

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ЕСТЕСТВЕННЫХ ЭТАЛОННЫХ ГРАНИЦ ЭФФЕКТИВНОСТИ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ РЕГИОНАЛЬНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА

Ратнер С.В., Ковалев А.О.

*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65*

lanarat@ipu.ru, andkovalyo@yandex.ru

Аннотация: Работа посвящена развитию методологии экологического анализа среды функционирования в части преодоления ограничений, связанных с возможной не репрезентативностью референтного множества производственных объектов. В задачах регионального экологического менеджмента отсутствие в референтном множестве объектов, использующих наилучшие доступные технологии во всех или, как минимум, в большинстве секторов экономики, приводит к неверному целеполаганию и заведомому занижению целевых показателей региональных экологических программ и проектов. Приводится численный пример, иллюстрирующий данную проблему. В качестве способа преодоления данного ограничения в работе предлагается использование метода естественных эталонных границ.

Ключевые слова: эко-эффективность, экологический менеджмент, устойчивое развитие регионов.

Введение

Анализ среды функционирования (англоязычное название Data Envelopment Analysis, сокращенно DEA) в настоящее время является хорошо развитой методологией оценки сравнительной эффективности производственной деятельности множества однородных объектов (экономических систем), и применяется для решения широкого спектра прикладных задач экономики и менеджмента. Как правило, в качестве входов модели DEA рассматриваются различные виды ресурсов, потребляемых экономическим агентом (или системой) в процессе производственной деятельности, а в качестве выходов — объемы произведенной полезной продукции различных видов [1]. Эффективность объекта (системы) рассчитывается на основе статистических данных о его входах и выходах, а также на основе данных о входах и выходах других экономических агентов, входящих в референтное множество.

В последнее десятилетие интенсивное развитие получило направление DEA, в котором в качестве выходов производственного объекта рассматривается не только полезная продукция, но неизбежные негативные экологические эффекты любого производственного процесса [2]. Такой подход, получивший в литературе название экологического DEA или E-DEA, позволяет оценивать эффективность производственных объектов не только с точки зрения экономики, но и с экологической точки зрения [3-5] и вводить понятие эко-эффективности производственного объекта (системы). При таком подходе эко-эффективный объект – это тот объект из референтного множества, который производит наибольшие объемы полезной продукции с наименьшей нагрузкой на окружающую среду. На практике это может быть свидетельством того, что на данном производственном объекте используются наилучшие доступные технологии, а также внедрены различные организационные эко-инновации, обеспечивающие высокое качество экологического менеджмента. В случае, если все наблюдаемые экономические объекты используют одни и те же производственные технологии, более высокое значение эффективности может свидетельствовать о более зрелой системе экологического менеджмента на предприятии.

E-DEA также позволяет рассматривать нежелательные выходы (негативные экологические эффекты) как единственные входы модели, что значительно упрощает расчеты и интерпретацию результатов. В предыдущих работах авторов рассматривалось несколько постановок задач E-DEA в приложении к проблемам экологического менеджмента на уровне региона. С практической точки зрения особый интерес в них представляет не столько расчет меры эко-эффективности региона, сколько расчет целевых параметров входов (или выходов) неэффективных объектов, по достижении которых они могут стать эффективными [6-7]. Расчет таких целевых параметров осуществляется посредством проецирования точки, представляющей собой неэффективный объект, на границу эффективности. Знание целевых параметров по сокращению входов (или увеличению выходов, в зависимости от ориентации модели) представляет особый интерес для менеджмента неэффективных регионов, так как позволяет правильно выстроить программы стратегического развития, экологические программы и проекты.

Однако одним из ограничений методологии DEA, оказывающих существенное влияние на корректный выбор целевых параметров стратегического экологического менеджмента на

региональном уровне, является тот факт, что эко-эффективность региона определяется на основе данных о других объектах (регионах), т. е. на основе данных референтного множества. Чем шире референтное множество и чем выше вероятность того, что в него попали наиболее эко-эффективные объекты из всех возможных, тем более адекватной будет оценка эко-эффективности деятельности каждого отдельного объекта и, как следствие, тем точнее будут его цели по достижению эко-эффективности. И наоборот, если в референтное множество не включены эко-эффективные объекты (регионы), то целевые параметры региональных программ экологического менеджмента окажутся заведомо заниженными. Данная особенность задач DEA ранее уже детально изучалась в работах ряда зарубежных авторов в приложении к задачам оценки потенциальных последствий сделок по слияниям и поглощениям [8] и формирования горизонтальных межфирменных сетей обмена информацией [9]. Постановка задачи E-DEA для оценки целевых параметров экологического менеджмента на уровне региона проводится в данной работе впервые.

1 Постановка задачи E-DEA для определения целевых параметров экологического менеджмента на уровне региона

Постановка задачи экологического анализа среды функционирования, может быть записана следующим образом:

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

при ограничениях

$$\begin{aligned} \sum_{m=1}^M u_m y_{mk} - \sum_{n=1}^N v_n x_{nk} &\leq 0 \quad k=1,2,\dots,K, \\ \sum_{n=1}^N v_n x_{n0} &= 1, \\ u_m, v_n &\geq 0 \quad m=1,2,\dots,M \quad n=1,2,\dots,N \end{aligned} \quad (2)$$

где 0 – индекс объекта (региона), для которого решается задача оптимизации;

X – вектор входов размерности N , в качестве которых рассматриваются показатели негативного воздействия на окружающую среду экономики и жилищно-коммунального комплекса региона;

Y – вектор выходов размерности M , в качестве которых рассматриваются валовый региональный продукт (как положительный результат экономической активности) и количество населения в регионе (как показатель развития социальной сферы);

K – количество объектов (регионов).

В данной модели ищется возможность пропорционального сокращения входов без сокращения выходов (ориентация по входу) либо возможность пропорционального увеличения выходов без увеличения входов. Множеством производственных возможностей модели называется множество наборов векторов (X, Y) , для которых:

$$\sum_{j=1}^n X_j \lambda_j \leq X, \quad \sum_{j=1}^n Y_j \lambda_j \geq Y, \quad \lambda_j \geq 0, \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad j=1,\dots,n$$

Оптимальным решением будет такой набор весовых коэффициентов при входах и выходах, при котором отношение взвешенной суммы выходов к взвешенной сумме входов (обозначим его через h) будет максимальной для всех объектов (регионов). Данное отношение является мерой эффективности и всегда лежит в интервале от 0 до 1. Эффективные объекты, у которых значение меры эффективности равно 1, формируют границу эффективности – выпуклую оболочку в пространстве входов-выходов (X, Y) . Объекты, значения коэффициентов эффективности которых оказались меньше единицы, посредством пропорционального сокращения входов могут приблизиться к границе эффективности.

Обозначим через

$$x_{ij}^{t \arg et} = h_j x_{ij}$$

значение целевого параметра i -го входа (показателя негативного воздействия экономики региона на окружающую среду) для j -го производственного объекта (региона), т. е. такого значения входа, при котором объект достигает границы эффективности. Заметим, что для эффективных объектов

значения целевых параметров будут совпадать с реальными значениями входов, а для неэффективных объектов целевые параметры будут меньше реальных.

В такой постановке решением задачи будет множество значений меры эффективности объектов, которые являются относительными. В реальности, объекты, которые формируют границу эффективности (регионы), также могут улучшить свои показатели. Для этого необходимо сформировать эталонную границу эффективности – естественную или искусственную [10].

При использовании естественных эталонных границ эффективности X и Y формируются на основе показателей реальных объектов, которые, по мнению исследователя (аналитика/менеджера), могут быть выбраны эталонами для группы оцениваемых объектов. При этом выбор эталонных объектов должен быть тщательно обоснован. При использовании искусственных эталонных границ эффективности эталонные объекты нужно не выбрать, а сформировать с привлечением экспертов.

2 Обоснование выбора эталонных объектов для задачи оценки эко-эффективности регионов России

Для обоснования выбора эталонных объектов, формирующих естественную границу эффективности в задаче оценки эко-эффективности регионов России сначала решим (1) – (2) на референтном множестве стран Евросоюза (как множества стран, заведомо включающем более эко-эффективные экономики, чем российская). Будем рассматривать в качестве входов и выходов наборы показателей, приведенные в табл. 1. Заметим, что вопросы выбора экологических показателей для оценки эко-эффективности отдельных территорий подробно обсуждались в работах [6, 7]. В настоящем примере выбор показателей обусловлен, прежде всего, их доступностью в открытых статистических источниках и сопоставимостью единиц измерения, используемых в европейской и российской статистике.

Таблица 1. Входы и выходы модели оценки эко-эффективности экономик стран ЕС (включая страны-кандидаты)

Входы	Выходы
Выбросы в атмосферу мелкодисперсных взвешенных частиц (PM2.5), тонн	Валовый внутренний продукт, млн. евро
Выбросы в атмосферу оксида серы, тонн	Количество населения, млн. человек
Выбросы в атмосферу оксида азота, тонн	
Выбросы в атмосферу парниковых газов, CO ₂ – экв., тонн	
Образование отходов производства и потребления, тонн	
Сточные воды, тыс. куб. м	

Результаты решения задачи (1) – (2) по набору входов - выходов табл. 1 и временному периоду 2013-2015 гг. представлены в табл. 2.

Таблица 2. Коэффициенты эко-эффективности стран ЕС (включая страны-кандидаты) и России

Страна	Коэффициент эко-эффективности		
	2013	2014	2015
Бельгия	0,571	0,601	0,586
Болгария	0,735	0,707	0,657
Чехия	0,975	0,996	1,000
Дания	1,000	1,000	1,000
Германия	0,622	0,638	0,648
Эстония	0,349	0,359	0,417
Ирландия	0,916	0,908	0,942
Испания	0,847	0,850	0,827
Франция	0,768	0,850	0,851
Хорватия	1,000	1,000	1,000
Кипр	0,966	1,000	0,979
Латвия	1,000	0,998	0,999
Литва	0,815	0,963	0,913
Люксембург	1,000	1,000	1,000
Венгрия	0,966	0,968	0,936
Мальта	0,967	0,979	1,000

Страна	Коэффициент эко-эффективности		
	2013	2014	2015
Нидерланды	0,999	1,000	1,000
Польша	0,554	0,570	0,566
Румыния	0,978	0,975	0,961
Словения	0,652	0,719	0,732
Словакия	0,968	1,000	1,000
Финляндия	0,490	0,529	0,557
Швеция	0,970	1,000	1,000
Великобритания	0,964	1,000	1,000
Исландия	0,915	0,977	0,966
Швейцария	0,980	1,000	1,000
Турция	1,000	1,000	0,984
Россия	0,323	0,322	0,328

Как видно из результатов расчетов, показатели эко-эффективности России являются самыми низкими на протяжении всего анализируемого периода по сравнению со странами ЕС. Поэтому использование стран ЕС в качестве эталонных объектов для формирования границы эффективности в задаче для российских регионов вполне целесообразно. При этом отбор эталонных объектов для включения в референтное множество может быть осуществлен несколькими способами, исходя из следующих соображений: 1) в качестве эталонных объектов могут использоваться страны с наиболее высокими показателями эко-эффективности (как видно из табл. 2, самые высокие показатели эффективности демонстрируют Дания, Хорватия и Люксембург); 2) как эталонные объекты могут использовать страны с высокими и средними показателями эко-эффективности и со схожими природно-климатическими условиями (например, Швеция и Финляндия как страны с более холодным климатом); 3) референтное множество может включать все страны ЕС.

В численно примере, результаты которого представлены в следующем параграфе, нами был использован третий подход – все страны ЕС, по которым имеются необходимые статистические показатели, включены в выборку.

3 Расчет целевых показателей эко-эффективности для регионов России

Далее в работе задача (1) – (2) была решена по набору входов и выходов, представленных в табл. 1, для российских регионов. Таким образом, референтное множество включало 80 объектов, советующих регионам России и 28 эталонных объектов, соответствующих странам ЕС. Результаты расчетов целевых параметров входов (значений показателей негативного воздействия экономики на окружающую среду), полученные без использования эталонных объектов и с использованием эталонных объектов представлены в табл. 3-4. В виду ограничений по объему статьи в таблицах представлены результаты только для некоторых регионов РФ.

Таблица 3. Целевые параметры эко-эффективности регионов России, рассчитанные по референтному множеству без эталонных объектов

Регион	Целевые параметры					
	PM2.5	SO2	NOx	CO2	Отходы	Сточные воды
Краснодарский край	36805,47	19599,11	127370,12	56100,90	149228281,94	2610,64
Ростовская область	1252,52	3380,91	4632,79	2935,18	1408442,02	43,82
Волгоградская область	17762,72	9653,98	37128,03	16438,13	4630144,63	479,04
Астраханская область	1483,97	797,70	3511,21	1960,20	484601,77	63,97

Таблица 4. Целевые параметры эко-эффективности регионов России, рассчитанные по референтному множеству с эталонными объектами

Регион	Целевые параметры					
	PM2.5	SO2	NOx	CO2	Отходы	Сточные воды
Краснодарский край	24659,66	13131,4	85337,98	37587,6	99982949	1749,129
Ростовская область	939,39	2535,683	3474,593	2201,385	1056332	32,865
Волгоградская область	14565,43	7916,264	30444,98	13479,27	3796719	392,8128
Астраханская область	1098,138	590,298	2598,295	1450,548	358605,3	47,3378

Сравнивая результаты, представленные в табл. 3 и 4, можно сделать вывод, что целевые показатели негативных экологических эффектов, рассчитанные по методу естественных эталонных границ в среднем на 25% ниже, чем целевые показатели, рассчитанные по «традиционной» модели экологического анализа среды функционирования.

Заключение

В данной работе предложен новый подход к решению задач сравнительной оценки эко-эффективности региональных социально-экономических систем экологического менеджмента с на основе использования метода естественных эталонных границ. Показано, что введение в референтное множество обоснованных эталонных объектов позволяет повысить точность расчета целевых показателей негативного воздействия на окружающую среду, достижение которых обеспечивает повышение эко-эффективности региона. С вычислительной точки зрения усложнение алгоритма решения заключается в введении дополнительного этапа, который является предварительным решением еще одной задачи оценки сравнительной эко-эффективности экономических систем, позволяющим убедиться в том, что эталонные объекты имеют более высокую эко-эффективность, чем средняя эко-эффективность исследуемого множества объектов.

Литература

1. Banker R.D., Charnes A., Cooper W.W. Some models for estimating technical and scale inefficiency in data envelopment analysis // Management Sciences, 1984, vol. 30, pp. 1078-1092.
2. Chung Y. H., Fare R., Grosskopf S. Productivity and undesirable outputs: A directional distance function approach // Journal of Environmental Management, 1997, No. 51. P. 229-240.
3. Zhang J., Zeng W., Shi H. Regional environmental efficiency in China: analysis based on a regional slack-based measure with environmental undesirable outputs // Ecological Indicators, 2016, vol. 71, pp. 218–228.
4. Huang J., Xia J., Yu Y., Zhang N. Composite eco-efficiency indicators for China based on data envelopment analysis // Ecological Indicators, 2018, vol. 85, pp. 674-697.
5. Burnett R. D., & Hansen D. R. Eco-efficiency: Defining a role for environmental cost management // Accounting, Organizations and Society, 2008, 33(6), pp. 551–581.
6. Ratner S., Ratner P. DEA-based Dynamic Assessment of Regional Environmental Efficiency // Applied Computer Science, 2017, vol.13, No.2, pp. 48-60.
7. Ratner S., Zaretskaya M. Evaluating efficiency of Russian regional environmental management systems // Quality: Access to Success, 2020, vol.21, No.175. P.120-125
8. Lozano S., Villa G. DEA-based pre-merger planning tool // Journal of the Operational Research Society. 2010. No. 61. P. 1485-1497.
9. Lozano S. Information sharing in DEA: A cooperative game theory approach // European Journal of Operational Research, 2012, № 222. P. 558-565
10. Моргунова О. Н. Экспертные методы формирования искусственных границ эффективности // Научное обозрение. – 2006. – № 5. – С. 61–65.