

УДК 338.49 /65.012.122

А.Н. Алимханова, А.А. Мицель

Оценка эффективности предприятий на основе метода DEA

Рассматривается вопрос о применении выход-ориентированной модели Data Envelopment Analysis (DEA) как способа оценки эффективности деятельности предприятий с использованием финансовых показателей, которые описывают финансово-хозяйственную деятельность предприятий. Для применимости модели была выполнена её модификация так, чтобы связь между входными и выходными финансовыми показателями в модели была прямо пропорциональной, как это имеет место в классической модели DEA. Приводятся результаты моделирования на основе данных из открытых источников за период 2013–2016 гг. предприятий по распределению газообразного топлива. Для анализа были отобраны успешные предприятия и предприятия-банкроты. Результаты расчетов показали, что модель DEA может использоваться для оценки риска банкротства предприятий.

Ключевые слова: оценка эффективности, DEA-анализ, модели банкротства, финансовые показатели, банкротство, эффективность.

doi: 10.21293/1818-0442-2019-22-2-104-108

Проблема оценки эффективности функционирования предприятий является одной из основных, которая стоит перед собственниками и управляющими лицами.

Одним из способов анализа эффективности предприятия является метод Data Envelopment Analysis (DEA). Это непараметрический метод оценивания группы действующих объектов, позволяющий выявить эффективные и неэффективные группы предприятий.

Обзор литературы

Существует большое количество исследовательских работ по использованию метода DEA в различных сферах деятельности: экономической, социальной и др.

М. Фаррелл впервые предпринял попытку измерить эффективность одной единицы конечной продукции с одним входным и одним выходным параметром [1]. Его идея состояла в том, чтобы объединить все различные входные и выходные параметры. Он применил данную модель в такой отрасли, как сельское хозяйство США. Его идею в дальнейшем развили американские ученые А. Чарнез, У. Купер, Е. Родес [2], которые создали первую DEA-модель.

Для диагностики финансового состояния в работе Т.А. Рукавициной и В.В. Смолина [3] рассматривается аптечная сеть из 36 филиалов. Каждый филиал аптечной сети оценивается по трем входам и одному выходу, по трем входам и трем выходам. Авторы в качестве входных параметров анализируют коммерческие расходы, численность сотрудников, общую площадь филиала, а в качестве выходных параметров рассматривается выручка от реализации, выручка реализации, разбитая по сегментам рынка [3]. Они отмечают, что довольно часто возникают задачи по анализу функционирования целого ряда организаций, характеристики которых не поддаются комплексному одностороннему измерению. Поэтому основная цель работы [3] – добиться повышения эффективности функционирования одной структуры однотипных торговых предприятий – сети аптек.

Другие авторы [4] рассматривают вопрос о возможности применения метода DEA для оценки эффективности деятельности предприятий в социальной сфере ЖКХ. Результатом их работы является группа «кластеров», которая содержит объекты, однородные не в смысле расстояния в пространстве показателей, как в кластерном анализе, а однородные в смысле эффективности. Еще одним отличием от кластерного анализа является то, что полученные «кластеры» будут упорядочены по степени эффективности [4].

Анализируя работы [1–9], можно выделить, что метод позволяет вычислить один агрегированный показатель эффективности для каждого объекта без использования весовых коэффициентов для переменных, используемых в анализе, а также возможность оценить эффективность предприятия с учетом множества видов ресурсов и выпускаемой продукции. Во всех рассмотренных и известных нам работах метод DEA применяют к экономическим объектам, которые описываются производственной функцией. Входными данными являются объемы затраченных ресурсов, выходными данными – объемы выпускаемой или реализованной продукции. Поэтому связь между выходными и входными данными всегда прямо пропорциональная.

В данной работе экономический объект описывается не объемами затраченных ресурсов и выпускаемой продукции, а финансовыми показателями. В качестве исследуемых объектов рассматриваются российские предприятия по распределению газообразного топлива.

Общая характеристика метода DEA

DEA основан на построении границы эффективности, которая и является аналогом производственной функции, когда выпуск является не скалярным, а векторным, т.е. когда выпускается несколько видов продукции.

Существует две модели метода DEA: модель, ориентированная на вход и модель, ориентированная на выход.

В работах [6–11] подробно рассматривается модель, ориентированная на вход. В данном исследовании рассматривается модель, ориентированная на выход.

В модели, ориентированной на выход, результатом будет являться выдача рекомендаций по увеличению значений вектора выходов $y^{(j)}$ без увеличения значений вектора $x^{(j)}$ (j – номер экономического объекта). Здесь выходные переменные рассчитываются по формуле

$$y_{\text{рекомен}}^{(j)} = v \cdot y^{(j)}, \quad (1)$$

где v – показатель эффективности j -го объекта, $y^{(j)}$ – вектор значений выходных переменных для j -го объекта.

Модель, ориентированная на выход, имеет вид

$$\begin{aligned} f(v, L) &= v + L \cdot 0 \rightarrow \max, \\ -v \cdot y^{(i)} + Y \cdot L &\geq 0, \\ x^{(i)} - X \cdot L &\geq 0, \\ L_i &\geq 0, \quad i = 1, \dots, n. \end{aligned} \quad (2)$$

В качестве меры эффективности финансово-хозяйственной деятельности предприятия можно рекомендовать величину

$$T_{\text{out}} = \exp(-(v-1)). \quad (3)$$

В этом случае для предприятий, работающих на границе эффективности ($v=1$), величина $T_{\text{out}} = 1$, а для неэффективных предприятий ($v > 1$) величина $T_{\text{out}} < 1$.

В DEA-модели входы и выходы могут измеряться в различных шкалах, что позволяет оценивать эффективность с разным набором ресурсов, а также позволяет ранжировать объекты по уровням эффективности. Результаты расчетов позволяют определить неэффективные предприятия и дать рекомендации по повышению их эффективности. Всё перечисленное выше является особенностями данного метода.

В отличие от других работ [2–5], [12–14] в данном исследовании мы не используем принцип «затраты–выпуск». В качестве входных и выходных параметров используются не объемы затраченных ресурсов и выпускаемой продукции, а финансовые показатели, которые характеризуют финансово-хозяйственную деятельность предприятия в целом. Для этой цели предварительно проводится исследование корреляционных связей между входными и выходными финансовыми показателями. Для успешного применения метода DEA потребовалась модификация исходных данных. Входные данные были перегруппированы на две группы. В первой группе статистическая связь между входами и выходами является прямо пропорциональной, для второй – обратно пропорциональной. Чтобы выполнялись правила существования прямо пропорциональной зависимости между входами и выходами, входные показатели второй группы определяются следующим образом (4):

$$X2_{ij} = \frac{1}{X1_{ij}}, \quad i=1, \dots, m; \quad j=1, \dots, n, \quad (4)$$

где $X1$ и $X2$ – матрицы финансовых показателей 1-й и 2-й групп соответственно, i – количество предприятий, j – количество показателей [15].

Результаты исследования эффективности предприятий по распределению газообразного топлива

В качестве входных и выходных параметров рассматриваются финансовые показатели. Для оценки финансово-хозяйственной деятельности предприятия часто используют систему показателей:

- оценка ликвидности;
- оценка рентабельности;
- оценка финансовой устойчивости;
- оценка деловой активности.

В каждой группе насчитывается от 6 до 12 различных коэффициентов. Для исследования не включались дублирующие коэффициенты. Например, был исключен коэффициент оборачиваемости запасов в днях, но включен коэффициент оборачиваемости запасов в оборотах.

Для дальнейшей работы необходимо было отобрать показатели, которые являются наиболее значимыми. Все финансовые коэффициенты тесно связаны друг с другом. При их анализе важно обнаружить эти связи и показать, как различные количественные характеристики деятельности предприятия связаны с общими результатами деятельности предприятия. При отборе показателей использовался факторный анализ (ФА), который позволил сократить число анализируемых показателей с 32 до 14.

Для проведения исследования используем информационно-эмпирическую базу, которой послужат данные из 1-й и 2-й форм обязательной финансовой отчетности. Данные были собраны из открытых источников, таких как СПАРК-Интерфакс и СКРИН. Проиллюстрируем модель DEA для 10 входных и 4 выходных параметров. В качестве входных и выходных параметров рассматриваются финансовые показатели, которые описывают финансово-хозяйственную деятельность предприятия.

Входные параметры:

- 1) коэффициент капитализации;
- 2) коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами;
- 3) коэффициент платежеспособности;
- 4) коэффициент при мобилизации средств;
- 5) рентабельность совокупного капитала;
- 6) рентабельность внеоборотного капитала;
- 7) рентабельность перманентного капитала;
- 8) оборачиваемость заемного капитала;
- 9) оборачиваемость кредиторской задолженности;
- 10) оборачиваемость дебиторской задолженности).

Выходные параметры:

- 1) коэффициент финансовой устойчивости;
- 2) коэффициент текущей ликвидности;
- 3) рентабельность продаж;
- 4) оборачиваемость оборотного капитала.

В табл. 1 для примера представлены результаты расчетов коэффициентов корреляции между показателями финансовой деятельности четвертого предприятия.

Таблица 1
Данные корреляции между показателями финансовой деятельности

Входные параметры	Выходные параметры			
	1	2	3	4
1	0,974	0,845	0,887	0,843
2	-0,998	-0,832	-0,927	-0,820
3	0,995	0,865	0,900	0,852
4	0,482	0,097	0,642	0,059
5	0,852	0,580	0,889	0,586
6	0,975	0,703	0,982	0,686
7	0,945	0,617	0,992	0,602
8	0,979	0,903	0,853	0,900
9	0,986	0,894	0,868	0,891
10	-0,614	-0,795	-0,393	-0,814

Анализ коэффициентов корреляции между финансовыми показателями позволил выявить как прямую, так и обратную корреляционную зависимость между отдельными коэффициентами. Это потребовало модифицировать классическую модель DEA. Полужирным шрифтом выделены значения

показателей, которые имеют отрицательную корреляцию между входными и выходными параметрами.

В исследовании использовалась модель, ориентированная на выход (3), т.е. на максимизацию параметра эффективности v . Количество входных параметров $m = 10$, количество выходных параметров $k = 4$, число анализируемых предприятий $n = 8$.

В табл. 2 приведены результаты расчетов эффективности для 8 предприятий, из которых 6 действующих и 2 обанкротившихся, за период с 2013 по 2016 г.

Таблица 2
Результаты расчетов за период с 2013 по 2016 г.

Номер предприятия	2013	2014	2015	2016
1	0,800	1	1	1
2	1	1	1	1
3	1	0,990	1	1
4	0,700	1	1	1
5	1	1	0,992	1
6	1	1	1	1
7	0,019	0,017	0,004	0,001
8	0,016	0,001	0	0

На рис. 1, 2 представлена динамика эффективности финансово-хозяйственной деятельности действующих и обанкротившихся предприятий соответственно за временной период с 2013 по 2016 г.

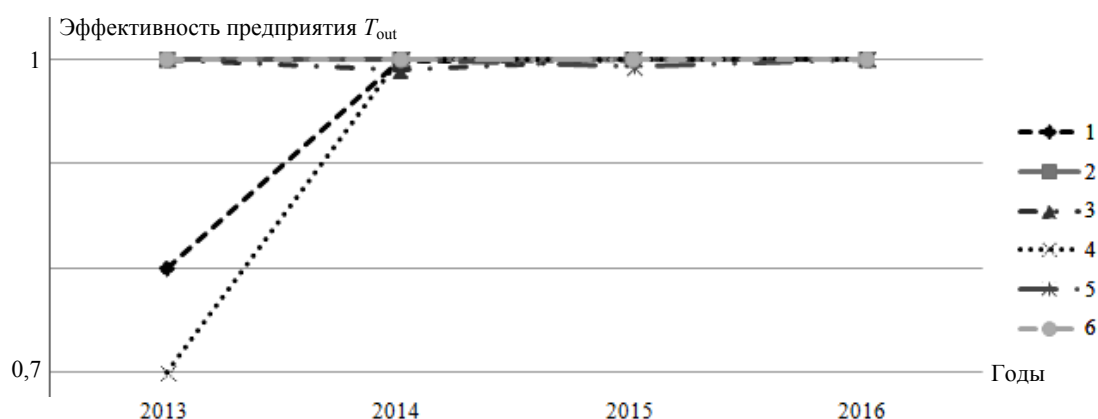


Рис. 1. Динамика эффективности финансово-хозяйственной деятельности действующих предприятий

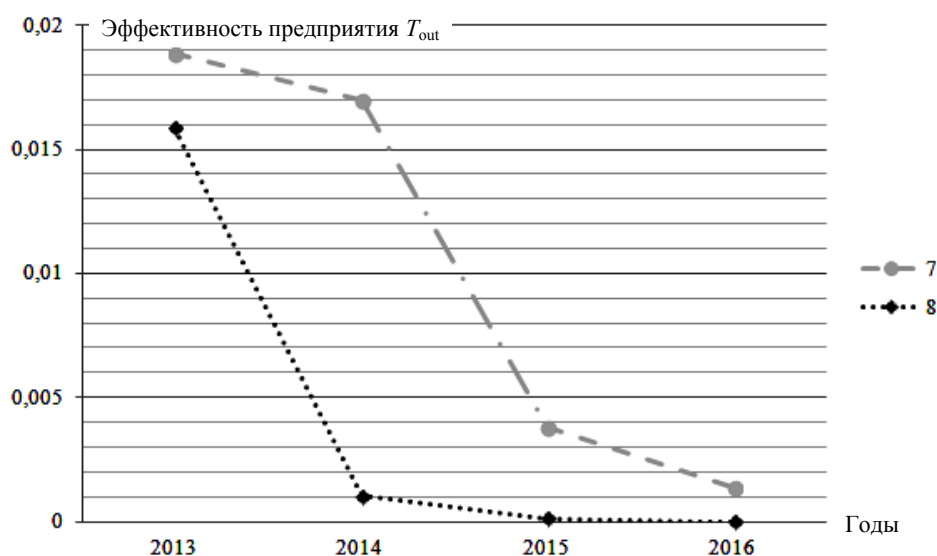


Рис. 2. Динамика эффективности финансово-хозяйственной деятельности обанкротившихся предприятий

Следует отметить, что наихудшие значения показывают предприятия 7 и 8. Эффективности этих предприятий существенно меньше 1. Кроме того, в динамике показатели этих двух предприятий убывают, что подтверждает их статус «банкроты». Что касается 1-го и 4-го предприятия, то в 2013 г. эффективность была ниже 1, однако в дальнейшем эффективность приблизилась к 1. Остальные предприятия имеют оценку эффективности, близкую или равную 1. В связи с этим на рис. 1 они лежат на одной прямой.

Заключение

Анализ полученных результатов показал, что классический метод DEA можно использовать для оценки эффективности экономических объектов, описываемых финансовыми показателями, а не объемами затрачиваемых ресурсов и выпусков. Для этого необходимо предварительно провести анализ корреляционных связей между входными и выходными показателями и при необходимости перегруппировать входные данные таким образом, чтобы зависимость между входами и выходами была прямо пропорциональной. Результаты, полученные в ходе данного исследования, позволяют говорить о возможности применения данного метода для проведения диагностики финансового состояния предприятий.

Такой метод может быть рекомендован и для других отраслей экономики, таких как строительство, торговля, сельское хозяйство, общественное питание и многие другие.

Литература

1. Farrell M.J. The Measurement of Productive Efficiency // Journal of the Royal Statistical Society, Series A (General). – 1957. – Vol. 120, No. 3, pt. III. – P. 253–281.
2. Charnes A. Measuring the Efficiency of Decision Making Units / A. Charnes, W.W. Cooper, E. Rhodes // European Journal of Operational Research. – Amsterdam: North-Holland, 1978. – Vol. 2. – P. 429–444.
3. Рукавицына Т.А., Смолин В.В. Реализация метода DEA для диагностики финансового состояния предприятий // Вестник Сибирского гос. аэрокосмического ун-та им. акад. М.Ф. Решетнева. – 2008. – Т. 20, № 3. – С. 171–175.
4. Система анализа эффективности деятельности предприятий социальной сферы / Е.Р. Хасанов, П.В. Зеленков, К.К. Бахмарева, О.О. Смирнов // Путь науки. – 2015. – Т. 11, № 1. – С. 48–49.
5. Сравнительное исследование эффективности в инновации на примере электроэнергетических компаний группы «Газпром» / Ю.А. Назарова, С.Г. Костерин, А.Г. Костерин, В.Д. Долгушин // Вестник РУДН. Сер. «Экономика». – 2012. – № 2. – С. 89–97.
6. Новожилов А.А., Рукавицына Т.А. Применение метода DEA и его модификации для анализа организационно-технических систем // Вестник НИИ СУВПТ. – 2008. – № 26. – С. 137–145.
7. Рукавицына Т.А. Развитие модели методологии DEA // Вестник СибГАУ. – 2010. – Т. 24, № 3. – С. 74–77.
8. Кочуров Е.В. Оценка эффективности деятельности лечено-профилактических учреждений: сравнительный анализ методов и моделей // Вестник СПбГУ. – 2002. № 3. – С. 110–128.
9. Новожилов А.А. Использование метода DEA для анализа эффективности перерабатывающей отрасли // Современные наукоемкие технологии. – 2009. – № 2. – С. 43–44.
10. Новожилов А.А. Метод DEA для функционирования предприятий по переработке твердых отходов // Информатика и системы управления. – 2010. – Т. 23, №1. – С. 98–103.
11. Карасева М.В., Новожилов А.А., Рукавицына Т.А. К вопросу оценки эффективности функционирования организационно-технических систем // Математика, механика, информатика. – 2011. – № 4. – С. 40–42.
12. Кривоножко Е.В., Пропой А.И., Сеньков Р.В., Родченков И.В., Анохин П.М. Анализ эффективности функционирования сложных систем // Автоматизация проектирования. – 1999. – № 1. – С. 2–7.
13. Новожилов А.А. Использование метода DEA для анализа эффективности перерабатывающей отрасли // Современные наукоемкие технологии. – 2009. – № 2. – С. 43–44.
14. Ковалев И.В., Новожилов А.А., Рукавицына Т.А. Анализ эффективности организационно-технологических комплексов предприятий // Системы управления и информационные технологии. – 2010. – Т. 42, № 4. – С. 36–39.
15. Важаев А.Н., Мицель А.А. DEA-анализ эффективности отраслей экономики моногорода // Региональная экономика: Теория и практика. – 2017. – Т. 15, № 12. – С. 2378–2390.

Алимханова Алия Нуржановна

Аспирант каф. автоматизированных систем управления (АСУ) Томского государственного ун-та систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР) Ленина пр-т, д. 40, г. Томск, Россия, 634050
ORCID 0000-0003-0964-1659
Тел.: +7-961-887-28-36
Эл. почта: aliya0alimkhanova@gmail.com

Мицель Артур Александрович

Д-р техн. наук, профессор каф. АСУ ТУСУРА
профессор каф. информационного обеспечения инновационной деятельности
Национального исследовательского
Томского государственного ун-та (НИ ТГУ)
Ленина пр-т, д. 40, г. Томск, Россия, 634050
ORCID (0000-0002-2624-4383)
Тел.: +7 (382-2) 70-15-36
Эл. почта: maa@asu.tusur.ru

Alimkhanova A.N., Mitsel A.A.

Evaluation of enterprise performance based on the DEA method

The article discusses the application of the Data Envelopment Analysis method as a way of assessing the performance of enterprises using financial indicators that describe the financial and economic activities of enterprises. Efficiency is one of the most important qualities, which is especially important for the analysis of enterprises in various fields of activity.

Keywords: efficiency evaluation, DEA analysis, financial indicators, bankruptcy, efficiency.

doi: 10.21293/1818-0442-2019-22-2-104-108

References

1. Farrell, M.J. The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of The Royal Statistical Society, Series A (General)*, 1957, vol. 120, no 3, pt. 3. pp. 253–281.
2. Charnes, A. Measuring the Efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research*, 1978, vol. 2, pp. 429–444.
3. Rukavitsyna T.A., Smolin V.V. Implementation of the DEA method for diagnosing the financial condition of enterprises. *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo aerokosmicheskogo universiteta im. akademika M.F. Reshetneva*, 2008, vol. 20, no. 3, pp. 171–175 (in Russ.).
4. Hasanov E.R., Zelenkov P.V., Bahmareva K.K., Smirnov O.O. System for analyzing the performance of social enterprises. *Put nauki*, 2015, vol. 11, no. 1, pp. 48–49 (in Russ.).
5. Nazarova YU.A., Kosterin S.G., Kosterin A.G., Dolgushin V.D. Comparative study of efficiency in innovation by the example of the electric power companies of the Gazprom Group. *Vestnik RUDN. Seriya*, 2012, no. 2, pp. 89–97 (in Russ.).
6. Novozhilov A.A., Rukavitsyna T.A. The application of the DEA method and its modification for the analysis of organizational and technical systems. *Vestnik NII SUVPT*, 2008, no. 26, pp. 137–145 (in Russ.).
7. Rukavitsyna T.A. Development of the DEA methodology model]. *Vestnik SibGAU*, 2010, vol. 24, no. 3, pp. 74–77 (in Russ.).
8. Kochurov E.V. Evaluation of the effectiveness of treatment and prevention institutions: comparative analysis of methods and models. *Vrstmik CpbGU*, 2002, no 3, pp. 110–128. (In Russ.).
9. Novozhilov A.A. Using the DEA parameter to analyze the efficiency of the processing industry. *Sovremennyye naukoymkiye tekhnologii*, 2009, no. 2, pp. 43–44 (in Russ.).
10. Novozhilov A.A. DEA method for the operation of solid waste treatment plants. *Informatika i sistemy upravleniya*, 2010, no. 1, pp. 98–103 (in Russ.).
11. Karaseva M.V., Novozhilov A.A., Rukavitsyna T.A. On the issue of evaluating the effectiveness of the functioning of organizational and technical systems. *Matematika, mekhanika, informatika*, 2011, no. 4, pp. 40–42 (in Russ.).
12. Krivonozhko E.V., Propoj A.I., Sen'kov R.V., Rodchenkov I.V., Mnohin P.M. Analysis of the performance of complex systems. *Avtomatizaciya proektirovaniya*, 1999, no. 1, pp. 2–7 (in Russ.).
13. Novozhilov A.A. Using the DEA method to analyze the efficiency of the processing industry. *Sovremennyye naukoymkiye tekhnologii*, 2009, no. 2, pp. 43–44 (in Russ.).
14. Kovalev I.V., Novozhilov A.A., Rukavitsyna T.A. Efficiency analysis of the technological-organizing complex of the enterprises. *Sistemy upravleniya i informatsionnye tekhnologii*, 2010, vol. 42, no. 4, pp. 36–39 (in Russ.).
15. Vazhdaev A.N., Mitsel, A.A., EA-analysis of efficiency of branches of single-industry economy. *Regional'naya ehkonomika: Teoriya i praktika*, 2017, vol. 15, no. 12, pp. 2378–2390 (in Russ.).

Aliya N. Alimkhanova

PhD student, Department of Automated Control Systems,
Tomsk State University of Control Systems and
Radioelectronics (TUSUR)
40, Lenin pr., Tomsk, Russia, 634050
ORCID 0000-0003-0964-1659
Phone: +7-961-887-28-36
Email: aliya0alimkhanova@gmail.com

Artur A. Mitsel

Doctor of Engineering Sciences, Professor,
Department of Automated Control Systems,
Tomsk State University of Control Systems and
Radioelectronics (TUSUR)
Professor, Department of Information Support
innovation activities
National Research Tomsk State University
40, Lenin pr., Tomsk, Russia, 634050
ORCID 0000-0002-2624-4383
Phone: +7 (382-2) 70-15-36
Email: maa@asu.tusur.ru