличение объемов производства является целесообразным. В случае убывающего эффекта масштаба относительный прирост выпуска продукции производственного объекта меньше относительного прироста затрат ресурсов на этот выпуск. В таком случае

производственный объект развивается экстенсивно и рост объемов производства вряд ли является целесообразным. С точки зрения теории технологического развития, в данном случае можно говорить о необходимости модернизации и перехода на новые, более прогрессивные технологии производства.

Отличия в математической постановке задач с постоянным и переменным эффектами масштаба состоят лишь во введении дополнительного условия в отношении искомых весовых коэффициентов:

$$\sum_{i=1}^k \lambda_i = 1.$$

Наглядная графическая иллюстрация таких различий с содержательной точки зрения на примере двумерного пространства «вход-выход» предложена в книге В.Е. Кривоножко и А.В. Лычева [16] и продублирована ниже (*рис. 1*).

На *рис. 1* показаны две границы эффективности. Первая выходит из начала координат, проходит через точку *B* и уходит в бесконечность. Данная граница эффективности соответствует модели с постоянным эффектом масштаба *CCR*. В данной модели только производственный объект, обозначенный на *рис. 1* точкой *B*, является эффективным. Вторая граница эффективности огибает все множество производственных объектов слева и сверху и проходит через точки *A, B, C, D*. Эта граница эффективности соответствует модели с переменным эффектом масштаба. В ней производственные объекты *A, B, C* и *D* являются эффективными. Второй подход к построению границы эффективности на практике оказывается более адекватным.

Действительно, в первой модели гипотетически эффективными могут оказаться объекты, как имеющие бесконечно малые затраты и бесконечно малый выпуск (что невыполнимо в условиях наличия постоянных затрат на предприятии), так и объекты, имеющие бесконечно большие затраты и бесконечно большой выпуск (что также

невыполнимо в силу ограниченности спроса на продукцию любого предприятия). Во второй модели множество производственных возможностей, очерченное ломаной A, B, C, D , больше соответствует реальностям производственного процесса: выпуск продукции может начаться только при наличии определенного объема затрат (что отражает отрезок ломаной от точки A до пересечения границы эффективности с осью OX) и, начиная с некоторого момента (который соответствует на рисунке точке D), наращивание затрат уже не приводит к росту объемов производства в силу рыночных причин (закон убывающей предельной полезности).

Производственный объект, обозначенный на рис. 1 точкой B , является эффективным как по модели CCR , так и по модели BCC . Это значит, что он работает на максимально возможном уровне продуктивности. Если же ПО является эффективным на 100% при переменной отдаче масштаба, но не достигает полной эффективности при постоянной отдаче масштаба, тогда есть смысл говорить о величине, которая, по сути, характеризует, в какой мере отличаются друг от друга эффективности при постоянной и переменной отдаче масштаба (англ. Scale Efficiency, SE).

Рассмотрим интерпретацию модели BCC в контексте задачи сравнительной оценки комплексной эколого-экономической эффективности регионов. Если негативные экологические эффекты рассматриваются как единственные входы модели, то возрастающий эффект масштаба будет означать с содержательной точки зрения тот факт, что относительный прирост ВРП и количества населения в регионе (не обязательно пропорциональные друг другу) больше относительного прироста негативных экологических эффектов, производимых в результате роста экономики и населения, то есть регион развивается по ресурсосберегающему пути или, другими словами, его развитие можно признать устойчивым. Убывающий эффект масштаба будет означать, что рост экономики и населения региона происходит

ресурсозатратным способом. Развитие такого региона нельзя признать устойчивым.

Результаты

Пусть негативные экологические воздействия на окружающую среду, производимые экономикой и жилищно-коммунальным сектором региона, описаны следующими показателями:

X_1 – суммарный годовой объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников, тыс. т;

X_2 – суммарный годовой объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от передвижных источников, тыс. т;

X_3 – объем сброса в поверхностные источники неочищенных и недостаточно очищенных сточных вод, млн m^3 ;

X_4 – объем непереработанных и неиспользуемых отходов (захороненных и размещенных на хранение), млн т;

X_5 – забор пресной воды из поверхностных и подземных источников, млн m^3 .

Заметим, что по сравнению с задачей, впервые сформулированной и решенной в работе [12], данный набор показателей является более расширенным и отражает степень и качество использования основных природных ресурсов – воздушных, водных и почвенных. При этом не учитывается использование биоресурсов, что также является одним из важнейших показателей устойчивого развития согласно подходу, предложенному в [18] и подробно описанному в [19–21]. При необходимости данный набор показателей может быть расширен, однако в открытых источниках набор данных о состоянии окружающей среды, как правило, ограничен. В качестве выходов модели будем по-прежнему использовать следующие:

Y_1 – валовой региональный продукт, млн руб.;

Y_2 – количество населения в регионе, тыс. чел.

Исходные данные, использованные для расчетов, приведены в табл. 1. По результатам расчетов, выполненных в пакете прикладных

программ открытого доступа MaxDEA, эффективными по модели CCR (коэффициент эффективности равен 1) признаны регионы, указанные в *табл. 2*.

Для эффективных регионов по данной модели эффект масштаба всегда является постоянным, поэтому в *табл. 2* он не указан дополнительно. Регионы, эффективные по модели BCC, но не эффективные по модели CCR, и соответствующие им эффекты масштаба приведены в *табл. 3*.

Ранжирование неэффективных по модели BCC (тем более по модели CCR) регионов с возрастающим эффектом масштаба по коэффициенту эффективности выполнено в *табл. 4*. Аналогичное ранжирование для неэффективных регионов с убывающим эффектом масштаба выполнено в *табл. 5*.

Область применения результатов

Полученные результаты могут использоваться в практике экологического менеджмента следующим образом. Модель экономического развития регионов, указанных в *табл. 2*, может быть признана в полной мере соответствующей концепции устойчивого развития, а структура экономики, ее размер и объем нагрузки на окружающую среду – оптимальными.

Модель экономического развития регионов, указанных в *табл. 3* и имеющих возрастающий эффект масштаба, также может быть признана соответствующей концепции устойчивого развития, а размер экономики может быть увеличен за счет расширения уже существующих производств с сохранением ее общей структуры.

Модель экономического развития регионов, указанных в *табл. 3* и имеющих убывающий эффект масштаба, не соответствует концепции устойчивого развития; дальнейший рост экономики может привести к негативным последствиям для экологии региона. Стратегия экономического развития таких регионов должна основываться на проведении структурных изменений в экономике, уходе от ресурсоемких видов производств и повсеместном внедрении наилучших

доступных технологий на уже действующих производствах.

Модель экономического развития регионов, указанных в *табл. 4* и имеющих возрастающий эффект масштаба, соответствует концепции устойчивого развития и имеет существенный потенциал роста, который может быть реализован за счет привлечения инвестиций в открытие новых производств и создание новых рабочих мест, заполняемых, в том числе, за счет миграции трудовых ресурсов из других регионов.

Модель экономического развития регионов, указанных в *табл. 5* и имеющих убывающий эффект масштаба, является саморазрушительной и требует немедленного пересмотра. Любой экономический рост в этих регионах возможен только за счет кардинального изменения структуры экономики, вплоть до полной остановки «грязных» производств, глубокой модернизации, изменения паттернов потребительского поведения и существенного улучшения качества экологического менеджмента на региональном уровне.

К сожалению, как показывают результаты проведенных расчетов, количество регионов РФ с неэффективной моделью экономического развития, требующей немедленного пересмотра, является наибольшим: такую модель имеют 32 региона, что составляет 40% от общего их числа. Наибольшее внимания требуют регионы с наименьшими значениями коэффициента комплексной эколого-экономической эффективности – Костромская область, Тульская область, Приморский край, Пермский край, Республика Бурятия, Республика Северная Осетия – Алания, Оренбургская область. Решение назревших проблем смены модели экономического развития в данных регионах нельзя уже отнести лишь к сфере экологического менеджмента. В таких регионах требуется смена стратегии развития.

Количество регионов с оптимальной моделью развития – 21, что составляет почти 27% от общего количества регионов. Однако вхождение в число регионов с оптимальной моделью

Республикб Адыгея, Республики Ингушетия и Чеченской Республики вызывает сомнения: их эффективность обусловлена нулевыми значениями показателей по объему размещенных отходов или по объему сброса недостаточно очищенных сточных вод. Статистические данные требуют дополнительной проверки.

Количество регионов с возрастающим эффектом масштаба (как эффективных, так и неэффективных) равно 10 (около 12,5% от общего количества регионов). Эти регионы можно считать недоинвестированными. Реализация масштабных инвестиционных проектов по созданию и развитию новых производств с экологической точки зрения целесообразна именно в этих регионах, к числу которых в первую очередь относятся Магаданская область, Карачаево-Черкесская Республика, Республика Карелия, Псковская область, Камчатский край, Смоленская область, Республика Хакасия.

Выводы

Разработанный подход к оценке степени соответствия экономической модели развития региона базовым принципам концепции устойчивого развития является естественным продолжением статистических методов оценки экологической эффективности производственных объектов с помощью моделей анализа среды функционирования [22] и позволяет не только проводить ранжирование регионов по коэффициенту эколого-экономической эффективности и определять целевые параметры, при которых регион может стать эффективным [12, 13], но и обоснованно выстраивать стратегию дальнейшего развития региона, учитывать при планировании размещения производственных мощностей не только социально-экономические и инфраструктурные параметры территории, но и степень антропогенной нагрузки на ее экосистемы.

Таблица 1**Показатели объемов негативного воздействия на окружающую среду для российских регионов в 2014 г.****Table 1****The values of negative environmental impact in the Russian regions in 2014**

Регион	Выбросы в атмосферу от стационарных источников	Выбросы в атмосферу от передвижных источников	Сброс сточных вод	Образование отходов	Забор воды
Белгородская область	127,4	161,6	66,82	107,511	259,5
Брянская область	36,2	73,2	61,59	0,323	110,82
Владимирская область	30,7	116,4	110,49	0,008	163,19
Воронежская область	67,9	251,2	121,91	0,955	421,87
Ивановская область	33,2	106,7	82,22	0,562	138,23
Калужская область	19,5	107,4	89,54	0,828	143,75
Костромская область	48,8	61,3	37,06	0,18	2 092,68
Курская область	36	89,9	11,44	50,443	239,7
Липецкая область	330	131,3	79,08	0,744	169,46
Московская область	196,6	770,2	1 121,91	2,104	3 455,39
Орловская область	15,3	103	54,22	0,459	91,48
Рязанская область	108	131,2	81,14	1,481	167,5
Смоленская область	52,7	79,8	57,56	0,47	166,61
Тамбовская область	47,7	96,1	37,95	0,348	105,92
Тверская область	69,1	124,6	85,51	0,061	1 591,95
Тульская область	181,3	185,7	171,08	1,182	301,08
Ярославская область	88,3	97,8	192,96	0,567	230,88
Республика Карелия	94,9	78	222,4	124,011	201,75
Республика Коми	707	79	107,6	0,532	469,59
Архангельская область	176,2	110	335,86	67,141	544,11
Вологодская область	491	121,4	137,38	1,636	494,56
Калининградская область	18,9	144,2	102,82	0,597	101,87
Ленинградская область	271,6	174,3	271,04	1,998	819,29
Мурманская область	276,4	56,6	330,53	154,005	1 569,02
Новгородская область	42,6	67,4	74,8	0,248	99,9
Псковская область	28,9	89,5	36,96	0,314	179,46
Республика Адыгея	10,1	33,6	24,42	0	170,18
Республика Калмыкия	4,54	31,7	14,25	0,075	32,94
Краснодарский край	189,9	538	832,89	2,522	4 110,52
Астраханская область	118,2	76,4	50,15	0,113	772,13
Волгоградская область	153,5	252,1	122,62	0,881	886,66
Ростовская область	194,1	454,2	261,97	3,449	3 193,65
Республика Дагестан	13	221,3	77,74	0,27	3 913,44
Республика Ингушетия	0,407	14,3	3,83	0	184,76
Кабардино-Балкарская Республика	2,3	80,6	29	0,584	818,77
Карачаево-Черкесская Республика	15,7	36,2	41,44	0,528	2 308,41
Республика Северная Осетия – Алания	3,5	76,2	83,63	0,114	964,09
Чеченская Республика	31,3	90,2	0	0,03	315,87
Ставропольский край	78,9	248,1	132,19	0,18	1 460,58
Республика Башкортостан	459,4	443,6	297,87	34,952	791,48
Республика Марий Эл	24,6	57	49,75	0,128	76
Республика Мордовия	35	64,9	33,78	0,124	62,11
Республика Татарстан	293,7	282,6	439,42	0,945	786,66
Удмуртская Республика	175,8	131,8	116,06	0,159	306,08
Чувашская Республика	35,9	93,1	8,98	0,284	104,49
Пермский край	312,5	269,4	397,8	28,889	2 193,24

Кировская область	114,9	113,4	146,32	0,644	195,78
Нижегородская область	125,6	285,6	396,93	0,291	947,94
Оренбургская область	410,6	261	115,91	53,161	1 515,64
Пензенская область	38,5	100,5	95,43	1,775	222,21
Самарская область	266,4	293,5	346,47	2,852	838,9
Саратовская область	119,9	260,2	16,51	3,016	546,25
Ульяновская область	34,2	111,1	100,46	0,185	175,34
Курганская область	43,4	60	38,54	0,223	72,38
Свердловская область	1 021,2	432,3	667	186,723	914,01
Тюменская область	134,4	174,7	88,72	0,926	410,25
Челябинская область	653,4	310,1	678,93	41,864	698,77
Республика Алтай	8,1	24,8	0,35	0,004	7,64
Республика Бурятия	105,9	106,6	37,89	52,151	537,02
Республика Тыва	18,8	16,8	7,4	3,774	53,2
Республика Хакасия	83,7	42,1	30,17	48,749	86,07
Алтайский край	203,1	233,4	10,73	1,715	427,78
Забайкальский край	124,5	111,5	30,76	30,22	246,29
Красноярский край	2 355,8	236,2	366,68	30,875	2 031,31
Иркутская область	637,4	187,2	499,97	9,49	855,68
Кемеровская область	1 331,7	196	478,26	1580,254	1 775,29
Новосибирская область	207,8	276,5	109,35	1,515	617,46
Омская область	204	192	151,8	2,141	251,66
Томская область	289,6	100,9	26,28	0,411	439,27
Республика Саха (Якутия)	307,4	70,3	78,94	148,318	170,47
Камчатский край	23,4	52,2	25,77	0,503	123,35
Приморский край	189,5	230,8	290,41	35,041	478,91
Хабаровский край	103,3	130,8	167,26	86,133	328,74
Амурская область	132,3	85	44,62	2,491	82,23
Магаданская область	29,6	29,3	14,25	5,642	84,88
Сахалинская область	65	66,1	30,22	11,759	111,62
Еврейская автономная область	18,3	15,8	12,89	0,772	27,78
Чукотский автономный округ	17,8	4,5	4,85	10,213	18,34

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 2

Эффективные регионы по модели ССР

Table 2

Efficient regions according to the *Charnes–Cooper–Rhodes* (CCR) model

Федеральный округ	Регионы
ЦФО	Брянская область, Владимирская область, Калужская область, Московская область
СЗФО	Республика Коми, Калининградская область
ЮФО	Республика Адыгея, Республика Калмыкия
СКФО	Республика Ингушетия, Чеченская Республика
ПФО	Республика Мордовия, Республика Татарстан, Чувашская Республика
УФО	Курганская область
СФО	Тюменская область, Республика Алтай, Республика Тыва, Томская область
ДВФО	Республика Саха (Якутия), Сахалинская область, Чукотский автономный округ
Всего: 21 регион	

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 3
Эффективные регионы по модели ВСС

Table 3
Efficient regions according to the Banker–Charnes–Cooper (BCC) model

Федеральный округ	Регион (эффект масштаба: У – убывающий, В – возрастающий)
ЦФО	Воронежская область (У), Курская область (У), Орловская область (У)
СЗФО	–
ЮФО	Астраханская область (У), Ростовская область (У)
СКФО	Республика Дагестан (У), Кабардино-Балкарская Республика (У), Ставропольский край (У)
ПФО	Республика Башкортостан (У), Нижегородская область (У), Саратовская область (У)
УФО	Свердловская область (У)
СФО	Алтайский край (У), Новосибирская область (У), Омская область (У)
ДВФО	Еврейская автономная область (В)
Всего: 15 регионов с убывающим эффектом масштаба; 1 регион с возрастающим эффектом масштаба	

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 4
Коэффициенты эффективности для неэффективных регионов с возрастающим эффектом масштаба по модели ВСС

Table 4
Efficiency factors for inefficient regions with an increasing scale effect according to the Banker–Charnes–Cooper (BCC) model

Регион	Коэффициент эффективности
Республика Марий Эл	0,86
Ярославская область	0,85
Республика Хакасия	0,8
Смоленская область	0,8
Камчатский край	0,69
Псковская область	0,51
Республика Карелия	0,49
Карачаево-Черкесская Республика	0,44
Магаданская область	0,4
Всего: 9 регионов	

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 5

Коэффициенты эффективности для неэффективных регионов с убывающим эффектом масштаба по модели ВСС

Table 5

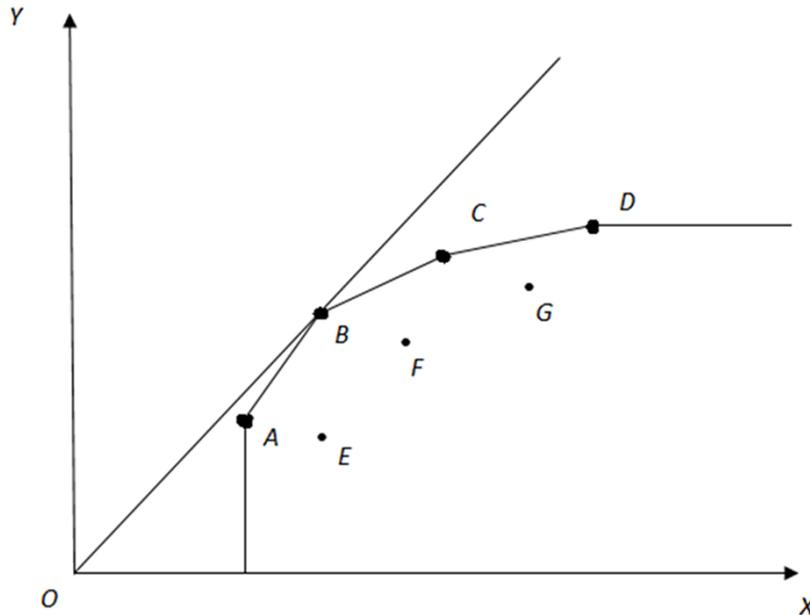
Efficiency factors for inefficient regions with a decreasing scale effect according to the *Banker–Charnes–Cooper* (ВСС) model

Регион	Коэффициент эффективности
Тамбовская область	0,94
Удмуртская Республика	0,93
Пензенская область	0,87
Ульяновская область	0,86
Амурская область	0,8
Новгородская область	0,8
Липецкая область	0,78
Краснодарский край	0,76
Ивановская область	0,76
Иркутская область	0,75
Самарская область	0,74
Белгородская область	0,73
Красноярский край	0,71
Ленинградская область	0,71
Мурманская область	0,71
Челябинская область	0,68
Хабаровский край	0,67
Кировская область	0,67
Тверская область	0,67
Рязанская область	0,66
Волгоградская область	0,66
Забайкальский край	0,64
Кемеровская область	0,58
Вологодская область	0,58
Архангельская область	0,55
Костромская область	0,54
Тульская область	0,54
Приморский край	0,54
Пермский край	0,49
Республика Бурятия	0,46
Республика Северная Осетия – Алания	0,45
Оренбургская область	0,42
Всего: 32 региона	

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Рисунок 1
Границы эффективности в моделях ССР и ВСС
Figure 1
The CCR and BCC models efficient frontiers



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Список литературы

1. Бельтюкова С.М. Теоретические аспекты к пониманию дефиниций «устойчивость», «устойчивое развитие» и «устойчивое развитие региона» // Экономика и предпринимательство. 2015. № 5-1. С. 232–234.
2. Van der Hel S., Biermann F. The Authority of Science in Sustainability Governance: A Structured Comparison of Six Science Institutions Engaged with the Sustainable Development Goals. *Environmental Science & Policy*, 2017, vol. 77, pp. 211–220. URL: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.03.008>
3. Oregi X., Pousse M., Mabe L. et al. Sustainability Assessment of Three Districts in the City of Donostia Through the NEST Simulation Tool. *Natural Resources Forum*, 2016, vol. 40, iss. 4, pp. 156–168. URL: <https://doi.org/10.1111/1477-8947.12104>
4. Ahvenniemi H., Huovila A., Pinto-Seppä I., Airaksinen M. What Are the Differences Between Sustainable and Smart Cities? *Cities*, 2017, vol. 60, part A, pp. 234–245. URL: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2016.09.009>
5. Haapio A. Towards Sustainable Urban Communities. *Environmental Impact Assessment Review*, 2012, vol. 32, iss. 1, pp. 165–169. URL: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2011.08.002>
6. Galli A., Đurović G., Hanscom L., Knežević Je. Think Globally, Act Locally: Implementing the Sustainable Development Goals in Montenegro. *Environmental Science & Policy*, 2018, vol. 84, pp. 159–169. URL: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.03.012>

7. Dhahri S., Omri A. Entrepreneurship Contribution to the Three Pillars of Sustainable Development: What Does the Evidence Really Say? *World Development*, 2018, vol. 106, pp. 64–77. URL: <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2018.01.008>
8. Moldan B., Janousková S., Hak T. How to Understand and Measure Environmental Sustainability: Indicators and Targets. *Ecology Indicators*, 2012, vol. 17, pp. 4–13. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.04.033>
9. Dahl A.L. Achievements and Gaps in Indicators for Sustainability. *Ecology Indicators*, 2012, vol. 17, pp. 14–19. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.04.032>
10. Hak T., Janousková S., Moldan B. Sustainable Development Goals: A Need for Relevant Indicators. *Ecology Indicators*, 2016, vol. 60, pp. 565–573. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.08.003>
11. Yan Y., Wang C., Quan Y. et al. Urban Sustainable Development Efficiency towards the Balance between Nature and Human Well-Being: Connotation, Measurement, and Assessment. *Journal of Cleaner Production*, 2018, vol. 178, pp. 67–75. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.013>
12. Ратнер С.В. Задачи оптимизации траекторий развития региональных экономических систем по экологическим параметрам // Друкеровский вестник. 2016. № 2. С. 30–41.
13. Ратнер С.В. Сетевой анализ среды функционирования в задачах регионального экологического менеджмента // Проблемы управления. 2016. № 6. С. 35–46.
14. Сальникова А.А. Оптимизация регионального эколого-экономического планирования с использованием анализа среды функционирования // Региональная экономика: теория и практика. 2017. Т. 15. № 10. С. 1959–1974. URL: <https://doi.org/10.24891/re.15.10.1959>
15. Порунов А.Н. Оценка сравнительной эффективности государственного менеджмента экологической безопасности в регионе методом ДЕА-анализа (на примере Приволжского федерального округа) // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и экологический менеджмент». 2016. № 1. С. 104–111. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/otsenka-sravnitelnoy-effektivnosti-gosudarstvennogo-menedzhmenta-ekologicheskoy-bezopasnosti-v-regione-metodom-dea-analiza-na-primere>
16. Кривоножко В.Е., Лычев А.В. Моделирование и анализ деятельности сложных систем. М.: ЛЕНАНД, 2013. 256 с.
17. Banker R.D., Charnes A., Cooper W.W. Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 1984, vol. 30, no. 9, pp. 1078–1092. URL: https://www.jstor.org/stable/2631725?origin=JSTOR-pdf&seq=1#page_thumbnails_tab_contents
18. Nilsson M., Griggs D., Visbeck M. Policy: Map the Interactions between Sustainable Development Goals. *Nature*, 2016, vol. 534, iss. 7607, pp. 320–322. URL: <https://doi.org/10.1038/534320a>
19. Annan-Diab F., Molinari C. Interdisciplinarity: Practical Approach to Advancing Education for Sustainability and for the Sustainable Development Goals. *The International Journal of Management Education*, 2017, vol. 15, iss. 2, part B, pp. 73–83. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2017.03.006>

20. Caiado R.G.G., de Freitas Dias R., Mattos L.V. et al. Towards Sustainable Development through the Perspective of Eco-Efficiency – A Systematic Literature Review. *Journal of Cleaner Production*, 2017, vol. 165, pp. 890–904. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.166>
21. Broman G.I., Robèrt K.-H. A Framework for Strategic Sustainable Development. *Journal of Cleaner Production*, 2017, vol. 140, part 1, pp. 17–31. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.10.121>
22. Sueyoshi T., Yuan Y., Goto M. A Literature Study for DEA Applied to Energy and Environment. *Energy Economics*, 2017, vol. 62, iss. C, pp. 104–124. URL: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2016.11.006>

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.

ASSESSMENT OF CONFORMITY OF A REGION'S ECONOMIC GROWTH MODEL TO THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT PRINCIPLES THROUGH THE METHOD OF NON-PARAMETRIC OPTIMIZATION

Svetlana V. RATNER^{a,*}, Valerii V. IOSIFOV^b

^a V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

lanaratner@ipu.ru

ORCID: not available

^b Kuban State Technological University, Krasnodar, Russian Federation

iosifov_v@mail.ru

ORCID: not available

* Corresponding author

Article history:

Received 4 July 2018

Received in revised form

30 July 2018

Accepted 6 August 2018

Available online

14 September 2018

JEL classification: O44, Q01

Keywords: eco-economic efficiency, strategy, economic development, model, Data Envelopment Analysis

Abstract

Subject This article discusses the issues of measuring the degree of sustainability of economic systems development.

Objectives The article aims to develop a method of assessing the conformity of a region's economic growth model to the basic principles of sustainable development based on mathematical models of non-parametric optimization.

Methods For the study, we used a DEA technique taking into account the environmental aspect of the problem.

Results The calculation based on the statistics for 2014 identifies the regions with the optimal model of development and optimum impact on the environment, regions with economic growth potential, and the regions inefficiently using natural resources and approaching a large-scale environmental crisis.

Conclusions and Relevance The solution of the problem of environmental data envelopment analysis enables to rank regions according to the degree of ecological and economic efficiency, determine how the region's economic development model corresponds to the basic principles of sustainable development concept, and it promotes the use of the best available technologies. The proposed approach to the assessment of models of economic growth of regions can be used in the regional ecological management and at the industry branch level, when decision-making about spatial placing of production capacities.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2018

Please cite this article as: Ratner S.V., Iosifov V.V. Assessment of Conformity of a Region's Economic Growth Model to the Sustainable Development Principles Through the Method of Non-Parametric Optimization. *Regional Economics: Theory and Practice*, 2018, vol. 16, iss. 9, pp. 1749–1765.

<https://doi.org/10.24891/re.16.9.1749>

Acknowledgments

The study was supported by the Russian Foundation for Basic Research, project № 16-06-00147 on *Development of DEA Models to Optimize the Trajectories of Regional Economic Systems Development Through Ecological Parameters*.

References

1. Bel'tyukova S.M. [Theoretical aspects to understanding the definitions of "stability", "sustainable development" and "sustainable development of the region"]. *Ekonomika i predprinimatel'stvo = Journal of Economy and Entrepreneurship*, 2015, no. 5-1, pp. 232–234. (In Russ.)

2. Van der Hel S., Biermann F. The Authority of Science in Sustainability Governance: A Structured Comparison of Six Science Institutions Engaged with the Sustainable Development Goals. *Environmental Science & Policy*, 2017, vol. 77, pp. 211–220.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.03.008>
3. Oregi X., Pousse M., Mabe L. et al. Sustainability Assessment of Three Districts in the City of Donostia Through the NEST Simulation Tool. *Natural Resources Forum*, 2016, vol. 40, iss. 4, pp. 156–168. URL: <https://doi.org/10.1111/1477-8947.12104>
4. Ahvenniemi H., Huovila A., Pinto-Seppä I., Airaksinen M. What Are the Differences Between Sustainable and Smart Cities? *Cities*, 2017, vol. 60, part A, pp. 234–245.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2016.09.009>
5. Haapio A. Towards Sustainable Urban Communities. *Environmental Impact Assessment Review*, 2012, vol. 32, iss. 1, pp. 165–169. URL: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2011.08.002>
6. Galli A., Durović G., Hanscom L., Knežević Je. Think Globally, Act Locally: Implementing the Sustainable Development Goals in Montenegro. *Environmental Science & Policy*, 2018, vol. 84, pp. 159–169. URL: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.03.012>
7. Dhahri S., Omri A. Entrepreneurship Contribution to the Three Pillars of Sustainable Development: What Does the Evidence Really Say? *World Development*, 2018, vol. 106, pp. 64–77. URL: <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2018.01.008>
8. Moldan B., Janousková S., Hak T. How to Understand and Measure Environmental Sustainability: Indicators and Targets. *Ecology Indicators*, 2012, vol. 17, pp. 4–13.
URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.04.033>
9. Dahl A.L. Achievements and Gaps in Indicators for Sustainability. *Ecology Indicators*, 2012, vol. 17, pp. 14–19. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.04.032>
10. Hak T., Janousková S., Moldan B. Sustainable Development Goals: A Need for Relevant Indicators. *Ecology Indicators*, 2016, vol. 60, pp. 565–573.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.08.003>
11. Yan Y., Wang C., Quan Y. et al. Urban Sustainable Development Efficiency towards the Balance between Nature and Human Well-Being: Connotation, Measurement, and Assessment. *Journal of Cleaner Production*, 2018, vol. 178, pp. 67–75.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.013>
12. Ratner S.V. [The problem of optimizing development of regional economic systems on ecologic parameters]. *Drukerovskii vestnik*, 2016, no. 2, pp. 30–41. (In Russ.)
13. Ratner S.V. [Network data envelopment analysis in regional environmental management problems]. *Problemy upravleniya = Control Science*, 2016, no. 6, pp. 35–46. (In Russ.)
14. Sal'nikova A.A. [Optimizing regional ecological-and-economic planning using a data envelopment analysis]. *Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika = Regional Economics: Theory and Practice*, 2017, vol. 15, iss. 10, pp. 1959–1974. (In Russ.)
URL: <https://doi.org/10.24891/re.15.10.1959>

15. Porunov A.N. [The comparative effectiveness of public management environmental security in the region by DEA-analysis (for example Volga Federal District)]. *Nauchnyi zhurnal NIU ITMO. Seriya Ekonomika i ekologicheskii menedzhment = Scientific Journal NRU ITMO. Series Economics and Environmental Management*, 2016, no. 1, pp. 104–111.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/otsenka-sravnitelnoy-effektivnosti-gosudarstvennogo-menedzhmenta-ekologicheskoy-bezopasnosti-v-regione-metodom-dea-analiza-na-primere>
(In Russ.)
16. Krivonozhko V.E., Lychev A.V. *Modelirovanie i analiz deyatel'nosti slozhnykh sistem* [Modeling and analysis of complex systems]. Moscow, LENAND Publ., 2013, 256 p.
17. Banker R.D., Charnes A., Cooper W.W. Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 1984, vol. 30, no. 9, pp. 1078–1092. URL: https://www.jstor.org/stable/2631725?origin=JSTOR-pdf&seq=1#page_thumbnails_tab_contents
18. Nilsson M., Griggs D., Visbeck M. Policy: Map the Interactions between Sustainable Development Goals. *Nature*, 2016, vol. 534, iss. 7607, pp. 320–322. URL: <https://doi.org/10.1038/534320a>
19. Annan-Diab F., Molinari C. Interdisciplinarity: Practical Approach to Advancing Education for Sustainability and for the Sustainable Development Goals. *The International Journal of Management Education*, 2017, vol. 15, iss. 2, part B, pp. 73–83.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2017.03.006>
20. Caiado R.G.G., de Freitas Dias R., Mattos L.V. et al. Towards Sustainable Development through the Perspective of Eco-Efficiency – A Systematic Literature Review. *Journal of Cleaner Production*, 2017, vol. 165, pp. 890–904. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.166>
21. Broman G.I., Robèrt K.-H. A Framework for Strategic Sustainable Development. *Journal of Cleaner Production*, 2017, vol. 140, part 1, pp. 17–31.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.10.121>
22. Sueyoshi T., Yuan Y., Goto M. A Literature Study for DEA Applied to Energy and Environment. *Energy Economics*, 2017, vol. 62, iss. C, pp. 104–124.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2016.11.006>

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.