

УДК 519.8

Моргунов Евгений Павлович

канд. техн. наук, доцент,
доцент кафедры информатики
и вычислительной техники

Morgunov Evgeny Pavlovich

candidate of technical sciences, associate professor,
associate professor at computer science department

Моргунова Ольга Николаевна

канд. техн. наук, доцент,
доцент кафедры информатики
и вычислительной техники

Morgunova Olga Nikolaevna

candidate of technical sciences, associate professor,
associate professor at computer science department

**ОБЗОР РУССКОЯЗЫЧНЫХ НАИМЕНОВАНИЙ
МЕТОДА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ
DATA ENVELOPMENT ANALYSIS**

**THE REVIEW OF THE RUSSIAN-LANGUAGE NAMES
FOR THE SYSTEMS EFFICIENCY ASSESSMENT METHOD
OF DATA ENVELOPMENT ANALYSIS**

Россия, г. Красноярск

Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М. Ф. Решетнева

Russia, Krasnoyarsk

Siberian state university of science and technologies
named after academician M. F. Reshetnev

emorgunov@mail.ru

olgamorgunova@mail.ru

Аннотация: Рассмотрен метод оценки эффективности систем Data Envelopment Analysis (DEA). Предложена классификация подходов к выбору русскоязычного названия этого метода. Приведен обзор русскоязычных наименований метода DEA, используемых в литературе в настоящее время.

Annotation: The method of Data Envelopment Analysis (DEA) that is used for efficiency assessment of systems is considered. A classification of approaches to the choice of the Russian-language name of this method is proposed. The review of the Russian-language names of the DEA method, used in the literature at present, is given.

Ключевые слова: эффективность систем; Data Envelopment Analysis; DEA; Анализ Среды Функционирования; АСФ.

Key words: efficiency of systems; Data Envelopment Analysis; DEA.

Когда какой-либо научный метод длительное время используется в русскоязычной среде, то он приобретает и русскоязычное название. В нашей статье речь пойдет о методе Data Envelopment Analysis (DEA), применяемом для оценки эффективности систем. Метод DEA был предложен в 1978 г. американскими учеными A. Charnes, W. W. Cooper, E. Rhodes [15], которые основывались на идеях, изложенных в статье M. J. Farrell [18], опубликованной еще в 1957 г. Первоначально метод предназначался для оценки эффективности функционирования некоммерческих организаций. Он используется в России около двадцати лет, однако до сих пор не приобрел общепринятого названия на русском языке. На наш взгляд, название метода – это важный элемент терминологии, используемой в сфере исследования эффективности. Наличие одного такого общепринятого названия (или, возможно, двух названий) могло бы, на наш взгляд, способствовать более четкому пониманию того, о каком методе идет речь в статьях и книгах, даже без упоминания его оригинального названия.

В качестве примера приведем метод анализа иерархий (МАИ), предложенный Т. Саати в 1970-х гг. Он имеет устоявшееся название на русском языке. В предисловии к русскому переводу книги Т. Саати «Принятие решений. Метод анализа иерархий» говорится: «Хотелось бы остановиться на названии метода. По-английски оно звучит Analytic Hierarchy Process. В отдельных библиографических ссылках на русском языке это название переводилось по-разному: „процесс аналитической иерархии”, „аналитический иерархический метод” и т. п. Выбор вынесенного в заглавие книги названия обусловлен тем, что оно наиболее точно отражает суть разработанной Т. Саати методологии» [10]. А в книге О. И. Ларичева используется очень похожий перевод – «подход аналитической иерархии» [6].

Конечно, невозможно в директивном порядке внедрить в научную практику то или иное название метода. Поэтому целью статьи является попытка обратить внимание исследователей, применяющих метод DEA, на сложившуюся ситуацию, когда в научном обиходе встречается целый ряд разнообразных названий данного метода.

Прежде чем перейти к рассмотрению вариантов названия, присутствующих в разных источниках, приведем описание метода.

Метод DEA основан на построении так называемой *границы эффективности* в многомерном пространстве входных и выходных переменных, описывающих объекты, эффективность которых требуется

определить. Поэтому данный метод относится к классу граничных методов. Эта граница строится по реальным данным и представляет собой, по сути, оценку производственной функции для случая, когда выход является векторным. Степень эффективности конкретного объекта зависит от расстояния между ним и границей эффективности: чем дальше объект находится от границы, тем его эффективность ниже. Объекты, находящиеся на границе, считаются эффективными.

Каждый оцениваемый объект описывается совокупностью показателей. Метод требует разделения показателей на входные (входы, inputs) и выходные (выходы, outputs). Входные показатели – это используемые ресурсы, а выходные – это полученные результаты.

Необходимо собрать исходные данные для всех показателей. Затем в многомерном пространстве с координатами, соответствующими выбранным показателям, нужно представить точки, соответствующие исследуемым объектам. Если теперь построить гиперповерхность, огибающую (охватывающую) эти точки, то это и будет граница эффективности. Точки (объекты), которые попали на нее, будут считаться лучшими в исследуемой совокупности объектов, т. е. эффективными. Точки, которые на границу не попали, будут считаться неэффективными. Чем они дальше от границы эффективности, тем ниже их уровень эффективности. Конечно, для построения границы эффективности и проведения всех необходимых вычислений используются математические модели и программное обеспечение. Программным путем вычисляется и показатель эффективности для каждого исследуемого объекта. На рисунке 1 показаны примеры границы эффективности для простейшего случая, когда имеется только один вход (ресурс) и один выход (результат, продукт).

При использовании метода DEA важную роль играет такое понятие, как *эффект масштаба* (returns to scale). Его еще называют отдачей от масштаба. Упрощенно говоря, это означает следующее. Если при n -кратном увеличении объема ресурсов имеет место также n -кратное увеличение объема продукции, тогда эффект масштаба будет постоянным. Если же при n -кратном увеличении объема ресурсов увеличение объема продукции не будет в точности n -кратным (оно может быть как больше n , так и меньше), тогда эффект масштаба будет переменным.

Теперь вернемся к рисункам. Левый рисунок иллюстрирует границу эффективности для случая постоянного эффекта масштаба (constant returns to scale – CRS), а правый – для переменного (variable returns to scale – VRS). В первом случае граница имеет вид так называемого *выпуклого конуса*, а во втором – *выпуклой оболочки*. Оболочку можно образно сравнить со скорлупой ореха. Отметим, что

граница эффективности – понятие условное: она определяется эффективными (крайними) точками.

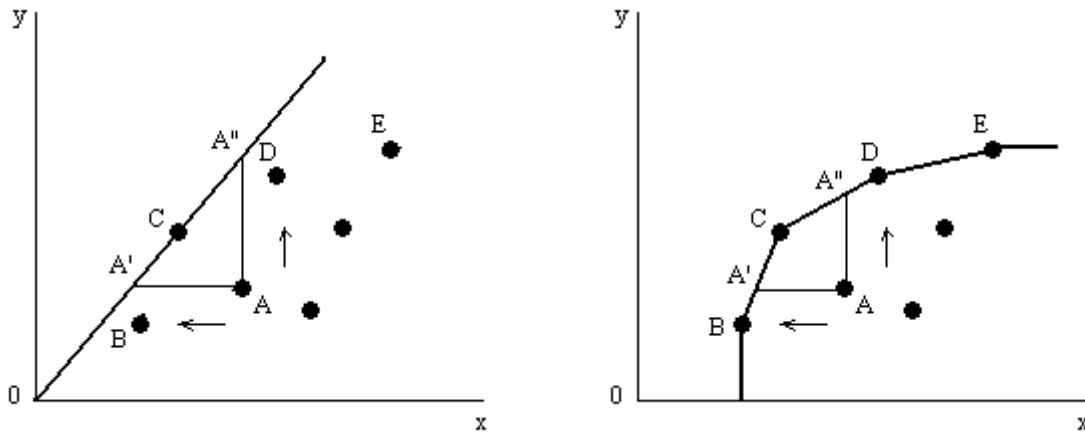


Рисунок 1. Граница эффективности в методе DEA для двухмерного случая

На обоих рисунках показано одно и то же множество объектов. Однако на левом рисунке будет только один эффективный объект – C. А на правом таких объектов больше, так как оболочка более тесно, чем конус, охватывает точки. Получаем следующие эффективные объекты: B, C, D и E. Объект A – неэффективный. Для определения его степени неэффективности точку A проецируют на границу эффективности. При этом возможны два направления проецирования, показанные стрелками.

Представим формализованное описание метода на примере одной из его моделей. Пусть требуется определить показатель эффективности каждого из n объектов. Такими объектами могут быть предприятия, организации, университеты, банки и т. д. Для описания каждого объекта o_j , $j = \overline{1, n}$, служит пара векторов $(\mathbf{x}_j, \mathbf{y}_j)$. При этом вектор $\mathbf{x}_j = (x_{j1}, \dots, x_{ji}, \dots, x_{jm})^T$ содержит входные показатели (входы) для объекта o_j , а вектор $\mathbf{y}_j = (y_{j1}, \dots, y_{jr}, \dots, y_{js})^T$ содержит выходные показатели (выходы) для объекта o_j . Тогда матрица $\mathbf{X} = (\mathbf{x}_j)$, имеющая размерность $m \times n$, содержит вектор-столбцы с входными данными для всех n объектов, а матрица $\mathbf{Y} = (\mathbf{y}_j)$, имеющая размерность $s \times n$, содержит вектор-столбцы с выходными данными для всех n объектов. В основе метода DEA лежит метод линейного программирования, поэтому модель формулируется в таком виде [16, с. 43]:

$$\begin{aligned}
& \min_{\theta, \lambda} (\theta), \\
& \theta \mathbf{x}_j - \mathbf{X}\lambda \geq \mathbf{0}, \\
& -\mathbf{y}_j + \mathbf{Y}\lambda \geq \mathbf{0}, \\
& \lambda \geq \mathbf{0}.
\end{aligned} \tag{1}$$

Скаляр θ и является мерой эффективности j -го объекта. Важно отметить, что $\theta \in (0; 1]$. Критерием эффективности объекта является условие $\theta = 1$. Объекты, имеющие такое значение показателя θ , считаются эффективными и находятся, как принято говорить, на границе эффективности. Аналогичная задача решается для каждого объекта, т. е. n раз.

Для объектов, имеющих $\theta < 1$, предлагаются рекомендуемые (целевые) значения показателей, достигнув которых, эти объекты также окажутся на границе эффективности. Определение целевых значений переменных для неэффективного объекта производится путем *проецирования* данного объекта на границу эффективности. Проецирование обеспечивается за счет присутствия в модели (1) коэффициента θ при векторе \mathbf{x}_j и наличия ограничения $\lambda \geq \mathbf{0}$. Вектор констант $\lambda = (\lambda_1, \dots, \lambda_j, \dots, \lambda_n)^T$ позволяет сформировать неотрицательную линейную комбинацию объектов, которая и будет являться гипотетическим (и при этом – эффективным) целевым объектом для того реального объекта, который оказался неэффективным. В этой линейной комбинации веса эффективных объектов будут ненулевыми, а веса неэффективных объектов будут равны нулю (т. е. $\lambda_j = 0$). Объекты, которые входят в эту линейную комбинацию с ненулевыми весами, называются эталонными. Значения коэффициентов λ_j отражают степень подобия неэффективного объекта эталонным объектам с точки зрения соотношения значений его показателей.

Модель (1) называется *ориентированной на вход*. Это объясняется тем, что коэффициент θ оказывает влияние на вектор входных переменных. При проецировании неэффективного объекта, например, A , на границу эффективности значения входов уменьшаются. На рисунке 1 направление проецирования для модели (1) показано горизонтальной стрелкой. Гипотетический объект A' будет целевым объектом для объекта A . Таким образом, граница эффективности служит в качестве эталона для проведения оценки эффективности объектов в исследуемой совокупности.

Модель, *ориентированная на выход*, может быть построена аналогично [16, с. 58].

$$\begin{aligned}
& \max_{\varphi, \lambda} (\varphi), \\
& \mathbf{x}_j - \mathbf{X}\lambda \geq \mathbf{0}, \\
& -\varphi \mathbf{y}_j + \mathbf{Y}\lambda \geq \mathbf{0}, \\
& \lambda \geq \mathbf{0}.
\end{aligned} \tag{2}$$

При этом изменяется направление проецирования объектов, которое на рисунке 1 показано вертикальной стрелкой. Поэтому для неэффективного объекта A целевым эталонным объектом будет являться объект A'' . В данном случае показатель эффективности – скаляр $\varphi \in [1; \infty)$. Для неэффективных объектов (имеющих $\varphi > 1$) будут выданы рекомендации по пропорциональному увеличению значений выходных переменных в φ раз. При этом значения входных переменных увеличиваться не должны. На практике значение показателя эффективности зачастую переводится в диапазон $(0; 1]$ за счет использования обратной величины $1 / \varphi$.

В модели (1) и (2) может быть введено дополнительное ограничение $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$, что приведет к изменению конфигурации границы эффективности – она приобретет форму *выпуклой оболочки*. Иллюстрация приведена на рисунке 1 справа. Соответственно, гипотетический целевой объект, который будет являться эталоном для неэффективного объекта, будет формироваться как выпуклая линейная комбинация эффективных объектов $(\mathbf{X}\lambda, \mathbf{Y}\lambda)$. Выпуклой оболочке соответствует допущение о переменном эффекте масштаба, имеющем место в данной совокупности исследуемых объектов.

На рисунке 1 показано, что, независимо от ориентации модели на вход или на выход, оценивается одна и та же граница эффективности, а изменяется лишь направление проецирования точки в многомерном пространстве \mathbf{R}^{m+s} .

Метод DEA имеет ряд привлекательных свойств [17, с. 8]:

- он позволяет вычислить один интегральный (агрегированный) *скалярный* показатель для каждого из объектов, таким показателем удобно пользоваться;
- не требует указывать весовые коэффициенты для показателей, что снижает уровень субъективности при получении результата;
- может обрабатывать много входных и выходных показателей, при этом они могут быть представлены в разных единицах измерения;
- не налагает никаких ограничений на функциональную форму зависимости между входами и выходами;
- формирует Парето-оптимальное множество точек, соответствующих эффективным объектам;

– выдает рекомендуемые значения показателей для неэффективных объектов, при достижении которых эти объекты были бы выведены на границу эффективности;

– позволяет при необходимости учесть предпочтения менеджеров, касающиеся важности тех или иных входных или выходных переменных;

– концентрируется на выявлении примеров так называемой лучшей практики (best practice), а не на каких-либо усредненных тенденциях, как, например, регрессионный анализ.

На наш взгляд, возможны следующие подходы к выбору (или формированию) русскоязычного названия метода DEA:

– буквальный пословный перевод оригинального названия;

– наименование в честь авторов метода;

– наименование, отражающее назначение метода или сферу применения;

– наименование, отражающее механизм, принцип работы или основную идею (суть) метода.

Переводы слов data и analysis хорошо известны и не нуждаются в пояснениях. Затруднения может вызвать перевод слова envelopment. В англо-русском словаре математических терминов это слово не представлено, а вот для слова envelop там предлагаются следующие переводы: 1. обвертывать; обволакивать; окружать; 2. огибать, окружать [2].

Использовать русскоязычное название метода, включающее фамилии его авторов, вряд ли возможно, поскольку одна из моделей метода, представленная в статье выражениями (1) и (2), уже носит такое название – ССР. В этой аббревиатуре использованы первые буквы фамилий авторов метода. К тому же, авторов – трое, в таком случае «фамильное» название получится слишком длинным.

Довольно широкое распространение получил вариант, предложенный В. Е. Кривоножкой и его коллегами, – «Анализ Среды Функционирования» (АСФ) [1, 3, 5, 7, 12, 13]. Попытаемся восстановить ход рассуждений авторов этого названия. Слово «анализ» является буквальным переводом слова analysis из оригинального названия. Метод предназначен для оценки эффективности сложных объектов, но эффективность проявляется только в процессе функционирования объекта. Таким образом, появление слова «функционирование» в названии вполне закономерно. Что можно сказать насчет слова «среда»? Рискнем предположить, что оно появилось по следующей причине: метод работает с группой объектов, каждый из которых оценивается по очереди, а остальные как раз и образуют ту среду, в которой

функционирует оцениваемый объект. В результате получается – «Анализ Среды Функционирования».

В работе [8] используется такой вариант – «метод оболочивающей поверхности». Хотя в оригинальном названии нет слова «поверхность» (surface), но из описания метода мы знаем, что под такой поверхностью подразумевается граница эффективности. Таким образом, в этом варианте перевода используется знание о принципе работы метода.

В этой же работе [8] присутствует еще один вариант – «метод оболочки данных». В оригинальном названии также нет слова «оболочка» (hull), но о ее важной роли в механизме работы метода мы знаем из его описания.

В работе [14] предлагается такой вариант – «анализ свертки данных». Рискнем предположить, что под сверткой в данном случае понимается следующая особенность метода: он формирует один скалярный показатель эффективности для каждого объекта. Таким образом, многомерное описание каждого объекта, представленное с помощью входных и выходных показателей, преобразуется в скалярную величину, что и можно считать сверткой данных. Но в отличие от обычной свертки, при выполнении которой весовые коэффициенты задаются заранее, в методе DEA эти коэффициенты вычисляются в результате решения задачи линейного программирования для *каждого* объекта.

Метод DEA не налагает никаких ограничений на функциональную форму зависимости между входами и выходами, т. е. он является непараметрическим. Эта его особенность отражена в таком варианте названия – «непараметрический метод анализа оболочки данных (АОД)» [11]. Этот вариант является самым многословным из всех тех, которые нам довелось встретить в литературе.

Встретилось и название, которое ближе всех остальных к дословному переводу оригинального названия – «анализ „упаковки” (охвата) данных» [4].

В работе [9] используется такой вариант – DEA-анализ. Это очень похоже по способу формирования на термин «IT-технологии», когда одно и то же слово присутствует и в составе аббревиатуры, и в полной форме.

Таким образом, имеет место большое разнообразие русскоязычных названий метода DEA. На наш взгляд, при выборе наименования следует использовать следующие критерии: оно должно соответствовать теории метода, быть оригинальным и благозвучным. Его непохожесть на названия других методов позволит избежать путаницы и сделает метод DEA легко узнаваемым без обращения к его оригинальному названию.

Литература

1. Анализ эффективности функционирования сложных систем [Текст] / В. Е. Кривоножко, А. И. Пропой, Р. В. Сеньков, И. В. Родченков, П. М. Анохин // Автоматизация проектирования. – 1999. – № 1. – С. 2–7.
2. Англо-русский словарь математических терминов [Текст] / Под ред. П. С. Александрова. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Мир, 1994. – 416 с.
3. Антонов, А. В. Разработка процедур коррекции параметров финансовых институтов на основе технологии анализа среды функционирования [Текст] : дис. ... канд. физ.-мат. наук : 05.13.18 / Алексей Валерьевич Антонов. – Долгопрудный, 2000. – 109 с.
4. Дилигенский, Н. В. Сравнительный многокритериальный анализ эффективности операционной деятельности промышленных предприятий [Текст] / Н. В. Дилигенский, М. В. Цапенко, А. Н. Давыдов // XII Международная конференция «Проблемы управления и моделирования в сложных системах», 21–23 июня 2010 г. : труды / Ин-т проблем управления сложными системами РАН. – Самара, 2010. – С. 126–136.
5. Кривоножко, В. Е. Анализ деятельности сложных социально-экономических систем [Текст] / В. Е. Кривоножко, А. В. Лычев. – М. : Издательский отдел факультета ВМ и К МГУ ; МАКС Пресс, 2010. – 208 с.
6. Ларичев, О. И. Теория и методы принятия решений, а также Хроника событий в Волшебных странах : учебник [Текст] / О. И. Ларичев. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М. : Логос, 2002. – 392 с.
7. Лычев, А. В. Развитие и обобщение моделей методологии Анализа Среды Функционирования для анализа деятельности сложных систем [Текст] : дис. ... канд. физ.-мат. наук : 05.13.01 / Андрей Владимирович Лычев ; [Место защиты: Ин-т систем. анализа РАН]. – М., 2008. – 105 с.
8. Понькина, Е. В. Технологическая эффективность производства продукции растениеводства: измерение на основе эконометрических методов Data Envelopment Analysis и Stochastic Frontier Analysis [Текст] / Е. В. Понькина, Д. В. Курочкин // Известия Алтайского гос. ун-та. – 2014. – Вып. 1 (81). – С. 170–178.
9. Порунов, А. Н. Оценка сравнительной эффективности государственного менеджмента экологической безопасности в регионе методом ДЕА-анализа (на примере Приволжского федерального округа) [Текст] / А. Н. Порунов // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и экологический менеджмент». – 2016. – № 1. – С. 104–111.

10. Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий [Текст] : пер. с англ. / Т. Саати. – М. : Радио и связь, 1993. – 278 с.

11. Сазонова, Д. Д. Оценка технической эффективности использования производственных ресурсов в фермерских хозяйствах [Текст] / Д. Д. Сазонова, С. Н. Сазонов // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2012. – Вып. 3–4. – С. 108–128.

12. Сафин, М. М. Построение алгоритмов сечений эффективного фронта аффинными подпространствами в методологии Анализа Среды Функционирования [Текст] : дис. ... канд. физ.-мат. наук : 05.13.01 / Михаил Масхутович Сафин ; [Место защиты: Ин-т систем. анализа РАН]. – М., 2008. – 128 с.

13. Сеньков, Р. В. Параметрические методы оптимизации в анализе эффективности сложных систем на основе АСФ технологии [Текст] : дис. ... канд. физ.-мат. наук : 05.13.18 / Роман Викторович Сеньков. – М., 2002. – 153 с.

14. Федотов, Ю. В. Измерение эффективности деятельности организации: особенности метода DEA (анализа свертки данных) [Текст] / Ю. В. Федотов // Российский журнал менеджмента. – 2012. – № 2. – С. 51–62.

15. Charnes, A. Measuring the efficiency of Decision Making Units [Text] / A. Charnes, W. W. Cooper, E. Rhodes // European journal of operational research. – 1978. – Vol. 2. – P. 429–444.

16. Cooper, W. W. Data Envelopment Analysis [Text] : A comprehensive text with models, applications, references, and DEA-Solver software / W. W. Cooper, L. M. Seiford, K. Tone. – 2nd ed. – New York : Springer, 2007. – xxxviii, 490 p.

17. Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology, and Application / A. Charnes, W. W. Cooper, A. Y. Lewin, L. M. Seiford. – Boston : Kluwer Academic Publishers, 1994. – 513 pp.

18. Farrell, M. J. The measurement of productive efficiency [Text] / M. J. Farrell // Journal of The Royal Statistical Society, Series A (General), Part III. – 1957. – Vol. 120. – P. 253–281.