

УДК 332.142.6

## Оценка сравнительной эффективности государственного менеджмента экологической безопасности в регионе методом DEA-анализа (на примере Приволжского федерального округа)

Канд. геогр. наук **Порунов А.Н.** rameno@rambler.ru  
Самарский технический университет  
443100, Россия, г. Самара, Молодогвардейская ул., 244

*Проблема оценки сравнительной эффективности государственного менеджмента экологической безопасности должна решаться так, чтобы получить не набор отдельных характеристик, а интегральный показатель на основе которого можно было бы дать недвусмысленную оценку эффективности управленческой деятельности всей системы государственного управления от областного (республиканского) управления до экологической службы муниципального района.*

*На примере регионов Приволжского Федерального округа определить матрицу основных переменных, характеризующих экологическую безопасность региона. Методом DEA-анализа выявить регионы с наиболее продуктивным государственным экологическим менеджментом, определить оптимальную структуру ситуационных характеристик экологической безопасности.*

*DEA-анализ основан на непараметрической методологии. Он реализуется посредством решения оптимизационной задачи линейного программирования (ЗЛП). В DEA-моделях устанавливается ограничение, что все субъекты управления осуществляющие эффективное управление располагаются на линии фронта эффективности, а неэффективное внутри фронта. Линия фронта является «точкой отсчета» для определения меры сравнительной эффективности управления в исследуемой группе (выборке). Тем ближе к фронту эффективности расположен субъект, тем выше значение эффективности его управленческой деятельности. Сама же линия фронта находится в многомерном пространстве «входы»/«выходы» путем многократного решения оптимизационной задачи линейного программирования (ЗЛП).*

*В результате проведенного DEA-анализа с использованием открытых статистических данных были определены наиболее эффективные региональные системы государственного управления экологической безопасностью в Приволжском Федеральном округе.*

*DEA-анализ позволяет определить вектор поиска конструктивных решений, направленных на оптимизацию управления экологической безопасностью региона, осуществление контрольных функций и разработки индикативных планов перспективного развития в сфере охраны окружающей среды.*

**Ключевые слова:** модель, сравнительная эффективность, менеджмент, экологическая безопасность.

doi:10.17586/2310-1172-2016-9-1-104-111

## The comparative effectiveness of public management environmental security in the region by dea-analysis (for example Volga federal district)

Ph.D. **Porunov A.N.** rameno@rambler.ru  
Samara Technical University  
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya St., 244

*The problem of the comparative effectiveness of state management of environmental safety must be addressed in order to obtain not a set of individual characteristics, and the integral index on the basis of which it would be possible to give an unambiguous assessment of the effectiveness of management activities throughout the system of government from the regional (republican) management to the environmental services of the municipal district.*

*For example, regions of the Volga Federal District to define a matrix of basic variables characterizing the ecological security of the region. DEA-analysis method to identify the areas with the most productive state environmental management, to determine the optimal structure of the situational characteristics of ecological security.*

*DEA-analysis is based on non-parametric methodology. It is implemented by solving the optimization problem of linear programming (ZLP). The DEA-model establishes the constraint that all the subjects of management to effectively manage are located on the front line efficiency, and inefficient in front. Frontline is a "reference point" for determining the relative effectiveness of control measures in the study group (sample). The closer to the front of the efficiency is the subject, the higher the efficiency of its management. The very same is the front line in*

*multidimensional space «Inputs» / «Outputs» by repeatedly solving the optimization problem of linear programming (ZLP).*

*As a result of DEA-analysis using public statistical data we identified the most effective regional system of the state of environmental safety management in the Volga Federal District. Conclusions. DEA - vector analysis to determine the search for constructive solutions aimed at optimizing the management of ecological safety of the region, implementation of the control functions and the development of indicative plans for long-term development in the field of environmental protection.*

**Keywords:** model, efficiency, management, environment and security.

### Онтология метода

Сегодня одним из самых востребованных методов оценки сравнительной эффективности управленческой деятельности становится DEA-анализ (Data Envelopment Analysis). В отечественной академической литературе он известен также как фронтальный, оболочечный или граничный анализ. Этот метод, появившийся, по меркам науки, сравнительно недавно, позволяет определить эффективность управления одного субъекта относительно аналогичной деятельности другого субъекта или группы субъектов, т.е. речь идет о оценке сравнительной эффективности управления. DEA-анализ основан на непараметрической методологии, ибо не подразумевает и не определяет какую-либо форму производственной функции. Он реализуется посредством решения оптимизационной задачи линейного программирования (ЗЛП). В DEA-моделях устанавливается ограничение, что все субъекты, осуществляющие эффективное управление располагаются на линии фронта эффективности, а неэффективное внутри фронта. Линия фронта является «точкой отсчета» для определения меры сравнительной эффективности управления в исследуемой группе (выборке). Тем ближе к фронту эффективности расположен субъект, тем выше значение эффективности его управленческой деятельности. Сама же линия фронта находится в многомерном пространстве «входы»/ «выходы» путем многократного решения оптимизационной задачи линейного программирования (ЗЛП).

Первые разработчики DEA-анализа – американские исследователи А. Чарнез, Е. Родес и У. Купер, в соответствии с идеями, изложенными французом, нобелевским лауреатом Ж. Дебрё в известной работе «The coefficient of resource utilization» [1] и англичанином М. Фарреллом в статье «The measurement of Productive Efficiency» [2], разработали первую DEA-модель. Эта модель стала известной в мире с 1978 года по первым буквам фамилий своих создателей (Charnes, Cooper, Rhodes) как CCR модель. Важнейшее достоинство CCR-модели заключается в том, что она дает возможность произвести по каждому субъекту свертку множественных ресурсов и множественных результативных показателей в пару величин: одного «виртуального» выпуска и одного «виртуального» показателя использованных ресурсов. Фаррелл, в свое время, был близок к решению этой проблемы (свертки

множества данных), но это удалось только американцам.

Показатель сравнительной эффективности складывается из двух составляющих – технической эффективности, отражающей способность субъекта максимизировать результат своей деятельности, – выпуск (output) располагая набором ресурсов (input), и, так называемой, аллокативной эффективности, показывающей насколько оптимальна комбинация используемых ресурсов при существующих затратах на эти ресурсы. Две составляющие образуют общую оценку эффективности какой-либо деятельности.

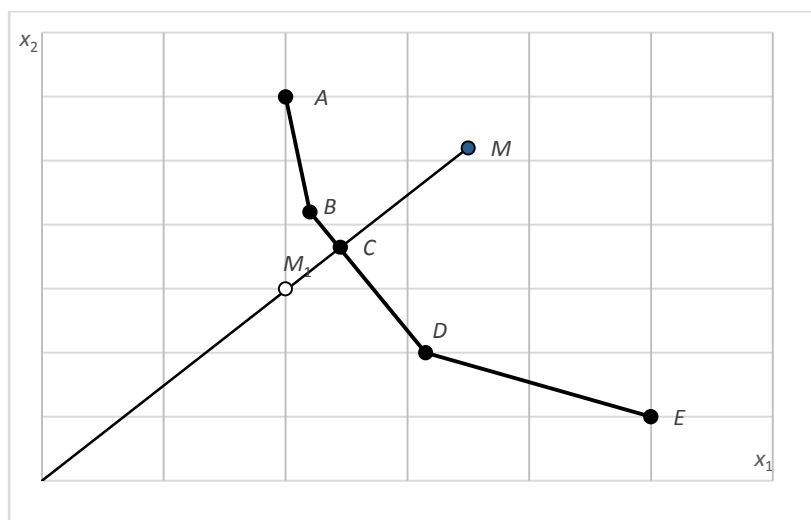
В DEA-анализе строятся два вида моделей:

- модели оценки эффективности «входа» (т.е. использования ресурсов), называемые моделями, ориентированными на вход (input-oriented).
- модели оценки эффективности «выхода» (т.е. выпуска продукции или услуг), называемые моделями, ориентированными на выход (output-oriented).

И те, и другие подразделяются на модели постоянного и переменного масштабов.

### Основные модели метода

Рассмотрим на условном примере основные DEA-модели. Пусть выборка представлена пятью субъектами управления *A, B, C, D, M*, управляющими каким-либо процессом в своей системе отсчета. Например, 5 региональных министерств, каждое в своем регионе управляет одним и тем же процессом, – охраной окружающей среды. На выходе процесса продукт («чистая» или «грязная» окружающая среда), а для его производства используется два вида ресурсов. И пусть эффект масштаба постоянен, т.е. с увеличением использования ресурсов в такой же мере увеличивается выход продукта или улучшается его качество. Причем одно и то же количество (качество) продукта можно производить при разных сочетаниях ресурсов как это показано на рис. 1. График на этом рисунке построен в координатах затратности каждого из ресурсов в расчете на единицу продукта. А кривая *ABCD* в этом случае будет единичной изоквантой. Четыре субъекта управления из пяти: *A, B, C, D* наиболее близко расположенные (по радиусу) к началу координат, образовали своего рода фронтальную линию эффективности использования ресурсов. Пятый субъект управления, занимающий позицию *M*, оказался внутри этого фронта.



**Рис. 1. Графическая иллюстрация технической эффективности в DEA-моделях, ориентированных на «вход»**

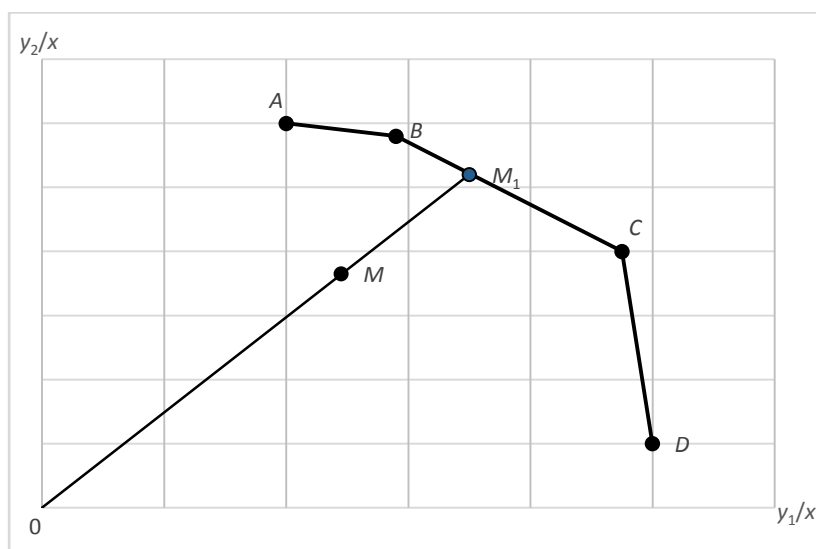
Тогда мера технической эффективности управления этого субъекта ( $TE_M$ ) будет определяться из отношения:

$$TE_M: \quad 0 \leq \frac{d(0, M_1)}{d(0, M)} \leq 1 \quad (1)$$

Где позиция  $M_1$  есть проекция (по направлению к началу координат) позиции субъекта  $M$  на линию фронта эффективности. Поскольку позиция субъекта  $M$  удалена от фронта эффективности ее следует классифицировать как неэффективную.

Такой подход к определению сравнительной эффективности в DEA-анализе называют ориентированным на «вход», а DEA-модели входоориентированными (inputoriented Model).

Второй тип моделей – модели ориентированные на выход (outputoriented Model). Графическая интерпретация такой модели (постоянного масштаба) с одним ресурсом  $x$  на входе и двумя продуктами  $y_1$  и  $y_2$  на выходе показана на рис. 2. График построен в координатах выпуска соответствующего продукта в расчете на единицу ресурса.



**Рис. 2. Графическая иллюстрация технической эффективности в DEA-моделях, ориентированных на «выход»**

Позиции субъектов управления  $A, B, C, D$  образуют фронт эффективности, позиция субъекта  $M$  находится внутри этого фронта, т.е. относительно фронта она не эффективна. Мера ее эффективности будет измеряться отношением

$$TE_M: \quad 0 \leq \frac{d(0, M)}{d(0, M_1)} \leq 1. \quad (2)$$

#### Базовая CCR-модель

Для каждой  $k$ -го субъекта управления формируются показатели «входа» (ресурсы) и «выхода» (продукты):

$$\begin{aligned} \text{«ВХОД»} &= v_1 x_{1k} + \dots + v_m x_{mk}; \\ \text{«ВЫХОД»} &= u_1 y_{1k} + \dots + u_s y_{sk}. \end{aligned}$$

где:  $m$  – порядковый номер ресурса;  $s$  – порядковый номер продукта;  $x_{mk}$  – цена  $m$ -ого ресурса для  $k$ -го субъекта;  $y_{sk}$  – цена  $s$ -ого продукта для  $k$ -го субъекта;  $v_m, u_s$  – неизвестные весовые коэффициенты при переменных «входа» и «выхода» соответственно.

Далее необходимо найти значение весовых коэффициентов  $v_m$  и, максимизирующее отношение. Т.к. необходимо найти меру эффективности каждого субъекта управления, то решается  $t$  оптимизационных задач для каждого  $k$ -го субъекта ( $k = 1, \dots, t$ ):

$$\theta_k = \frac{u_1 y_{1k} + u_2 y_{2k} + \dots + u_s y_{sk}}{v_1 x_{1k} + v_2 x_{2k} + \dots + v_m x_{mk}} \rightarrow \max, \quad (3)$$

при условии:

$$\frac{u_1 y_{1j} + u_2 y_{2j} + \dots + u_s y_{sj}}{v_1 x_{1j} + v_2 x_{2j} + \dots + v_m x_{mj}} \leq 1 \quad (j=1, \dots, t); \quad (4)$$

$$v_1, v_2, \dots, v_m \geq 0; \quad (5)$$

$$u_1, u_2, \dots, u_s \geq 0. \quad (6)$$

Однако в такой постановке (дробнолинейной) найти однозначное решение оптимизационной задачи не представлялось возможным, поэтому авторы (Чарнс и Купер) свели ее к задаче линейного программирования с помощью преобразования которое было разработано ими же в 1961 году (за 27 лет до создания модели):

$$\theta_k = u_1 y_{1k} + u_2 y_{2k} + \dots + u_s y_{sk} \rightarrow \max; \quad (7)$$

при условии:

$$v_1 x_{1k} + v_2 x_{2k} + \dots + v_m x_{mk} = 1; \quad (8)$$

$$u_1 y_{1j} + \dots + u_s y_{sj} \leq \frac{v_1 x_{1j} + \dots + v_m x_{mj}}{\theta_k} \quad (j = 1, \dots, t); \quad (9)$$

$$v_1, v_2, \dots, v_m \geq 0; \quad (10)$$

$$u_1, u_2, \dots, u_s \geq 0. \quad (11)$$

Известно, что в линейном программировании для каждой задачи можно составить ей двойственную и обе будут иметь одинаковые решения. В DEA анализе чаще используют двойственную задачу. Решение двойственной задачи менее трудоемко, поскольку в ней меньше ограничений.

В нашем случае, логика двойственной задачи основана на том, что минимизируется взвешенная сумма переменных «входа» при текущем объеме переменных «выхода». Формулировка двойственной по отношению к (7–11) задачи будет выглядеть так:

$$\min[\varphi_0 = \sum_{j=1}^s (\lambda_j x_{j_0})]; \quad (12)$$

при условии:

$$\sum_{j=1}^s (\lambda_j x_{j_k}) - \sum_{i=1}^m (\mu_i y_{i_k}) \geq 0; \quad \forall k = 1 \dots t; \quad (13)$$

$$\sum_{i=1}^m (\mu_i y_{i_k}) = 1; \quad (14)$$

$$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_s \geq 0; \quad (15)$$

$$\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_m \geq 0. \quad (16)$$

Обычно в таком виде формулируется задача при решении ее симплекс методом.

### ВСС-модель

В 1984 г., спустя 6 лет после появления CCR-модели, обновленная исследовательская группа в составе Бэнкера, Чарнза и Купера явила миру новую, так называемую ВСС-модель, которая была названа, как и в случае с CCR-моделью, по первым буквам авторов: Bancer, Charnes, Cooper. Эта модель более приближена к реальной действительности чем CCR-модель, поскольку предполагает переменную отдачу от масштаба, т.е. увеличение использования ресурса  $X$ , скажем, в  $k$  раз, необязательно должно привести к увеличению продукта  $Y$  в  $X * k$  раз. Подтверждение этого мы находим в жизни на каждом шагу и чаще убеждаемся в том, что эта взаимосвязь нелинейна. В экономической теории этот факт известен как концепция убывающей предельной производительности, предложенная в свое время американским неоклассиком Джоном Бейтсом Кларком [3]. Ее нельзя не учитывать при оценке сравнительной эффективности. В этом случае (при переменной отдаче масштаба) значительно большее число субъектов управления может оказаться расположенными на фронте эффективности, чем в случае CCR-модели.

Прямая задача в ВСС модели ориентированной на вход выглядит следующим образом:

$$\min (\theta_0), \quad (17)$$

при условии:

$$\sum_{k=1}^n (y_{jk} \lambda_k) - s_j^+ = y_{j_0}, \quad \forall j=1 \dots s; \quad (18)$$

$$\theta_0 x_{i_0} - \sum_{k=1}^n (x_{ik} \lambda_k) - s_i^- = 0 \quad \forall i=1 \dots r; \quad (19)$$

$$\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1; \quad (20)$$

$$\lambda_k \geq 0, \quad s_i^- \geq 0, \quad s_j^+ \geq 0 \quad k = 1 \dots n. \quad (21)$$

где:  $r$  – число субъектов управления участвующих в сравнении;  $s$  – число используемых ресурсов на «входе»;  $x_{i_0}$  – цена  $i$ -го ресурса для оцениваемого субъекта;  $y_{j_0}$  – цена  $j$ -го продукта для оцениваемого субъекта;  $x_{ik}$  – цена  $i$ -го ресурса для  $k$ -го субъекта;  $y_{jk}$  – цена  $j$ -го продукта для  $k$ -го субъекта;  $\lambda_k$  – весовой коэффициент  $k$ -го субъекта;



$s_i^-$  – перерасход  $i$ -го вида ресурса;  $s_j^+$  – недовыпуск  $j$ -го вида продукта.

От CCR-модели ВСС-модель отличается наличием условия выпуклости, т.е.:

$$\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1$$

Это условие позволяет аппроксимировать нелинейные зависимости объема выпуска продукта от масштаба производства, которые столь часто присутствуют в действительности.

Прямая задача (17)–(21) ВСС-модели интересна только в теоретическом плане, поскольку изначально переменные  $\theta_0, s^-, s^+$  не известны, поэтому на практике, для нахождения оценки сравнительной эффективности используется двойственная ей задача представленная ниже:

$$\max \theta = \sum_r (u_r y_{r,j_0}) + u_0; \quad (22)$$

при условии:

$$\sum_i (v_i x_{i,j}) = 1; \quad (23)$$

$$\sum_r (u_r y_{r,j}) - \sum_i (v_i x_{i,j}) + u_0 \leq 0; \quad (24)$$

$$u_r, v_i \geq 0; \quad (25)$$

$$u_0 \in R \text{ (вещественные числа),}$$

где  $u_0$  – переменная эффекта масштаба;  $u_r$  – весовой коэффициент  $r$ -го продукта на «выходе»;  $v_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го ресурса на «входе»;  $x_{i,j}$  – цена  $i$ -го ресурса для  $j$ -го субъекта;  $y_{r,j}$  – цена  $r$ -го продукта для  $j$ -го субъекта.

Математическое представление переменного эффекта масштаба в двойственной (22)–(25) задаче производится посредством добавления к целевой функции некоторой переменной  $u_0$ . Эта переменная и есть эффект масштаба. При этом возможны варианты:  $u_0 > 0, u_0 < 0, u_0 = 0$ , что соответственно означает возрастающую, убывающую и постоянную отдачи от масштаба.

### Выбор переменных для построения модели

В практике DEA-анализа эффективности менеджмента чаще всего используется входо-ориентированная модель поскольку ресурсы являются относительно легко управляемыми переменными по сравнению с переменными «выхода». Иначе говоря, оптимизируя управленческий процесс, проще привести в соответствие ресурсы на «входе» объему или качеству продукта на «выходе» нежели обратное. К тому же оценка эффективности использования ресурсов может дать важнейшую информацию о

технологии реализации управленческих решений и их потенциале.

Кроме того, выбор переменных определяется и доступностью, надежностью исходной статистической информации.

Как ранее уже отмечалось, проблема оценки сравнительной эффективности государственного экологического менеджмента в рамках региона должна решаться так, чтобы получить не набор отдельных характеристик, а интегральный показатель на основе которого можно было бы дать недвусмысленную оценку эффективности управленческой деятельности.

В рамках рассматриваемой здесь методологии DEA-анализа оценка эффективности управления определяется через ключевые характеристики экологической безопасности (информация о них представлена ниже). Они же (характеристики) рассматриваются как переменные «входа» (inputs) «квазипроизводственного процесса», выходным параметром которого (конечным продуктом) является ожидаемая продолжительность жизни.

### Исследование сравнительной эффективности государственного управления экологической безопасностью в регионе

Объектом исследования явились 8 областей и 6 республик Приволжского Федерального округа (ФО), рассматриваемых как относительно автономные регионы.

Оценка эффективности управления проводилась с помощью CCR-модели ориентированной на «вход». Переменные «входа» были выбраны в соответствии с рекомендациями Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) из блока «Давление» модели ДСР (давление-состояние-реакция) [4, с.9]. Их наименование, принятое обозначение и размерность приведены ниже:

- $x_1$  – интенсивность выбросов на единицу ВРП, т/млн. руб.;
- $x_2$  – доля городского населения, проживающего в городах с высоким и очень высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха, %;
- $x_3$  – доля загрязненных сточных вод в общем объеме сбросов, %;
- $x_4$  – доля проб воды, не соответствующих стандартам качества, %;
- $x_5$  – интенсивность образования отходов на единицу ВРП, т/млн. руб.;
- $x_6$  – интенсивность образования твердых коммунальных отходов, кг/чел.;
- $x_7$  – доля не использованных и не обезвреженных отходов текущего года, %.

Переменные «выхода»:

- $y_1$  – ожидаемая продолжительность жизни при рождении (оба пола, городское население), лет.

Интегральная по своей сути переменная «ожидаемая продолжительность жизни при

рождении», отражает прямое и общее влияние качества среды обитания на фактическую продолжительность жизни человека. Для решения поставленной задачи с

учетом специфики DEA-анализа она подходит как нельзя лучше.

Значения использованных переменных модели по субъектам округа приведена в табл. 1.

Таблица 1

**Значения переменных «входа» и «выхода» CCR-модели оценки сравнительной эффективности государственного менеджмента экологической безопасности по субъектам Приволжского ФО по состоянию на 2014 г.**

Субъект	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$y_1$
Республика Башкортостан	0,7	0,0	61,6	6,1	20,6	2,2	82,6	70,7
Республика Марий Эл	0,7	0,0	96,3	3,7	6,5	1,5	24,9	70,7
Республика Мордовия	0,7	0,0	99,9	11,9	8,0	2,2	0,0	72,3
Республика Татарстан	0,4	0,0	63,9	7,7	2,2	2,5	26,0	72,6
Удмуртская Республика	0,8	0,0	81,4	6,8	4,4	2,0	34,7	71,3
Чувашская Республика	0,6	0,0	11,9	6,3	1,8	1,7	38,8	71,9
Пермский край	0,7	0,0	19,1	5,9	45,9	1,8	66,2	69,9
Кировская область	1,0	0,0	98,3	5,6	8,8	2,2	25,2	71,3
Нижегородская область	0,4	13,0	44,5	8,1	3,1	2,5	38,6	69,9
Оренбургская область	0,9	0,0	8,5	2,7	89,7	1,9	83,9	69,2
Пензенская область	0,5	0,0	50,6	5,9	11,9	3,4	61,8	72,1
Самарская область	0,5	0,0	61,5	10,8	4,6	4,7	45,4	69,8
Саратовская область	0,7	44,0	7,9	9,2	9,9	2,2	77,9	71,3
Ульяновская область	0,6	0,0	99,3	8,6	3,0	2,7	8,3	70,8

CCR-модель была реализованы в среде Mathcad. Результаты оценки эффективности приведены ниже. Результаты показывают, что в большинстве субъектов округа государственный экологический менеджмент абсолютно эффективен (100 %) за исключением четырех: республики Башкортостан, Пермском крае, Нижегородской области и Самарской

области. Самое низкое значение оценки у Самарской области ( $\theta_{12} = 0,77$ ), т.е. эффективность государственной системы управления экологической безопасностью, здесь более чем в 1,3 раза ниже чем у лидеров округа.

$$\text{Субъекты}_i = \begin{pmatrix} \text{Республика Башкортостан} \\ \text{Республика Мари Эл} \\ \text{Республика Мордовия} \\ \text{Республика Татарстан} \\ \text{Удмурдская республика} \\ \text{Чувашская республика} \\ \text{Пермский край} \\ \text{Кировская область} \\ \text{Нижегородская область} \\ \text{Оренбургская область} \\ \text{Пензенская область} \\ \text{Самарская область} \\ \text{Саратовская область} \\ \text{Ульяновская область} \end{pmatrix} \theta_i = \begin{pmatrix} 0,83 \\ 1,00 \\ 1,00 \\ 1,00 \\ 1,00 \\ 1,00 \\ 0,94 \\ 1,00 \\ 0,97 \\ 1,00 \\ 1,00 \\ 0,77 \\ 1,00 \\ 1,00 \end{pmatrix}$$

Вместе с тем, десять субъектов оказались на 100 % эффективными, т.е. лежащими на фронте эффективности. И, формально, их сравнение между собой теряет смысл, поскольку оно невозможно. Это существенный недостаток непараметрического метода измерения сравнительной эффективности, по мнению некоторых исследователей [5], особенно заметен на фоне параметрических методов оценки эффективности, такого, как, например, стохастический граничный анализ. Андерсен и Петерсен (Andersen,

Petersen, 1993) предложили, очень простой метод ранжирования предприятий, лежащих на фронте эффективности, что стало известным как модель суперэффективности [6-8].

**Модель суперэффективности в приложении к оценке сравнительной эффективности**

Идея метода: исключение исследуемого объекта (обладающего 100%-й сравнительной эффективностью) из анализируемой совокупности

объектов и построение новой границы эффективности для множества из  $n-1$  объектов. Технически это достигается удалением одного неравенства в системе ограничений оптимизационной задачи линейного программирования и оставлении соответствующего единичного равенства.

Как и предыдущие DEA-модели, модель суперэффективности была реализована автором методом модульного программирования в среде MathCad. Оценки суперэффективности, полученные с помощью этой модели приведены ниже:

$$Субъекты_i = \begin{pmatrix} \text{Республика Башкортостан} \\ \text{Республика Мари Эл} \\ \text{Республика Мордовия} \\ \text{Республика Татарстан} \\ \text{Удмурдская республика} \\ \text{Чувашская республика} \\ \text{Пермский край} \\ \text{Кировская область} \\ \text{Нижегородская область} \\ \text{Оренбургская область} \\ \text{Пензенская область} \\ \text{Самарская область} \\ \text{Саратовская область} \\ \text{Ульяновская область} \end{pmatrix} SEf_i = \begin{pmatrix} 0,83 \\ 1,50 \\ 2,83 \\ 1,53 \\ 1,31 \\ 4,64 \\ 0,94 \\ 4,25 \\ 0,97 \\ 2,17 \\ 1,05 \\ 0,77 \\ 1,44 \\ 1,67 \end{pmatrix}$$

Теперь ситуация с лидерством среди субъектов округа определяется гораздо проще: первое место занимает Чувашская республика ( $SEf_6 = 4,64$ ), второе место, несколько отставая от лидера занимает (и неожиданно для экспертов) Кировская область ( $SEf_8 = 4,25$ ), на третьем месте республика Мордовия ( $SEf_3 = 2,83$ ). «Призер» прошлой пятилетки-Нижегородская область, в тройку лидеров не вошла. Любопытный факт, оценка аутсайдера, – Самарской области, ниже оценки лидера, – республики Чувашия, в  $\frac{4,64}{0,77} \approx 6$  раз.

### Оптимальная структура переменных экологической безопасности

На третьем этапе процедуры оценки, для определения ситуационной матрицы оптимальной

структуры переменных экологической безопасности региона, используется DEA-модель, предложенная в 1993 г. профессором Джо Чжу (Joe Zhu) из Школы бизнеса города Вустер (Англия). Эта модель (назовем ее JZ-модель), была так же реализована нами в среде Mathcad. Исходной информацией для JZ-модели послужили переменные «входа» ( $x_1, \dots, x_7$ ) и «выхода» ( $y_1$ ) CCR –модели, а также вектор (полученных ранее с ее помощью) оценок сравнительной эффективности  $Ef_i$ .

Матрица ( $optIN$ ) оптимальной структуры переменных инфраструктуры СБ, определенная с использованием JZ-модели, приведена ниже:

$$optIN_i = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 11.850.0333.39 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.18 & 0 & 60.38 & 0 & 1.97 & 0.26 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.61 & 0 & 17.92 & 68.89 & 43.04 & 1.69 & 62.1 \\ 0.4 & 0 & 25.58 & 0 & 4.44 & 0.36 & 0 \\ 0.43 & 12.64 & 43.25 & 69.89 & 3.04 & 2.43 & 37.52 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.03 & 1.3 & 1.56 & 1.44 & 6.51 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

JZ-модель дает информацию о внутренних резервах, позволяющих перейти к новой, оптимальной структуре переменных «входа», при которых система управления достигает уровня абсолютной эффективности. Так, например, применительно к региону аутсайдера – Самарской области, это означает,

что абсолютная эффективность государственных органов управления экологической безопасности в регионе будет достигнута при следующих значениях входных переменных (значения вектора  $optIN_5$ ):

- $x_1 = 0.7$  – интенсивность выбросов на единицу ВРП, т/млн. руб.;

- $x_2 = 0.0$  – доля городского населения, проживающего в городах с высоким и очень высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха, %;
- $x_3 = 61.05 * 0.77 - 0.03 = 47.32$  – доля загрязненных сточных вод в общем объеме сбросов, %;
- $x_4 = 10.8 * 0.77 - 1.3 = 7.02$  – доля проб воды, не соответствующих стандартам качества, %;
- $x_5 = 4.6 * 0.77 - 1.6 = 1.99$  – интенсивность образования отходов на единицу ВРП, т/млн. руб.;
- $x_6 = 4.7 * 0.77 - 1.4 = 2.18$  – интенсивность образования твердых коммунальных отходов, кг/чел.;
- $x_7 = 45.4 * 0.77 - 6.45 = 28.45$  – доля не использованных и не обезвреженных отходов текущего г., %.

Таким образом, при указанных значениях основных характеристик блока «Давление» модели ДСР (давление-состояние-реакция) государственный менеджмент в Самарской области может достигнуть уровня абсолютной сравнительной эффективности (при условии, сохранения другими регионами ранее достигнутого уровня эффективности менеджмента). Для того что бы создать «задел» экологической безопасности региона, местным профильным структурам, необходимо работать в направлении оптимизации системы управления ориентируясь на приведенные расчетные значения ключевых переменных.

### Заключение

Методология DEA-анализа разработана специально для оценки эффективности управления субъектов практически любого уровня и любой сферы деятельности поддающейся формализации. Она имеет неоспоримые преимущества по сравнению с традиционными эконометрическими методами такими как регрессионный анализ, анализ среды функционирования, DEA – анализ позволяет определить вектор поиска конструктивных решений в системе управления, при разработке индикативных планов и осуществлении контрольных функций в сравнении с конкурентным окружением.

### Список литературы

1. Debreu G. 1951. The coefficient of resource utilization. *Econometrica* 19 (3): 273–292.
2. Farrell, M.J. The measurement of Productive Efficiency / M.J. Farrell // *Journal of Royal Statistical Society*. – 1957. – V. 120, Part III
3. История экономических учений в вопросах и ответах. [http:// www. bibliotekar.ru/istoria-economicheskikh-ucheniy-1/61.htm](http://www.bibliotekar.ru/istoria-economicheskikh-ucheniy-1/61.htm) (дата обращения 05.04.2015).
4. Белоусова А.П., Семашко Л.Ю. Экологические аспекты устойчивого развития и характеризующие его индикаторы. [www.ustoichivo.ru/i/docs/33/1.doc](http://www.ustoichivo.ru/i/docs/33/1.doc) (дата обращения 24.01.2016)

5. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды в 2014 году. [http://www.ecogosedoklad.ru/2014/wwwOp1\\_5.aspx](http://www.ecogosedoklad.ru/2014/wwwOp1_5.aspx) (дата обращения 24.01.2016)

6. Лисситса А., Бабичева Т. Анализ оболочки данных (DEA)- современная методика определения эффективности производства. Discussion Paper №50 (2003). с. 28. Institut für Agrarentwicklung in Mittel- und Osteuropa (IAMO). Deutschland. <http://www.iamo.de/fileadmin/documents/dp50.pdf> (дата обращения 10.10.2015)

7. Andersen, P., Petersen, N.C. (1993): A procedure for ranking efficient units in Data Envelopment Analysis, *Management Science*, 39, pp. 1261–1264.

8. Волков А.П., Свердлов А.В., Рыков С.В. Управление экологической безопасностью подземных транспортных сооружений при различных режимах движения транспортных средств // *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия Экономика и экологический менеджмент*. 2015. № 3.

### References

1. Debreu G. 1951. The coefficient of resource utilization. *Econometrica* 19 (3): 273–292
2. Farrell, MJ The measurement of Productive Efficiency / MJ Farrell // *Journal of Royal Statistical Society*. – 1957. – V. 120, Part III
3. History of Economic Thought in questions and answers. [http:// www. bibliotekar.ru/istoria-economicheskikh-ucheniy-1/61.htm](http://www.bibliotekar.ru/istoria-economicheskikh-ucheniy-1/61.htm) (date of treatment 04/05/2015)
4. Belousov A.P. Semashko L.Y. Environmental aspects of sustainable development and is characterized by its indicators. [www.ustoichivo.ru/i/docs/33/1.doc](http://www.ustoichivo.ru/i/docs/33/1.doc) (date of treatment 01/24/2016)
5. State report on the state and protection of the environment in 2014. [http:// www. ecogosedoklad.ru/2014/wwwOp1\\_5.aspx](http://www.ecogosedoklad.ru/2014/wwwOp1_5.aspx) (date of treatment 01/24/2016)
6. Lissitsa A. Babichev T. Analysis envelope data (DEA) - a modern method of determining the efficiency of production. Discussion Paper №50 (2003). с. 28. Institut für Agrarentwicklung in Mittel- und Osteuropa (IAMO). Deutschland. [http:// www.iamo.de/fileadmin/documents/dp50.pdf](http://www.iamo.de/fileadmin/documents/dp50.pdf) (date of treatment 10/10/2015)
7. Andersen, P., Petersen, N.C. (1993): A procedure for ranking efficient units in Data Envelopment Analysis, *Management Science*, 39, pp. 1261–1264.
8. Volkov A.P., Sverdlov A.V., Rykov S.V. Management of ecological safety of underground transport constructions at various modes of the movement of vehicles//*the NIU ITMO Scientific magazine. Economy series and ecological management*. 2015. No. 3.