

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

ПРОДВИЖЕНИЕ МЕТОДА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ DATA ENVELOPMENT ANALYSIS В РОССИИ

ADVANCE OF THE SYSTEMS EFFICIENCY ASSESSMENT METHOD OF DATA ENVELOPMENT ANALYSIS IN RUSSIA

Россия, г. Красноярск

Сибирский государственный аэрокосмический
университет имени академика М. Ф. Решетнева

Russia, Krasnoyarsk

Siberian state aerospace university

named after academician M. F. Reshetnev

emorgunov@mail.ru

olgamorgunova@mail.ru

Аннотация: Рассмотрен метод оценки эффективности систем Data Envelopment Analysis (DEA). Дан анализ положения дел относительно использования данного метода в России. Представлен web-ресурс, цель создания которого – способствовать дальнейшему продвижению метода DEA в нашей стране. Данный web-ресурс содержит не только теоретические материалы, но также и авторскую компьютерную программу, позволяющую проводить вычисления по моделям DEA.

Annotation: The method of Data Envelopment Analysis (DEA) that is used for efficiency assessment of systems is considered. The analysis of a situation concerning use of this method in Russia is given. The web resource that is created for promoting further advance of the DEA method in our country is presented. This web resource contains not only theoretical materials, but also

the original computer program allowing to carry out calculations on the DEA models.

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

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

Сложные системы имеют целый ряд характеристик, которые описывают их состояние и функционирование. Одним из главных показателей является эффективность системы. Эффективность проявляется только в процессе функционирования системы и отражает степень ее пригодности для использования по назначению. Это интегральный показатель, который нельзя измерить непосредственно.

В паспортах научных специальностей 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации» и 05.13.10 «Управление в социальных и экономических системах» большое внимание уделено именно проблеме повышения эффективности систем.

Эффективность можно рассматривать с двух позиций: с позиции степени достижения цели или с позиции соотношения затраченных ресурсов и полученных результатов. В английском языке для этих двух подходов даже существуют различные термины: «effectiveness» и «efficiency» [23, с. 66].

Для оценки показателя эффективности систем используются различные методы. Но мы в данной статье рассмотрим метод Data Envelopment Analysis (DEA) [21, 22, 23]. Целью настоящей работы является попытка внести вклад в продвижение метода DEA в России и способствовать самоорганизации сообщества исследователей, применяющих этот метод на практике или ведущих разработки и исследования в данной сфере. Для этого нами создан web-ресурс, на котором размещены материалы, касающиеся DEA, а также авторское программное обеспечение. Подробно web-ресурс рассматривается в заключительной части доклада.

Метод DEA был предложен в 1978 г. американскими учеными A. Charnes, W. W. Cooper, E. Rhodes [21], которые основывались на идеях, изложенных в статье M. J. Farrell [24], опубликованной в далеком 1957 г. Первоначально метод предназначался для оценки эффективности функционирования некоммерческих организаций.

Метод 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. Степень эффективности конкретного объекта зависит от расстояния между ним и границей эффективности. Эта граница строится по реальным данным и представляет собой, по сути, оценку производственной функции для случая, когда выход является векторным.

Представим формализованное описание метода на примере одной из его моделей. Пусть требуется определить показатель эффективности каждого из n однородных объектов. Такими объектами могут быть предприятия, организации, университеты, банки и т. д. Для описания каждого объекта o_j , $j=1, n$, 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 [23, с. 58]:

$$\begin{aligned} & \max_{\eta, \mu} (\eta), \\ & \mathbf{x}_0 - \mathbf{X}\mu \geq \mathbf{0}, \\ & \eta\mathbf{y}_0 - \mathbf{Y}\mu \leq \mathbf{0}, \\ & \mu \geq \mathbf{0}. \end{aligned}$$

В этой модели индекс 0 означает индекс оцениваемого объекта, например, очередного университета из сформированной группы университетов. При этом весовые коэффициенты показателям заранее не назначаются. Скаляр η и является мерой эффективности оцениваемого объекта. Важно отметить, что $\eta \geq 1$. Критерием эффективности объекта является условие $\eta = 1$. Объекты, имеющие такое значение показателя η , считаются эффективными и находятся, как принято говорить, на *границе эффективности*. Аналогичная задача решается для каждого объекта, т. е. n раз. Поскольку на практике удобнее использовать показатель эффективности, когда он принимает значение от 0 до 1, то для перевода значения η в диапазон (0; 1] используют обратную величину $1 / \eta$.

Метод DEA применяется в различных предметных областях и в различных контекстах, в том числе и тогда, когда между входными и выходными показателями, описывающими исследуемые объекты, нет прямой технологической зависимости, какая имеет место в материальном производстве. В случае отсутствия такой «материальной»

связи поступают следующим образом: показатели, для которых желательным является снижение их значений, относят к входным, а показатели, значения которых желательно увеличивать, относят к выходным.

Метод DEA имеет ряд особенностей, например: если какой-либо из оцениваемых объектов имеет наилучшее значение одного из показателей среди всех объектов, то этот объект обязательно будет находиться на границе эффективности, т. е. его показатель эффективности будет равен 1.

Для практического использования метода необходимо программное обеспечение (ПО). В настоящее время разработан целый ряд программ, часть из которых является свободно распространяемыми. Кратко рассмотрим некоторые из них.

PIM-DEA Soft (Performance Improvement Management Software) (<http://deazone.com/en/software>). Это коммерческое ПО, имеющее следующие характеристики:

- реализует множество моделей DEA;
- отражает результаты последних теоретических разработок;
- имеет развитые средства для работы с большими массивами данных (например, автоматический выбор подмножеств объектов по категориям для обработки в пакетном режиме);
- поддерживает экспорт и импорт данных в/из Microsoft Excel;
- имеет хорошие средства для визуализации результатов моделирования.

DEAOS (DEA Online Software) (<https://www.deaos.com>). Это web-приложение, поэтому никакая установка ПО на локальном компьютере не требуется. Для работы нужно получить логин и пароль на сайте, отправив запрос по электронной почте. При бесплатном доступе число исследуемых объектов не может превышать 15, а число переменных в задаче – 4. Для получения больших возможностей нужно заплатить определенную сумму. Реализовано более 10 моделей DEA. Результаты вычислений визуализируются в наглядной форме, создаются графики. Исходные данные можно ввести вручную на сайте или импортировать из Microsoft Excel. Результаты можно экспортировать в Microsoft Excel, в файлы форматов pdf и html.

Пожалуй, одной из самых популярных и известных можно считать программу DEAP (<http://www.uq.edu.au/economics/cepa/deap.php>), написанную австралийским профессором Т. Coelli [22]. Эта программа является свободным ПО. Ее достоинство – простота использования. Для хранения данных используются текстовые файлы, структурированные в соответствии с определенными требованиями. Эта программа является консольным приложением, т. е. не имеет графического интерфейса

пользователя. Хотя реализованы только базовые модели метода DEA, тем не менее, она позволяет выполнять довольно сложные исследования.

За годы, прошедшие с момента создания метода DEA, было написано множество статей и книг, посвященных ему, проведены сотни исследований с использованием этого метода. На Западе есть даже специальный журнал, в котором публикуются статьи по вопросам эффективности систем, – *Journal of Productivity Analysis*.

Насколько нам известно, в России метод DEA впервые начал использоваться профессором В. Е. Кривоножкой и его аспирантами и коллегами из Института системного анализа РАН. Они опубликовали свои первые статьи по этому методу еще в конце 90-х годов прошлого столетия (см., например, [1]).

В последние 15 лет метод DEA стал постепенно распространяться в России. Он использовался в различных сферах: финансовой [2, 5], нефтегазовой [1, 4], агропромышленной [14, 15], торговой [9]. Применялся он для управления воспроизводством человеческого капитала [20], для выполнения сравнительной оценки эффективности регионов России [18], а также в энергетике и энергоснабжении [6, 7]. Публикации, посвященные ему, появлялись в солидных журналах [3, 5], защищались диссертации [2, 4, 8, 9, 11, 12, 13, 16, 17, 20], издан учебник [10].

В настоящее время еще не сформировался общепринятый русскоязычный эквивалент названия метода. В. Е. Кривоножка и его коллеги используют такой – «Анализ Среды Функционирования» (АСФ) [1, 2, 10, 11, 16, 17]. В оригинальном названии метода есть слово *envelopment* (обертывание). Граница эффективности как бы огибает, или обертывает, точки, соответствующие исследуемым объектам в многомерном пространстве. Эта особенность отражена и в некоторых вариантах перевода названия метода на русский язык: «метод обволакивающей поверхности» [14] и «метод оболочки данных» [14], «анализ свертки данных» [19], «непараметрический метод анализа оболочки данных (АОД)» [15], «анализ „упаковки“ (охвата) данных» [7].

Конечно, наиболее авторитетными источниками информации по методу DEA являются учебники, монографии и статьи в журналах. Но в дополнение к ним очень важную роль в англоязычном Интернете играют и сайты, в том числе персональные, посвященные этому методу. На этих сайтах предлагается ПО, реализующее метод DEA, а также материалы, позволяющие сделать первые шаги в использовании метода. На наш взгляд, такие сайты очень полезны для начинающих исследователей, да и не только для них. В западном сегменте Интернета есть большой сайт, всецело посвященный DEA, <http://www.deazone.com>. Его поддерживает профессор А. Emrouznejad. Однако в российском сегменте Интернета

аналогичного web-ресурса нам найти не удалось. Мы решили создать web-ресурс, который призван способствовать продвижению метода DEA в России. Его адрес в сети Интернет – <http://www.morgunov.org>. На нашем сайте размещены следующие материалы, касающиеся DEA.

1. Краткое введение в метод DEA. Оно позволяет получить первое представление о методе.

2. Практический пример проведения небольшого исследования. В качестве объектов выбраны регионы России. Исследование проведено в несколько этапов, на каждом из которых производился и обосновывался выбор моделей DEA, а затем выполнялась интерпретация полученных результатов.

3. Кандидатские диссертации авторов настоящего доклада [12, 13]. Мы надеемся, что в будущем нам удастся пополнить коллекцию диссертаций, в которых используется или развивается метод DEA (конечно же, с согласия их авторов). Аспиранты, заинтересовавшиеся этим методом, смогут в одном месте получить представление не только о самом методе, но и том, как его использовали их предшественники в своих диссертационных работах.

4. Доклады на конференциях и статьи, в которых рассматривается, развивается или используется метод DEA.

5. Полезные ссылки на литературу и другие сайты.

6. Авторская компьютерная программа. Эта программа пока что реализует только две модели метода DEA, которые называются моделями ССР и ВСС (в их названиях используются первые буквы фамилий их авторов) [23]. Это базовые модели. При этом реализована возможность выбора ориентации моделей на вход или на выход. Поскольку это web-приложение, то всю подготовительную работу и вычисления можно провести непосредственно на сайте: выбрать число исследуемых объектов, а также число входных и выходных переменных, ввести названия объектов и переменных, ввести исходные данные и получить результирующий отчет в окне браузера. Для использования программы никакой регистрации не требуется. Хотя эта программа очень простая, тем не менее, она позволяет выполнить несложное исследование на основе своих исходных данных. Формат выходного отчета специально сделан таким же, как и у программы DEAP, разработанной австралийским профессором Т. Coelli [22], поскольку эта программа очень популярна в среде исследователей, использующих DEA.

Мы надеемся, что наш web-ресурс будет способствовать продвижению метода DEA среди студентов и преподавателей российских вузов, а также среди аналитиков-практиков. Возможно, он внесет небольшой вклад в формирование в России сообщества специалистов, использующих DEA. Надеемся также, что в результате

объединения усилий такого сообщества в будущем удастся провести конференцию, посвященную вопросам эффективности систем, или организовать специализированную секцию «Эффективность систем» в рамках конференции «Системный анализ».

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. 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.

3. Выгон, Г. В. Анализ связи технологической эффективности и рыночной капитализации компаний [Текст] / Г. В. Выгон, А. Б. Поманский // Экономика и математические методы. – 2000. – Т. 36, вып. 2. – С. 70–87.

4. Выгон, Г. В. Методы оценки нефтяных компаний в условиях неопределенности [Текст] : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.13 / Григорий Вадимович Выгон. – М., 2000. – 115 с.

5. Головань, С. В. Непараметрические оценки эффективности российских банков [Текст] / С. В. Головань, В. В. Назин, А. А. Пересецкий // Экономика и математические методы. – 2010. – Т. 46, вып. 3. – С. 43–57.

6. Дилигенский, Н. В. Системный анализ и оптимизация проектных решений энергоснабжения жилого здания в современных строительных технологиях [Текст] / Н. В. Дилигенский, В. И. Немченко, М. В. Посашков // Известия Самарского научного центра РАН. – 2010. – Т. 12, №4 (3). – С. 553–557.

7. 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.

8. Катков, В. А. Граничные методы оценки эффективности для экономических объектов со сложной структурой [Текст] : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.13 / Владислав Александрович Катков. – Иваново, 2013. – 131 с.

9. Костерин, И. Г. Разработка моделей и методов анализа эффективности объектов торговой сети на основе технологии бенчмаркинга [Текст] : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.13 / Илья Геннадьевич Костерин. – Нижний Новгород, 2009. – 175 с.

10. 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.

11. 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.

12. Моргунов, Е. П. Многомерная классификация на основе аналитического метода оценки эффективности сложных систем [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.01 / Евгений Павлович Моргунов. – Красноярск, 2003. – 160 с.

13. Моргунова, О. Н. Методы и алгоритмы исследования эффективности сложных иерархических систем [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.01 / Ольга Николаевна Моргунова. – Красноярск, 2006. – 153 с.

14. 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.

15. 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.

16. 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.

17. 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.

18. Соловьев, М. Н. Разработка математической модели сравнительной оценки эффективности регионов России [Текст] / М. Н.

Соловьев, С. В. Пестриков // Вестник Самарского гос. техн. ун-та. Сер.: Физ.-мат. науки. – 2008. – № 1 (16). – С. 175–177.

19. 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.

20. Шевелева, Р. Н. Инструменты управления воспроизводством человеческого капитала для инновационного развития региона [Текст] : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / Регина Николаевна Шевелева. – Красноярск, 2011. – 147 с.

21. 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.

22. Coelli, T. An introduction to efficiency and productivity analysis / T. Coelli, D. S. Prasada Rao, G. E. Battese. – Boston : Kluwer Academic Publishers, 1998. – 275 p.

23. 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.

24. 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.