

## ОПТИМИЗАЦИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АНАЛИЗА СРЕДЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ\*

Анастасия Анатольевна САЛЬНИКОВА

преподаватель кафедры аналитической химии,  
Кубанский государственный университет, Краснодар, Российская Федерация  
salnikova.anastasia89@gmail.com

### История статьи:

Получена 19.09.2017  
Получена в доработанном  
виде 28.09.2017  
Одобрена 10.10.2017  
Доступна онлайн 16.10.2017

УДК 338.2

JEL: O44, Q01

**Ключевые слова:** анализ  
среды функционирования,  
эколого-экономическая  
эффективность,  
экологический менеджмент,  
региональное планирование

### Аннотация

**Предмет.** В последнее время все более актуальной задачей становится оценка эффективности функционирования социально-экономических систем не только по экономическим, но и по экологическим параметрам. Сохранение баланса экономических и экологических приоритетов развития является важной научно-практической проблемой, требующей применения специальных математических методов оценки и выбора оптимальных параметров функционирования региональных социо-экономических систем.

**Цели.** Анализ экологических и экономических параметров регионов Российской Федерации, вносящих наибольший вклад в эколого-экономическую эффективность, выявление наиболее и наименее эффективных регионов, а также соотношение полученных результатов с приоритетами локальных экологических и промышленных стратегий регионов.

**Методология.** Для построения моделей в целях определения эффективности регионов использовался метод анализа среды функционирования, разделенный на два этапа, затем был произведен качественный анализ эколого- и промышленно ориентированной политики Магаданской области как самого неэффективного региона по результатам моделирования.

**Результаты.** Выявлено, что моделирование с использованием анализа среды функционирования позволит регионам гармонизировать индикаторы и контрольные показатели стратегических целей и идентифицировать те негативные экологические эффекты, нивелируя которые, субъект сможет стать максимально эффективным, при этом не придавая благоприятным экономическим эффектам негативной динамики. Помимо этого, даны рекомендации для дальнейшего совершенствования используемого метода при решении задач эколого-экономической направленности.

**Выводы.** Результаты моделирования с использованием анализа среды функционирования могут стать средством измерения степени устойчивого развития в рамках экономики региона, а также одним из способов решения существующей проблемы размытого стратегического целеполагания в рамках экологического менеджмента.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2017

**Для цитирования:** 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.  
<https://doi.org/10.24891/re.15.10.1959>

В последнее время все более актуальной задачей становится оценка эффективности функционирования социально-экономических систем не только по экономическим, но и по экологическим параметрам. Неконтролируемое развитие «грязных» и ресурсоемких производств в краткосрочной и среднесрочной

перспективе может приносить существенную коммерческую выгоду, однако в долгосрочной перспективе чревато обострением экологических проблем, истощением природных ресурсов, ухудшением качества жизни населения и в итоге – деградацией потенциала, обеспечивающего экономический рост.

Сохранение баланса экономических и экологических приоритетов развития

\* 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».

является важной научно-практической задачей, привлекающей в течение последних десятилетий внимание множества отечественных и зарубежных ученых, требующей применения специальных математических методов оценки и выбора оптимальных параметров функционирования региональных социально-экономических систем.

В случае решения задач оценки эффективности отдельных экономических агентов в современной научной литературе часто используются методы, основанные на методологии «затраты – выпуск» или методологии функционально-стоимостного анализа [1]. Кроме того, в последнее время в литературе получил широкое распространение метод непараметрической оптимизации, который называется анализ среды функционирования (Data Envelopment Analysis, DEA). Его основное преимущество заключается в том, что он позволяет оценивать эффективность функционирования экономического объекта только по набору его входов (потребляемых ресурсов) и выходов (производимой полезной продукции) на основе статистических данных без необходимости описания причинно-следственных связей между входами и выходами.

В зарубежной литературе DEA приобрел популярность как методология оценки эффективности банков [2–5], исследований университетов [6], выявления излишков или дефицитов в производстве и др. В работе [7] автор впервые предложил непараметрический метод вычисления относительной эффективности принятия решений на основе набора DMU (decision making units) – производственных объектов. Два десятилетия спустя А. Чарнс, У. Купер и Е. Родес [8] предложили модель линейного программирования для оценки технической эффективности и технического прогресса. Впоследствии методология DEA широко использовалась для измерения энергоэффективности и

экологической эффективности на макроэкономическом уровне [9]. Кроме того, DEA также широко применяется для оценки эффективности не только отдельных экономических объектов, но и таких сложных систем с большим количеством явных и неявных связей между потребляемыми ресурсами и производимыми результатами, как региональные социально-экономические системы [10].

Адекватность получаемых результатов моделирования в соответствии с методологией DEA во многом зависит от правильного выбора той или иной разновидности базовых моделей DEA, которые можно разделить на две крупные категории: радиальные и нерадиальные модели. Радиальные модели часто называют CCR, потому что этот метод был предложен А. Чарнсом, В. Купером и Е. Родесом (A. Charnes, W.W. Cooper, E. Rhodes) [8], а BCC – нерадиальные – разработаны Р. Бэнкером, А. Чарнсом и У. Купером (R.D. Banker, A. Charnes, W.W. Cooper) [11].

Чтобы учесть возможность переменного эффекта масштаба, нужно к каждому входному параметру добавить весовое значение. Классификация наиболее используемых моделей DEA представлена в *табл. 1*.

С экономической точки зрения, использование моделей с переменным эффектом масштаба позволяет учесть такие важные закономерности, как эффект масштаба производства [12, 13], эффект обучения [14], эффект накопления критической массы, эффект насыщения рынка [15] и др. В настоящее время известные модели совершенствуются и дополняются. Например, представлена промежуточная модель DEA [16], динамическая модель [17], стохастическая модель [18], «метод окна» [19, 20] и др.

В модели с постоянным эффектом масштаба эффективность не может превышать единицы. Те объекты, для которых значение показателя эффективности оказалось равным единице, находятся на границе эффективности. Точки, соответствующие тем объектам, у которых показатель эффективности оказался меньше единицы, можно спроецировать на границу эффективности таким образом, что каждая из этих точек будет равна линейной комбинации. Линейная комбинация эталонных объектов образует гипотетический объект, находящийся на границе эффективности. Гипотетический объект был бы эффективным, если бы существовал в действительности. Но поскольку он не существует, то значения его переменных являются целью для реального (неэффективного) объекта. В результате для объектов со значением эффективности меньше единицы могут быть установлены цели, которые представляют собой сокращение входных факторов при сохранении выходных значений на прежнем уровне. Чем ближе точка, соответствующая данному объекту, к границе эффективности, тем выше ее мера эффективности.

В модели, ориентированной на вход, необходимо уменьшать значения входных параметров, сохраняя выходные, а в модели, ориентированной на выход, моделируются выходные, в то время как параметры на входе остаются неизменными.

Для оценки состояния окружающей среды используется эколого-ориентированный метод DEA, который предназначен для оценки достижения экономических эффектов наряду с охраной окружающей среды. Результат моделирования может стать измерением степени устойчивого развития, что является актуальной темой современных исследований ввиду неоднородности обуславливающих устойчивое развитие территорий факторов.

Рассмотрим модель, в которой в качестве производственных объектов выступают экономики регионов. В качестве входов классической модели CCR (input-oriented) будем рассматривать основные негативные экологические эффекты хозяйственной деятельности – выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, объемы образования сточных вод и объемы забора свежей воды из природных объектов (поверхностных и подземных). К выходам модели отнесем объем ВРП и население региона.

Каждая производственная система ищет возможность сокращения входов (объемов затрачиваемых ресурсов) без сокращения желательных выходов (экономического или социального результата). Регионы, которые при минимальном количестве затрачиваемых ресурсов и объеме негативных экологических эффектов производят максимальный экономический результат, признаются эффективными. Такая постановка задачи оценки комплексной эколого-экономической эффективности региональной экономической системы была впервые предложена в работе [10] и получила свое развитие в работах [21, 22]. В нашем исследовании результаты моделирования в соответствии с подходами, предложенными в данных работах, дополнены качественным анализом ситуации с развитием систем экологического менеджмента в регионах. Так как задачей настоящего моделирования является поиск возможности минимизации входов при сохранении выходов на прежнем уровне, это позволяет использовать нежелательные эффекты как входы в рамках задачи оптимизации, ориентированной по входам. Обоснованность такого подхода была продемонстрирована в работах [23, 24].

Моделирование разобьем на два этапа. На первом этапе задача DEA будет формулироваться следующим образом: определить регионы, в которых наибольший социально-экономический

эффект достигается при наименьших негативных воздействиях на природные объекты, то есть необходимо снизить значения входных параметров и сохранить выходные. На втором этапе значение каждого входного параметра в модели будет заменено на значение этого параметра, полученного на первом этапе моделирования, при этом параметры модели сохраняются (ориентированная на вход, с постоянным эффектом масштаба). Таким образом, узнаем, при уменьшении какого параметра получится максимально приблизиться к границе эффективности. Расчеты проведены в пакете прикладных программ MaxDEA 7.0 на исходных данных за 2010–2014 гг. взятых из статистического сборника «Регионы России. Социально-экономические показатели, 2014»<sup>1</sup>.

На первом этапе моделирования выявлены регионы, эколого-экономическая эффективность которых равна единице в течение пяти лет. Это Брянская область, Воронежская область, Калужская область, Курская область, Тамбовская область, Республика Дагестан, Республика Ингушетия, Республика Мордовия, Чувашская Республика, Тюменская область без автономных округов, Республика Алтай, Республика Тыва, Чукотский автономный округ. Наряду с эффективными регионами были выявлены и неэффективные, они представлены в *табл. 2*.

Как видно, наименее успешным регионом с точки зрения эколого-экономической эффективности на протяжении последних лет является Магаданская область, входящая в Дальневосточный федеральный округ.

Значение эффективности для Магаданской области разнится из года в год (*рис. 1*). Отчасти разброс показателей эффективности можно объяснить тем, что

показатели антропогенной нагрузки периодически детализируются, добавляются, методики их расчета уточняются. Например, с 2010 г. в ежегодных государственных докладах произведена дифференциация показателя объема сброса сточных вод в природные объекты, введен показатель потребления свежей воды в регионе, учитываются способы обращения с отходами (переработка, захоронение), введены показатели климатических изменений и т.д. Это позволяет учитывать больше экологических аспектов при оценке эколого-экономической эффективности регионов, однако ограничивает период наблюдения отрезками, на которых система статистического учета не претерпевала существенных изменений [9].

Помимо значений мер эффективности к основным результатам расчетов еще следует отнести значения целевых параметров каждого входа (в случае ориентированной по входу задачи). В используемом программном продукте – это значение Projection для каждого входа. Данное значение – это такое значение входа производственного объекта, при котором объект становится эффективным.

Для эффективных производственных объектов значения целевых параметров равны соответствующим значениям входов, для неэффективных – они всегда меньше реальных входов. Разница между целевым параметром и реальным значением первого входа – это Proportional Movement. Также приводятся значения сдвиговых переменных (Slack Movement), которые либо равны нулю, либо равны значению Proportional Movement, в зависимости от того, какое направление движения к границе эффективности (эталонному объекту) выбрано программой в качестве оптимального.

В *табл. 3* представлены данные эффективности Магаданской области, если каждый входной параметр заменяется на

<sup>1</sup> Регионы России. Социально-экономические показатели. 2014: стат. сб. М.: Росстат, 2014. 900 с.

значение, полученное на первом этапе моделирования.

Если скорректировать всего один показатель «выбросы от автомобилей, тыс. т» в сторону уменьшения, можно максимально приблизить данный регион к наиболее эффективному.

Теперь рассмотрим значения Projection для каждого входа, то есть необходимый уровень снижения негативных эффектов (в соответствующих единицах измерения), при достижении которого производственный объект становится максимально приближен к границе эффективности.

Результаты представлены в *табл. 4, 5*.

Так как метод DEA позволяет определять относительную эффективность объектов (они сравниваются между собой) и представляет собой математическое выражение оценки эффективности функционирования социально-экономических систем, необходимо проводить параллельный качественный анализ исследуемых объектов [25].

В данном случае качественный анализ будет представлять собой обзор эколого- и экономически ориентированных стратегий региона. Актуальными в заявленный период исследования были областная целевая программа «Экологическая безопасность и охрана окружающей среды Магаданской области» на 2009–2015 годы и Стратегия социального и экономического развития Магаданской области на период до 2025 года<sup>2</sup>.

В данном случае качественный анализ будет представлять собой обзор эколого- и экономически ориентированных стратегий региона. Актуальными в заявленный

период исследования были областная целевая программа «Экологическая безопасность и охрана окружающей среды Магаданской области на 2009–2015 годы» и Стратегия социального и экономического развития Магаданской области на период до 2025 года.

В *табл. 6* представлены результаты качественного анализа областной целевой программы «Экологическая безопасность и охрана окружающей среды Магаданской области» на 2009–2015 годы в разрезе актуальных для региона проблем, поставленных задач и запланированных мероприятий по их достижению. Видно, что идентифицирована проблема неблагоприятного состояния атмосферного воздуха, но для ее решения не предусмотрено задач и мероприятий. Согласно проведенному моделированию DEA, количественное уменьшение именно этого параметра позволило бы Магаданской области максимально приблизиться к границе эффективности.

Что касается Стратегии социального и экономического развития Магаданской области на период до 2025 года, то ни среди стратегических целей, ни среди индикаторов их достижения нет эколого-ориентированных.

Также обзор индикаторов и контрольных показателей стратегических целей региона свидетельствует об их разрозненности и неоднородности. В таком случае применение DEA-моделирования на существующих экологических и экономических показателях позволит вычислить агрегированный показатель для исследуемого объекта в терминах использования входных факторов для производства желаемых выходных продуктов.

Помимо этого, достоинствами использования метода DEA являются:

<sup>2</sup> Об областной целевой программе «Экологическая безопасность и охрана окружающей среды Магаданской области» на 2009–2015 годы: постановление администрации Магаданской области от 27.11.2009 № 593-ПА; О стратегии социального и экономического развития Магаданской области на период до 2025 года: закон Магаданской области от 11.03.2010 № 1241-ОЗ.

- возможность одновременно обрабатывать много входов и много выходов, каждый из которых при этом может измеряться в различных единицах;
- отсутствие ограничений на функциональную форму зависимости между входами и выходами;
- проведение оценок желательных изменений во входах/выходах, которые позволили бы вывести неэффективные объекты на границу эффективности.

В качестве этапов дальнейшего развития эколого-ориентированной методологии DEA стоит выделить учет факторов

окружающей среды [26], что позволит сделать моделирование более прозрачным, так как сравниваться будут похожие регионы (а не все субъекты Федерации или входящие в один федеральный округ), использование индекса Мальмквиста для измерения технического прогресса или регресса в определенной отрасли и для конкретной используемой технологии [27], а также использование двухшаговой модели DEA [28]. Также будет представлять интерес DEA-моделирование на основе данных за 2017 г., объявленный годом экологии в России, целью которого, среди прочих, является улучшение общих экологических показателей.

*Таблица 1*

**Основные модели DEA**

*Table 1*

**Basic DEA models**

Возможные изменения входных и выходных параметров	С постоянным эффектом масштаба	С переменным эффектом масштаба
Изменение входных данных, выходные – постоянные	CCR-I	BCC-I
Изменение выходных данных, входные – постоянные	CCR-O	BCC-O

*Источник:* [11, 12]

*Source:* [11, 12]

**Таблица 2****Регионы Российской Федерации, признанные неэффективными по результатам моделирования за 2010–2014 гг.****Table 2****Regions of the Russian Federation considered ineffective according to the result of modelling in 2010–2014**

Субъект Федерации	Значение показателя эколого-экономической эффективности
<b>2010</b>	
Забайкальский край	0,619112
Ставропольский край	0,607936
Республика Карелия	0,601269
Иркутская область	0,577379
Магаданская область	0,443856
<b>2011</b>	
Вологодская область	0,464897
Красноярский край	0,425286
Республика Карелия	0,424207
Иркутская область	0,405388
Магаданская область	0,266451
<b>2012</b>	
Забайкальский край	0,619112
Ставропольский край	0,607936
Республика Карелия	0,601269
Иркутская область	0,577379
Магаданская область	0,443856
<b>2013</b>	
Карачаево-Черкесская Республика	0,52105
Иркутская область	0,50511
Республика Карелия	0,475908
Псковская область	0,455185
Магаданская область	0,397516
<b>2014</b>	
Республика Карелия	0,487852
Ростовская область	0,485646
Республика Северная Осетия – Алания	0,454884
Карачаево-Черкесская Республика	0,444672
Магаданская область	0,403743

*Источник:* авторская разработка*Source:* Authoring**Таблица 3****Изменение эффективности Магаданской области при замене входных параметров****Table 3****Change of the Magadan oblast's efficiency when replacing input parameters**

Год	Выбросы от стационарных источников, тыс. т	Выбросы от автомобилей, тыс. т	Объем сточной грязной воды, млн м <sup>3</sup>	Объем сточной нечистой воды, млн м <sup>3</sup>	Отходы, млн т	Забор воды, млн м <sup>3</sup>
2010	0,38152	0,974022	0,327831	0,349745	0,373607	0,513711
2011	0,49008	0,972865	0,4032	0,369349	0,440133	0,497587
2012	0,678464	0,928066	0,532447	0,574938	0,477125	0,826787
2013	0,642407	0,938529	0,51911	0,625692	0,401385	0,319691
2014	0,525786	0,80627	0,555848	0,596665	0,448662	0,34834

*Источник:* авторская разработка*Source:* Authoring

Таблица 4

Необходимый уровень снижения входных параметров «выбросы от стационарных источников», «выбросы от автомобилей», «сточная грязная вода»

Table 4

The necessary level of reduction of input parameters of emissions from stationary sources, emissions from vehicles, sewage dirty water

Год	Выбросы от стационарных источников, тыс. т			Выбросы от автомобилей, тыс. т			Сточная грязная вода, млн м <sup>3</sup>		
	Целевое значение	Стат. значение	Δ	Целевое значение	Стат. значение	Δ	Целевое значение	Стат. значение	Δ
2010	5,1941	25,4	–20,206	7,7199	28,5	–20,7801	0,4975	12,8	–12,3025
2011	3,4825	25,1	–21,6175	7,4873	28,1	–20,6128	0,3142	12,8	–12,4858
2012	12,9162	29,1	–16,1838	11,9841	27	–15,0159	1,5979	3,6	–2,0021
2013	11,33167	29	–17,6683	11,1702	28,1	–16,9298	1,6258	4,09	–2,4642
2014	11,1163	29,6	–18,4837	11,8297	29,3	–17,4703	1,1558	2,92	–1,362

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 5

Необходимый уровень снижения входных параметров «сточная нечистая вода», «размещено отходов», «забор воды»

Table 5

The necessary level of reduction of input parameters of sewage impure water, waste emplacement, water intake

Год	Сточная нечистая вода, млн м <sup>3</sup>			Размещено отходов, млн т			Забор воды, млн м <sup>3</sup>		
	Целевое значение	Стат. значение	Δ	Целевое значение	Стат. значение	Δ	Целевое значение	Стат. значение	Δ
2010	3,8735	14,3	–10,4265	0,006	8,58	–8,574	20,8173	78,93	–58,1127
2011	3,5171	13,2	–9,6829	0,0059	9,93	–9,9241	20,9574	81,01	–60,0526
2012	4,6987	13,1	–8,4013	0,4557	11,48	–11,0243	36,367	81,92	–45,553
2013	2,1811	12,17	–9,9889	0,658	5,77	–5,112	33,0434	85,78	–52,7366
2014	4,5744	11,33	–6,7556	2,2779	5,64	–3,3621	34,2698	84,88	–50,6102

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 6

Качественный анализ областной целевой программы «Экологическая безопасность и охрана окружающей среды Магаданской области» на 2009–2015 годы

Table 6

A qualitative analysis of the Regional Target Program Environmental Safety and Environmental Protection of the Magadan Oblast for 2009–2015

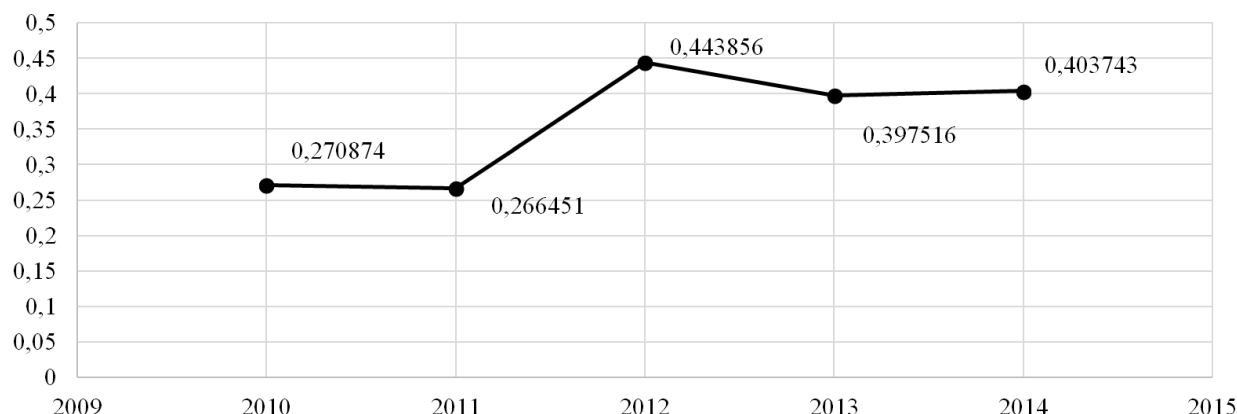
Проблема	Задача	Мероприятие
Отсутствие полной и достоверной информации об образовании, использовании, обезвреживании, приеме и передаче, количестве и составе образующихся на территории области отходов	Организация и обеспечение формирования регионального кадастра отходов. Формирование и обеспечение функционирования территориальной системы наблюдения за состоянием окружающей среды на территории Магаданской области	Формирование регионального кадастра отходов производства и потребления. Формирование и обеспечение функционирования территориальной системы наблюдения за состоянием окружающей среды
Экологически неблагоприятное состояние атмосферного воздуха на территории области, прежде всего в Магадане	Отсутствует	Отсутствует
Высокая загрязненность поверхностных водотоков на территории области	Отсутствует	Отсутствует
Отсутствие систематических наблюдений за состоянием окружающей среды на территории области	Создание системы информирования населения о состоянии окружающей среды Магаданской области	Создание системы информирования населения о состоянии окружающей среды Магаданской области
Наличие в хранилищах вредных и ядовитых веществ, которые могут	Завершение работ по отправке и утилизации запрещенных к	Обеспечение экологической безопасности на территории



оказывать негативное воздействие на экологическую ситуацию прилегающих территорий	использованию пестицидов и агрохимикатов	Магаданской области путем ликвидации последствий аварий гидротехнических сооружений и утилизации запрещенных к использованию ядохимикатов
Хранение пестицидов и агрохимикатов на территории, не обеспечивающее безопасности при длительном складировании		
Наличие угрозы затопления территорий, вызванной паводками	Осуществление берегозащитных, берегоукрепительных и предупредительных противопаводковых мероприятий. Ликвидация последствий аварий гидротехнических сооружений и обеспечение экологической безопасности прилегающих территорий	Предотвращение экологического ущерба, вызванного чрезвычайными ситуациями вследствие негативного воздействия вод и аварийным состоянием действующих гидротехнических сооружений
Наличие гидротехнических сооружений, находящихся в аварийном состоянии	Ремонт и реконструкция гидротехнических сооружений, их оперативное обследование	Обеспечение экологической безопасности на территории Магаданской области путем ликвидации последствий аварий гидротехнических сооружений и утилизации запрещенных к использованию ядохимикатов
Низкий уровень экологического воспитания и просвещения населения области	Экологическое просвещение	Экологическое просвещение

*Источник:* областная целевая программа «Экологическая безопасность и охрана окружающей среды Магаданской области» на 2009–2015 годы

*Source:* Regional Target Program *Environmental Safety and Environmental Protection of the Magadan Oblast* for 2009–2015

**Рисунок 1****Динамика эффективности Магаданской области в 2010–2014 гг.****Figure 1****Changes in the Magadan oblast's effectiveness in 2010–2014**

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

**Список литературы**

1. Ерина Н.М. Методологические основы эколого-экономического моделирования развития урбанизированных территорий // *TERRA ECONOMICUS*. 2009. Т. 7. № 4-2. С. 277–280. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/metodologicheskie-osnovy-ekologo-ekonomicheskogo-modelirovaniya-razvitiya-urbanizirovannyh-territoriy>
2. Charnes A., Cooper W.W., Wei Q.L., Huang Z.M. Fundamental Theorems of Nondominated Solutions Associated with Cones in Normed Linear Spaces. *Journal of Mathematical Analysis and Applications*, 1990, vol. 150, iss. 1, pp. 54–78. doi: 10.1016/0022-247X(90)90195-L
3. Fukuyama H., Matousek R. Modelling Bank Performance: A network DEA approach. *European Journal of Operational Research*, 2017, vol. 259, iss. 2, pp. 721–732. doi: 10.1016/j.ejor.2016.10.044
4. Cook W.D., Seiford L.M. Data Envelopment Analysis (DEA) – Thirty Years On. *European Journal of Operational Research*, 2009, vol. 192, iss. 1, pp. 1–17. doi: 10.1016/j.ejor.2008.01.032
5. Mirdehghan S.M., Fukuyama H. Pareto-Koopmans Efficiency and Network DEA. *Omega*, 2016, vol. 61, pp. 78–88. doi: 10.1016/j.omega.2015.07.008
6. Abramo G., Cicero T., D'Angelo C.A. A Field-Standardized Application of DEA to National-Scale Research Assessment of Universities. *Journal of Informetrics*, 2011, vol. 5, iss. 4, pp. 618–628. doi: 10.1016/j.joi.2011.06.001
7. Farrell M.J. The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, 1957, series A, vol. 120, no. 3, pp. 253–281.
8. Charnes A., Cooper W.W., Rhodes E. Measuring the Efficiency of Decision-Making Units. *European Journal of Operational Research*, 1978, vol. 2, iss. 6, pp. 429–444. doi: 10.1016/0377-2217(78)90138-8

9. Ратнер С.В., Ратнер П.Д. Формирование стратегии экологического менеджмента электрогенерирующих компаний на основе методологии анализа среды функционирования // Управление большими системами. 2016. Вып. 60. С. 161–187. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/formirovanie-strategii-ekologicheskogo-menedzhmenta-elektrogeneriruyuschih-kompaniy-na-osnove-metodologii-analiza-sredy>
10. Ратнер С.В. Задачи оптимизации траекторий развития региональных экономических систем по экологическим параметрам // Друкеровский вестник. 2016. № 2. С. 30–41. doi: 10.17213/2312-6469-2016-2-13-30-41
11. 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.
12. Toshiyuki S., Yan Yuan. Social Sustainability Measured by Intermediate Approach for DEA Environmental Assessment: Chinese Regional Planning for Economic Development and Pollution Prevention. *Energy Economics*, 2017, vol. 66, pp. 154–166. doi: 10.1016/j.eneco.2017.06.008
13. Сазонов С.Н., Сазонова Д.Д. Оценка технической эффективности фермерских хозяйств // АПК России. 2014. Т. 69. С. 117–125.
14. Ратнер С.В., Иосифов В.В. Вопросы экономической целесообразности развития энергетического машиностроения для возобновляемой энергетики в России // Вестник УРФУ. Сер.: Экономика и управление, 2015. Т. 14. № 4. С. 536–552. doi: 10.15826/vestnik.2015.14.4.031
15. Абанкина И.В., Алескерев Ф.Т., Белоусова В.Ю. и др. Оценка результативности университетов с помощью оболочечного анализа данных // Вопросы образования. 2013. № 2. С. 15–48. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-rezultativnosti-universitetov-s-pomoschyu-obolochecnogo-analiza-dannyh>
16. Qiang Cui, Yi-Ming Wei, Ye Li. Exploring the Impacts of the EU ETS Emission Limits on Airline Performance via the Dynamic Environmental DEA Approach. *Applied Energy*, 2016, vol. 183, pp. 984–994. doi: 10.1016/j.apenergy.2016.09.048
17. Jingliang Jin, Dequn Zhou, Peng Zhou. Measuring Environmental Performance with Stochastic Environmental DEA: The case of APEC economies. *Economic Modelling*, 2014, vol. 38, pp. 80–86. doi: 10.1016/j.econmod.2013.12.017
18. Vlontzos G., Pardalos P.M. Assess and Prognosticate Greenhouse Gas Emissions from Agricultural Production of EU Countries, by Implementing, DEA Window Analysis and Artificial Neural Networks. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2017, vol. 76, pp. 155–162. doi: 10.1016/j.rser.2017.03.054
19. Ратнер С.В. Динамические задачи оценки эколого-экономической эффективности регионов на основе базовых моделей анализа среды функционирования // Управление большими системами. 2017. Вып. 67. С. 81–106. URL: [http://www.mathnet.ru/php/archive.phtml?wshow=paper&jrnid=ubs&paperid=918&option\\_lang=rus](http://www.mathnet.ru/php/archive.phtml?wshow=paper&jrnid=ubs&paperid=918&option_lang=rus)
20. Хрусталёв Е.Ю., Ратнер П.Д. Выбор оптимальной стратегии перехода региональной энергетической системы на низкоуглеродные технологии // Аудит и финансовый анализ. 2015. № 5. С. 395–400.

21. Ратнер С.В. Применение сетевого анализа среды функционирования в задачах регионального экологического менеджмента // Проблемы управления. 2016. № 6. С. 35–46.
22. Ратнер С.В., Алмастьян Н.А. Метод согласования экологических приоритетов энергетических компаний и региональных социо-экономических систем // Инновации. 2016. № 9. С. 40–47.
23. Хрусталёв Е.Ю., Ратнер П.Д. Оценка экологической эффективности электроэнергетических компаний России на основе методологии анализа среды функционирования // Экономический анализ: теория и практика. 2015. № 35. С. 33–42. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-ekologicheskoy-effektivnosti-elektroenergeticheskikh-kompaniy-rossii-na-osnove-metodologii-analiza-sredy-funktsionirovaniya>
24. Хрусталёв Е.Ю., Ратнер П.Д. Эко-инновации в электроэнергетике: оценка сравнительной эффективности // Инновации. 2015. № 9. С. 8–14.
25. Сальникова А.А. Анализ комплексной эколого-экономической эффективности регионов южного федерального округа // Региональная экономика: теория и практика. 2017. Т. 15. Вып. 5. С. 845–858.
26. Jie Wu, Qingxian An, Shujahat Ali, Liang Liang. DEA Based Resource Allocation Considering Environmental Factors. *Mathematical and Computer Modelling*, 2013, vol. 58, iss. 5-6, pp. 1128–1137. doi: 10.1016/j.mcm.2011.11.030
27. Lundgren T., Wenchao Zhou. Firm Performance and the Role of Environmental Management. *Journal of Environmental Management*, 2017, vol. 203, part 1, pp. 330–341. doi: 10.1016/j.jenvman.2017.07.053
28. Jie Wu, Pengzhen Yin, Jiasen Sun, Junfei Chu, Liang Liang. Evaluating the Environmental Efficiency of a Two-Stage System with Undesired Outputs by a DEA Approach: An Interest Preference Perspective. *European Journal of Operational Research*, 2016, vol. 254, iss. 3, pp. 1047–1062. doi: 10.1016/j.ejor.2016.04.034

### Информация о конфликте интересов

Я, автор данной статьи, со всей ответственностью заявляю 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.

**OPTIMIZING REGIONAL ECOLOGICAL-AND-ECONOMIC PLANNING  
USING A DATA ENVELOPMENT ANALYSIS****Anastasiya A. SAL'NIKOVA**Kuban State University, Krasnodar, Russian Federation  
salnikova.anastasia89@gmail.com**Article history:**Received 19 September 2017  
Received in revised form  
28 September 2017  
Accepted 10 October 2017  
Available online  
16 October 2017**JEL classification:** O44, Q01**Keywords:** data envelopment  
analysis, ecological and  
economic efficiency,  
environmental management,  
regional planning**Abstract****Importance** The article deals with the issues of assessment of the performance of socio-economic systems, considering them both by economic and environmental parameters.**Objectives** The article aims to analyze the environmental and economic parameters of the regions of the Russian Federation most contributing to eco-economic efficiency, identify the most and least effective regions, and correlate the results obtained with the priorities of the local environmental and industrial strategies of the regions.**Methods** For the study, I used a data envelopment analysis.**Results** The article identifies that modelling using the data envelopment analysis will enable the regions to harmonize the indicators and benchmarks of strategic objectives and identify the negative environmental effects, mitigating which the entity can be as effective as possible with no negative dynamics imparted to favorable economic effects. The article presents certain recommendations to further improve the method used to address environmental and economic concerns.**Conclusions** Modelling using the data envelopment analysis can be a tool for measuring sustainable development within the region's economy, as well as a way to address the current problem of diluted strategic goal in environmental management.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2017

**Please cite this article as:** Sal'nikova A.A. Optimizing Regional Ecological-and-Economic Planning Using a Data Envelopment Analysis. *Regional Economics: Theory and Practice*, 2017, vol. 15, iss. 10, pp. 1959–1974.  
<https://doi.org/10.24891/re.15.10.1959>**Acknowledgments**The article was supported by the Russian Foundation for Basic Research, project No. 16-06-00147 *Development of DEA Models to Optimize the Trajectory of Regional Economic Systems According to Environmental Parameters*.**References**

1. Erina N.M. [Methodological bases of ecological and economic modeling of development of urbanized territories]. *TERRA ECONOMICUS*, 2009, vol. 7, no. 4-2, pp. 277–280.  
URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/metodologicheskie-osnovy-ekologo-ekonomicheskogo-modelirovaniya-razvitiya-urbanizirovannyh-territoriy> (In Russ.)
2. Charnes A., Cooper W.W., Wei Q.L., Huang Z.M. Fundamental Theorems of Nondominated Solutions Associated with Cones in Normed Linear Spaces. *Journal of Mathematical Analysis and Applications*, 1990, vol. 150, iss. 1, pp. 54–78.  
doi: 10.1016/0022-247X(90)90195-L
3. Fukuyama H., Matousek R. Modelling Bank Performance: A network DEA approach. *European Journal of Operational Research*, 2017, vol. 259, iss. 2, pp. 721–732.  
doi: 10.1016/j.ejor.2016.10.044
4. Cook W.D., Seiford L.M. Data Envelopment Analysis (DEA) – Thirty Years On. *European Journal of Operational Research*, 2009, vol. 192, iss. 1, pp. 1–17.  
doi: 10.1016/j.ejor.2008.01.032

5. Mirdehghan S.M., Fukuyama H. Pareto-Koopmans Efficiency and Network DEA. *Omega*, 2016, vol. 61, pp. 78–88. doi: 10.1016/j.omega.2015.07.008
6. Abramo G., Cicero T., D'Angelo C.A. A Field-Standardized Application of DEA to National-Scale Research Assessment of Universities. *Journal of Informetrics*, 2011, vol. 5, iss. 4, pp. 618–628. doi: 10.1016/j.joi.2011.06.001
7. Farrell M.J. The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, 1957, series A, vol. 120, no. 3, pp. 253–281.
8. Charnes A., Cooper W.W., Rhodes E. Measuring the Efficiency of Decision-Making Units. *European Journal of Operational Research*, 1978, vol. 2, iss. 6, pp. 429–444. doi: 10.1016/0377-2217(78)90138-8
9. Ratner S.V., Ratner P.D. [Elaboration of ecology management strategy of power generating companies based on data envelopment analysis]. *Upravlenie bol'shimi sistemami = Large-scale Systems Control*, 2016, no. 60, pp. 161–187.  
URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/formirovanie-strategii-ekologicheskogo-menedzhmenta-elektrogeneriruyuschih-kompaniy-na-osnove-metodologii-analiza-sredy> (In Russ.)
10. 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.)  
doi: 10.17213/2312-6469-2016-2-13-30-41
11. 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.
12. Toshiyuki S., Yan Yuan. Social Sustainability Measured by Intermediate Approach for DEA Environmental Assessment: Chinese Regional Planning for Economic Development and Pollution Prevention. *Energy Economics*, 2017, vol. 66, pp. 154–166.  
doi: 10.1016/j.eneco.2017.06.008
13. Sazonov S.N., Sazonova D.D. [The assessment of the technical efficiency of farms]. *APK Rossii = Agro-Industrial Complex of Russia*, 2014, vol. 69, pp. 117–125. (In Russ.)
14. Ratner S.V., Iosifov V.V. [Business Feasibility of Energy Engineering for Renewable Energy in Russia]. *Vestnik URFU. Ser.: Ekonomika i upravlenie = Bulletin of Ural Federal University. Series Economics and Management*, 2015, vol. 14, no. 4, pp. 536–552. (In Russ.)  
doi: 10.15826/vestnik.2015.14.4.031
15. Abankina I.V., Aleskerov F.T., Belousova V.Yu. et al. [Higher education institutions' efficiency by data envelopment analysis]. *Voprosy obrazovaniya = Educational Studies*, 2013, no. 2, pp. 15–48. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-rezultativnosti-universitetov-s-pomoschyu-obolochecnogo-analiza-dannyh> (In Russ.)
16. Qiang Cui, Yi-Ming Wei, Ye Li. Exploring the Impacts of the EU ETS Emission Limits on Airline Performance via the Dynamic Environmental DEA Approach. *Applied Energy*, 2016, vol. 183, pp. 984–994. doi: 10.1016/j.apenergy.2016.09.048

17. Jingliang Jin, Dequn Zhou, Peng Zhou. Measuring Environmental Performance with Stochastic Environmental DEA: The case of APEC economies. *Economic Modelling*, 2014, vol. 38, pp. 80–86. doi: 10.1016/j.econmod.2013.12.017
18. Vlontzos G., Pardalos P.M. Assess and Prognosticate Greenhouse Gas Emissions from Agricultural Production of EU Countries, by Implementing, DEA Window Analysis and Artificial Neural Networks. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2017, vol. 76, pp. 155–162. doi: 10.1016/j.rser.2017.03.054
19. Ratner S.V. [Dynamic tasks of assessing the environmental and economic efficiency of regions on the basis of basic models of data envelopment analysis]. *Upravlenie bol'shimi sistemami = Large-scale Systems Control*, 2017, iss. 67, pp. 81–106.  
URL: [http://www.mathnet.ru/php/archive.phtml?wshow=paper&jrnid=ubs&paperid=918&option\\_lang=rus](http://www.mathnet.ru/php/archive.phtml?wshow=paper&jrnid=ubs&paperid=918&option_lang=rus) (In Russ.)
20. Khrustalev E.Yu., Ratner P.D. [Selecting an optimal strategy for conversion of the regional energy system to low-carbon technologies]. *Audit i finansovyi analiz = Audit and Financial Analysis*, 2015, no. 5, pp. 395–400. (In Russ.)
21. Ratner S.V. [Application of a network data envelopment analysis in regional environmental management tasks]. *Problemy upravleniya = Control Sciences*, 2016, no. 6, pp. 35–46. (In Russ.)
22. Ratner S.V., Almastyany N.A. [A method of harmonizing the environmental priorities of energy companies and regional socio-economic systems]. *Innovatsii = Innovations*, 2016, no. 9, pp. 40–47. (In Russ.)
23. Khrustalev E.Yu., Ratner P.D. [Analysis of ecological efficiency of Russia's electric companies through the data envelopment analysis methodology]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika = Economic Analysis: Theory and Practice*, 2015, no. 35, pp. 33–42.  
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-ekologicheskoy-effektivnosti-elektroenergeticheskikh-kompaniy-rossii-na-osnove-metodologii-analiza-sredy-funktsionirovaniya> (In Russ.)
24. Khrustalev E.Yu., Ratner P.D. [Eco-innovation in the power industry: an assessment of comparative efficiency]. *Innovatsii = Innovations*, 2015, no. 9, pp. 8–14. (In Russ.)
25. Sal'nikova A.A. [An analysis of integrated environmental and economic efficiency of the Southern Federal District regions]. *Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika = Regional Economics: Theory and Practice*, 2017, vol. 15, iss. 5, pp. 845–858. (In Russ.)
26. Jie Wu, Qingxian An, Shujahat Ali, Liang Liang. DEA Based Resource Allocation Considering Environmental Factors. *Mathematical and Computer Modelling*, 2013, vol. 58, iss. 5-6, pp. 1128–1137. doi: 10.1016/j.mcm.2011.11.030
27. Lundgren T., Wenchao Zhou. Firm Performance and the Role of Environmental Management. *Journal of Environmental Management*, 2017, vol. 203, part 1, pp. 330–341. doi: 10.1016/j.jenvman.2017.07.053
28. Jie Wu, Pengzhen Yin, Jiasen Sun, Junfei Chu, Liang Liang. Evaluating the Environmental Efficiency of a Two-Stage System with Undesired Outputs by a DEA Approach: An interest

preference perspective. *European Journal of Operational Research*, 2016, vol. 254, iss. 3, pp. 1047–1062. doi: 10.1016/j.ejor.2016.04.034

### **Conflict-of-interest notification**

I, the author 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.