

ОЦЕНКА ФИНАНСОВОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ МЕТОДОМ DEA¹

ASSESSMENT OF THE FINANCIAL SECURITY OF ENTERPRISES BY THE DEA METHOD

**A. Aliamkhanova
A. Mitsel**

Summary. This article is devoted to actual question of assessing the effectiveness of enterprises. The DEA method is considered primarily as a production function, where the input and output parameters are revenues and the volume of consumed resources. In this work, financial indicators of enterprises apply as input and output parameters. As a result of the conducted DEA — analysis using open statistical data, the most effective enterprises in each of the sectors of the Russian Federation were identified. Also proposed a method for pre-processing statistical data for the DEA method.

Keywords: financial security, Data Envelopment Analysis, efficiency evaluation, data processing, financial Indicators, efficiency, accounting statement.

Алимханова Алия Нуржановна

Аспирант, ФГБОУ ВО «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники»
aan@asu.tusur.ru

Мицель Артур Александрович

Д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники»; НИУ «Томский политехнический университет»
maa@asu.tusur.ru

Аннотация. Работа посвящена актуальному вопросу оценки финансовой безопасности и устойчивости предприятий. Рассматривается метод DEA, основанный на производственной функции, где входными и выходными параметрами являются объёмы выпуска и объёмы потребляемых ресурсов. В данной работе в качестве входных и выходных параметров применяются финансовые показатели предприятий. Предложена методика по предварительной обработке финансовых показателей для метода DEA. В качестве примера были рассмотрены 8 предприятий энергетической отрасли РФ и определены наиболее эффективные предприятия.

Ключевые слова: финансовая безопасность, Data Envelopment Analysis, оценка эффективности, обработка данных, финансовые показатели, эффективность, бухгалтерская отчетность.

Введение

Финансовая безопасность является базовым принципом деятельности успешно действующих предприятий на рынке. Для эффективного управления необходимо знать, как функционирует предприятие, какие механизмы лежат в основе его деятельности, какими ресурсами оно располагает, кто и как принимает решения, какие существуют внутренние и внешние связи.

Оценка эффективности деятельности предприятий осуществляется с помощью большого числа подходов, среди которых широко применяется метод Data Envelopment Analysis (DEA). Данный метод базируется на решении задачи линейного программирования (ЗЛП) и представляет собой мощный аналитический

инструмент для оценки относительной эффективной деятельности группы однородных предприятий [1, 2].

Основоположниками метода DEA являются Ж. Дебрё и М. Фаррелл [3], при этом в работах [4, 5] А. Чарнез, Е. Родес и У. Купер предложена концепция объединения различных входных и выходных параметров. В отечественной литературе данный метод известен как анализ охвата данных [6, 7], анализ среды функционирования [8, 9] или анализ оболочки данных [10, 11], и используется в различных отраслях экономики. Так, например, в работе [10] рассмотрено применение метода DEA для сравнительной оценки таможенных операций.

Известно, применение метода для оценки эффективности региональной инновационной системы с уче-

¹ Работа подготовлена при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект № 20-31-90100).

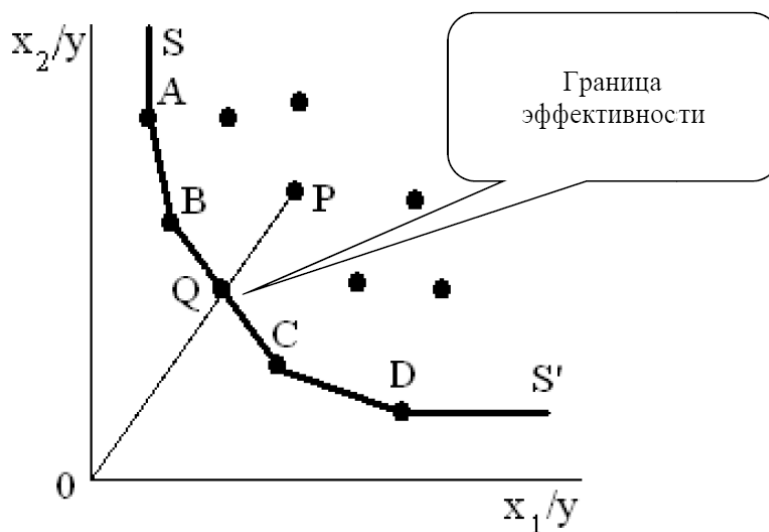


Рис. 1. Геометрическая интерпретация метода DEA

том значимости деятельности университетов внутри региона. В результате анализа определены критерии и построена модель оценки эффективности университетов. Обсуждается возможное использование метода для построения стратегии развития университетов и совершенствования их инфраструктуры [11]. В работе [12] разработан подход, основанный на DEA-методе, позволяющий рассчитать оценку эффективности по разным критериям системы утилизации нефтесодержащих отходов. Результаты работы [13], где рассматривается эффективность управления операционными рисками коммерческих банков показала, что малые банки наиболее эффективны.

Описание метода

Метод DEA основан на определении границы эффективности, которая представляет собой аналог производственной функции. При этом выпуск продукции представляет собой векторную величину, т.е. производится несколько различных видов продукции [14].

Модели, применяющие метод DEA, классифицируются на входе-ориентированные [15–16] и выходе-ориентированные [17–18]. Во входе-ориентированных моделях, минимизируется множество входных параметров при заданном множестве выходных параметров. В выходе-ориентированных моделях, максимизируется вектор выходных параметров при заданном векторе входных параметров [19].

В данной работе для расчета оценки эффективности применяется модель, ориентированная на выход, которая имеет вид:

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

где $f(v, L)$ — функция эффективности, X — матрица входных показателей размерности $m \times n$, где m — количество входных показателей, n — количество предприятий, v — показатель эффективности; L — вектор весов размерности $n \times 1$; Y — матрица выходных (агрегированных) показателей размерности $k \times n$, где k — количество выходных показателей, j — номер экономического объекта.

Для выходо-ориентированной модели, если показатель эффективности $v_{out} > 1$, то могут быть предоставлены рекомендации, заключающиеся в увеличении значений выходных параметров при сохранении значений входных параметров.

Графическая интерпретация метода DEA выглядит следующим образом (см. рисунок 1).

Количественной мерой эффективности финансово-хозяйственной деятельности предприятия является величина, определяемая с помощью выражения:

$$T_{out} = \exp(-(v_{out} - 1)). \tag{2}$$

При использовании данной меры значение $T_{out} = 1$ соответствует предприятиям, находящимся на границе

Таблица 1. Входные и выходные параметры

Наименование показателя		Формула для расчета
Входные параметры		
X1	Коэффициент капитализации	(стр.1500+ стр.1400)/стр.1300
X2	Коэффициент платежеспособности	стр.1300/(стр.1520+ стр.1510+ стр.1550+ стр.1400)
X3	Коэффициент при мобилизации средств	стр.1210/(стр.1520+ стр.1510+ стр.1550)
X4	Рентабельность совокупного актива	стр.2300/(стр.1600нг+ стр.1600кг)/2
X5	Рентабельность внеоборотного капитала	стр.2400/(стр.1100нг+ стр.1100кг)/2
X6	Рентабельность перманентного капитала	стр.2300/0,5*(стр.1300нг+ стр.1400нг+ стр.1300кг+ стр.1400кг)
X7	Оборачиваемость заемного капитала	стр.2110/(0,5*(стр.1500нг+ стр.1500кг)+0,5*(стр.1400нг+ стр.1400кг))
X8	Оборачиваемость кредиторской задолженности	стр.2110/0,5*(стр.1520нг+ стр.1520кг)
Выходные параметры		
Y1	Коэффициент финансовой устойчивости	(стр.1300+ стр.1400)/ стр.1700
Y2	Рентабельность продаж	стр.2400/ стр.2110
Y3	Оборачиваемость оборотного капитала	стр.2110/0,5*(стр.1200+ стр.1200)
Y4	Коэффициент текущей ликвидности	стр.1200/(стр.1500- стр.1530- стр.1540)

эффективности ($v_{out} = 1$), а для неэффективных предприятий $T_{out} < 1$ ($v_{out} > 1$).

В DEA-модели параметры входа и выхода могут измеряться в различных единицах измерений, что позволяет оценивать эффективность с различным набором входных и выходных параметров и ранжировать объекты по уровням эффективности. Результаты расчетов позволяют выявить неэффективные предприятия и предоставить рекомендации по повышению их эффективности.

В данной работе рассматриваются финансовые показатели как входные и выходные параметры, которые характеризуют финансово-экономическое состояние предприятия [14]. Рассматривается метод DEA для разного количества выходов.

Результаты исследований эффективности предприятий на основе финансовых показателей

Для нахождения оценки эффективности деятельности предприятий предлагается следующая методика:

1. Вычисление входных и выходных финансовых показателей для каждого экономического объекта (см. таблицу 1).

Для оценки финансово-хозяйственной деятельности предприятия зачастую применяют систему показателей: финансовой устойчивости, рентабельности, деловой активности и ликвидности. В каждой группе насчитывается порядка 6–12 коэффициентов, тесно

связанных друг с другом, а для сокращения их количества применяется факторный анализ.

Для проведения расчетов использованы формы бухгалтерской отчетности: форма № 1 «Бухгалтерской баланс» и форма № 2 «Отчет о финансовых результатах».

2. Проведение корреляционного анализа между входными и выходными показателями финансовой деятельности.

Анализ коэффициентов корреляции позволяет выявить, как прямую, так и обратную статистическую зависимость между отдельными входными и выходными показателями. Это позволит модифицировать классический метод DEA следующим образом:

2.1 Нормируем показатели, т.е. разделим каждый показатель конкретного предприятия на его максимальное значение для каждого временного периода.

2.2 Если коэффициент корреляции между выходным показателем Y и некоторым входным показателем X отрицательный, то в модель будем подставлять $1 - x$, где x — нормированный входной показатель. Это необходимо для того, чтобы зависимость между входным и выходными параметрами была прямо пропорциональной, как это имеет место в традиционном методе DEA, основанном на производственной функции.

3. Рассчитываем показатель эффективности v_{out} по каждой группе выходных параметров и затем усредняем.

Таблица 2. Данные входных и выходных параметров

Наименование показателя	ПАО «ТОМСКЭНЕРГОСБЫТ»				
	2016	2017	2018	2019	2020
Входные переменные					
X1	2,65	1,83	1,70	1,68	0,83
X2	0,40	0,60	0,98	0,97	1,20
X3	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
X4	0,11	0,14	0,02	0,05	0,04
X5	0,00	0,00	0,09	0,06	0,09
X6	0,34	0,42	0,06	0,14	0,09
X7	7,51	7,43	7,63	6,31	7,60
X8	8,23	8,29	10,87	10,57	9,86
Выходные переменные					
Y1	0,29	0,37	0,37	0,38	0,55
Y2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Y3	7,44	6,51	5,70	4,53	4,54
Y4	1,16	1,44	2,34	2,32	2,05

Таблица 3. Данные корреляции между финансовыми показателями

	ПАО «ТОМСКЭНЕРГОСБЫТ»			
	Y1	Y2	Y3	Y4
X1	-0,96	-0,63	0,85	-0,64
X2	0,83	0,87	-0,94	0,87
X3	-0,16	0,60	-0,52	0,78
X4	-0,45	-0,97	0,69	-0,87
X5	0,67	0,98	-0,79	0,89
X6	-0,53	-0,97	0,75	-0,89
X7	0,16	-0,08	0,45	-0,37
X8	0,36	0,96	-0,77	0,98

Таблица 4. Результаты расчетов показателя эффективности

№ предприятия	1	2	3	4	5	6	7	8
2016	1	0,95	0,71	0,28	1	0,99	1	0,59
2017	1	1	0,70	0,65	0,53	1	1	0,56
2018	0,18	0,22	0,96	0,91	0,25	0,98	1	0,17
2019	1	0,03	0,005	1	0,50	0,89	1	0,16
2020	1	0	0,0002	1	0,21	0,92	0,66	0,0006

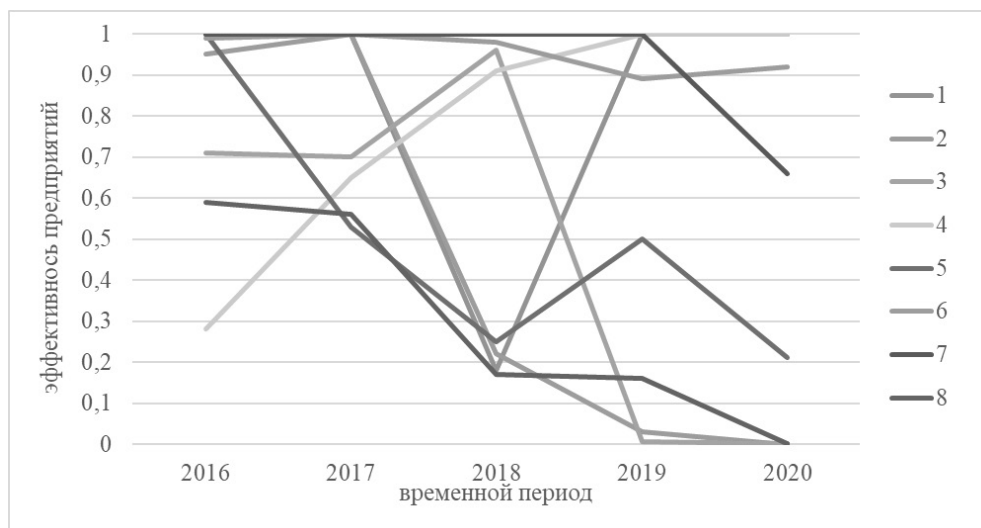


Рис. 2. Динамика эффективности деятельности предприятий

4. Определяем показатель эффективности $T_{out} = \exp(-(v_{out} - 1))$ за конкретный временной промежуток для всех предприятий.

Для примера рассмотрим энергетический сектор России, возьмем 4 действующих предприятия и 4 предприятия, которые обанкротились или в отношении которых возбуждено дело о банкротстве. В таблице 2 представлены результаты нахождения входных и выходные параметров для предприятия под № 1.

В таблице 3 представлены результаты корреляции между показателями финансовой деятельности, которые выявили как прямую, так и обратную связь, что позволит перегруппировать данные в таблице по годам и разделить каждый показатель на максимальное значение по строке.

Выходные параметры разбиваем на 4 группы и где коэффициент корреляции будет отрицательный, будем брать вместо входного параметра «единица минус входной параметр».

В таблице 4 приведены результаты расчетов показателя эффективности 8 предприятий за 2016–2020 гг. Здесь можно видеть, что из 8 предприятий эталонными являются предприятия № 1 и № 7.

На рисунке 2 представлена динамика эффективности финансово-хозяйственной деятельности действующих и обанкротившихся предприятий соответственно за 2016–2020 года.

Высокую эффективность деятельности на протяжении пяти лет показывает предприятие № 6. Показатель

эффективности колеблется около единицы. Это говорит о финансовой стабильности предприятия.

Наилушие значения эффективности показало предприятие № 1 и 7. В течение четырех лет показатели эффективности близки к 1. Однако у предприятия № 7 в 2020 году наблюдается уменьшение параметра T_{out} , т.е. эффективность деятельности предприятия несколько снизилась. У предприятия № 1 лишь в 2018 году наблюдается резкое уменьшение показателя T_{out} .

Предприятие № 8 к концу анализируемого периода понизил эффективность своей деятельности. В начале 2021 года в отношении данного предприятия было возбуждено дело о несостоятельности.

У предприятия № 4 к концу анализируемого периода показатель эффективности с близкий к единице, либо равный единице. Однако, в начале анализируемого периода данные предприятия показывали неэффективность своей деятельности.

Деятельность предприятий № 2 и 3 можно назвать неэффективной, так как показатель за последние несколько лет меньше единицы. Предприятие № 2 было ликвидировано в начале 2020 г, поэтому показатель $T_{out} = 0$. В отношении предприятия № 3 было возбуждено дело о несостоятельности (банкротстве).

Предприятие № 2, 3 и 8 по методике DEA оказалось неэффективным, так как на протяжении всего анализируемого периода показатель эффективности гораздо ниже единицы (за исключением 2017 года), в 2020 году — он больше 12.

Заключение

Таким образом, метод DEA — пригодный инструмент, позволяющий оценить эффективность деятельности предприятия за определенный временной диапазон и различных отраслях экономики.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что предложенная методика позволяет рассчитать показатель эффективности предприятия, используя в качестве входных и выходных параметров финансовые показатели, а не объем выпускаемой продукции и затраченные ресурсы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Интрилигатор М. Математические методы оптимизации и экономическая теория. М.: Айрис-пресс, 2002. 576 с.
2. Таха Х. Введение в исследование операций. М.: Вильямс, 2001. 912 с.
3. 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
4. Charnes A., Cooper W., Rhodes E. Measuring the efficiency of decision making units // *European journal of operational research*. 1978. No 2(6). P. 429–444.
5. Banker R.D., Charnes A., Cooper W.W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis // *Management science*. 1984. No 9 (30). P. 1078–1092
6. Зыонг Т.Ф.Т. Измерение национального финансового развития: индексы и методы // *Вестник ГУУ*. 2021. № 4. С. 152–160
7. Вирабян С.Н. Измерение эффективности сделок по слиянию и поглощению: особенности применения метода DEA // *СРРМ*. 2017. № 4 С. 58–65
8. Учайкин Р.А., Орлов С.П. Сравнительная оценка эффективности компьютерной техники в подразделениях промышленного предприятия // *Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки*. 2020. № 1 (65). С. 74–86
9. Моргунов Е.П., Моргунова О.Н. Обзор программного обеспечения, реализующего метод Data Envelopment Analysis // *Решетневские чтения*. 2018. № 2. С. 359–360.
10. Батаев В.В. Многофакторный анализ эффективности экспортных операций промышленного предприятия на основе DEA-метода // *Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки*. 2021. № 3 (211). С. 22–29
11. Величенкова Д.С., Родионов Д.Г. Методика оценки эффективности региональной инновационной системы с учетом влияния университетов // *Инновации и инвестиции*. 2020. № 8. С. 3–7
12. Derevyanov M. Yu., Pleshivtseva Yu.E., Afinogentov A.A., Mandra A.G., Pimenov A.A. Simulation and Multi-Objective Evaluation of Reuse Potential of Waste Recycling System for Oil and Gas Industry // *XXI International Conference Complex Systems: Control and Modeling Problems (CSCMP)*. Samara, Russia. 2019. P. 429–434
13. Abu-Alrop J.H. Asses the efficiency of operational risk management in Russian banks // *Проблемы анализа риска*. 2020. № 2. С. 102–119
14. Алимханова А.Н., Мицель А.А. Оценка эффективности предприятий на основе метода DEA // *Доклады ТУСУР*. 2019. Т. 22. № 2. С. 104–108
15. Шугалей А.П., Чевтаева В.В., Долганова А.А. Применение метода Data Envelopment Analysis для оценки эффективности функционирования отделений медицинского учреждения // *Решетневские чтения*. 2018. № 2. С. 372–373.
16. Рукавицына Т.А., Смолин В.В. Реализация метода DEA для диагностики финансового состояния предприятий // *Сибирский аэрокосмический журнал*. 2008. № 3 (20). С. 171–175
17. Чистякова Н.О., Михальчук А.А. Оценка DEA — динамической эффективности инновационного развития регионов СФО // *Вестник НГУЭУ*. 2020. № 4. С. 72–90
18. Ратнер С.В. Оценка эффективности управления эко-инновациями на основе моделей DEA с лагами и отрицательными выходами // *Проблемы управления*. 2020. № 5. С. 39–49
19. Алмастьян, Н.А. Разработка стратегий природоохранной деятельности в регионе на основе моделей непараметрической оптимизации // *Modern Economy Success*. — 2017. — № 6. С. 107–116.

© Алимханова Алия Нуржановна (aan@asu.tusur.ru), Мицель Артур Александрович (maa@asu.tusur.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»