

УДК: 004.9

DOI: <https://doi.org/10.47813/2782-5280-2022-1-1-0101-0109>

Использование метода анализа охвата данных для оценки эффективности предприятий

М. В. Покушко^{1,2,3,4}, А. А. Ступина^{1,2,3}, Е. С. Дресвянский^{1,2,3,4}, А. О. Ступин^{2,3,4},
С. М. Антипина¹

¹Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

²Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика
М.Ф. Решетнева, Красноярск, Россия

³Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

⁴Университет Кадиса, Пуэрто-Реаль (Кадис), Испания

Аннотация. В статье описан параметрический метод анализа охвата данных, применяемый для оценки эффективности объектов. Также рассмотрена модель CCR для оценки эффективности сложных систем. Кроме этого рассмотрены ее теоретические особенности, а также практическое применение в мировой литературе. В статье проведена апробация метода охвата данных и модели CCR для предприятий топливно-энергетического комплекса. Также проведены эксперименты расчета эффективности функционирования предприятий системы центрального коммунального теплоснабжения на примере теплоэлектроцентралей. Кроме этого, на основе данных входов и выходов работы предприятий, рассчитаны показатели эффективности для исследуемой выборки. Выявлены неэффективные предприятия. В статье рассчитаны показатели входов и выходов исследуемых предприятий для повышения их эффективности. А также даны рекомендации по настройке эффективности теплоэлектроцентралей за счет корректировки показателей входов и выходов. Полученные в статье экспериментальные данные могут быть использованы для повышения эффективности предприятий топливно-энергетического комплекса. Полученные данные могут быть использованы в академической сфере, а также имеют практическое применение для теплоэлектроцентралей. Кроме этого, на основе полученных в статье данных в дальнейшем будет построен алгоритм для системы поддержки принятия решений.

Ключевые слова: эффективность, DEA метод, модель CCR, топливно-энергетический комплекс, система коммунального теплоснабжения, теплоэлектроцентраль.

Благодарности: Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-37-90013.

Для цитирования: Покушко, М. В., Ступина, А. А., Дресвянский, Е. С., Ступин, А. О. & Антипина, С. (2022) «Использование метода анализа охвата данных для оценки эффективности предприятий», Информатика. Экономика. Управление - Informatics.

Economics. Management, 1(1), 0101–0109. <https://doi.org/10.47813/2782-5280-2022-1-1-0101-0109>

Using Data Envelopment Analysis to evaluate the effectiveness of enterprises

M. V. Podushko^{1,2,3,4}, A. A. Stupina^{1,2,3}, E. S. Dresvianskii^{1,2,3,4}, A. O. Stupin^{2,3,4},
S. M. Antipina^{1,2,3,4}

¹ Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

² Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russia

³ Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

⁴ University of Cadiz, Puerto Real (Cadiz), Spain

Abstract. The article describes a parametric method Data Envelopment Analysis used to evaluate the effectiveness of objects. The CCR model for evaluating the effectiveness of complex systems is also considered. In addition, its theoretical features are considered, as well as its practical application in world literature. The article tests the method of data coverage and the CCR model for enterprises of the fuel and energy complex. Experiments have also been carried out to calculate the efficiency of the functioning of enterprises of the municipal district heating system on the example of combined heat and power plants. In addition, based on the data of inputs and outputs of enterprises, performance indicators for the sample under study are calculated. Inefficient enterprises have been identified. The article calculates the indicators of inputs and outputs of the studied enterprises to increase their efficiency. Recommendations are also given on setting up the efficiency of combined heat and power plants by adjusting the indicators of inputs and outputs. The experimental data obtained in the article can be used to improve the efficiency of enterprises of the fuel and energy complex. The data obtained can be used in the academic field, and also have practical application for combined heat and power plants. In addition, based on the data obtained in the article, an algorithm for a decision support system will be built in the future.

Keywords: efficiency, DEA method, CCR model, fuel and energy complex, municipal district heating system, combined heat and power plant.

Acknowledgements. The reported study was funded by RFBR, project number 20-37-90013.

For citation: Podushko M. V., Stupina A. A., Dresvianskii E. S., Stupin A. O., & Antipina S. M. (2022) Using Data Envelopment Analysis to evaluate the effectiveness of enterprises. Informatics. Economics. Management, 1(1), 0101–0109. <https://doi.org/10.47813/2782-5280-2022-1-1-0101-0109>

ВВЕДЕНИЕ

Оценка эффективности предприятий является одной из основных задач успешного менеджмента в современных условиях. Метод анализа охвата данных является одним из современных инструментов оценки эффективности предприятий. Данному методу посвящено достаточно большое количество публикаций [1-5]. Но

вместе с тем, его использование ограничивается определенными сферами деятельности и не получило повсеместного использования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Метод охвата данных – это непараметрический метод оценки эффективности сложных систем [6]. Его суть заключается в построении границы эффективности [7]. Это огибающая гиперповерхность, которая строится по показателям деятельности системы. На этой границе лежат оптимальные объекты, в сравнении с остальными они дают наилучший результат [8]. В связи с конечным числом объектов в выборке граница эффективности имеет элементы, параллельные осям координат.

Объект, который обеспечивает требуемую эффективность, иначе может быть назван системой, лежащей на границе эффективности по Парето [9].

Считается, что объекты используют определенные ресурсы на входе и производят их преобразование в продукцию конкретного вида на выходе. Относительно какого-либо объекта, Парето-эффективность означает, что невозможно увеличить один из выходов (уменьшить один из входов), чтобы в результате не уменьшить (увеличить) другой. Неэффективные объекты расположены внутри множества производственных возможностей или за границей эффективности [9]. Данная граница формируется в многомерном пространстве входов и выходов путем многократного решения оптимизационной задачи линейного программирования.

Представим формулу метода охвата данных [11]:

$$Ef = \frac{\sum_{i=1}^r V_i X_{i_0}}{\sum_{j=1}^s U_j Y_{j_0}} \rightarrow \min!$$

При соблюдении следующих условий:

$$Ef = \frac{\sum_{i=1}^m V_i X_{i_m}}{\sum_{r=1}^s U_r Y_{r_m}} \leq 1$$

при $m = 1, 2, \dots, n$,

$$U_r \geq 0,$$

$$j = 1, 2, \dots, s, V_i \geq 0,$$

$$i = 1, 2, \dots, r.$$

РЕЗУЛЬТАТЫ

В данной статье проведена оценка эффективности предприятий топливно-энергетического комплекса. А именно, теплоцентралей и котельных системы коммунального теплоснабжения. С помощью программного обеспечения DEAP [12], разработанного профессором Coelli, рассчитана эффективность 19 объектов теплоцентралей и котельных [13]. Для упрощения представления результатов исследования, в статье представим результаты только по 10 объектам. Для оценки эффективности по методу охвата данных возьмём два входных показателя и один выходной показатель.

Входные показатели:

- 1) располагаемая тепловая мощность оборудования (Гкал/час);
- 2) расход условного топлива на отпущенную ТЭ (тыс. т.у.т/год).

Выходной показатель:

- 1) отпуск тепловой энергии в сеть (тыс. Гкал).

Расчёты проведем, используя модель CCR с ориентацией на выход.

Таблица 1. Результаты расчётов эффективности по методу охвата данных по модели CCR с ориентацией на выход.

Table 1. Efficiency calculation results for the data coverage method of the CCR model with an output focus.

№	Эффективность	Входной показатель 1	Входной показатель 2	Выходной показатель
Объект 1	0,812	712,000	356,000	2645,567
Объект 2	0,955	1287,343	424,000	2899,217
Объект 3	0,874	1505,000	568,000	3720,926
Объект 4	0,564	722,000	320,000	2125,474
Объект 5	0,960	1354,000	412,000	3110,249
Объект 6	0,958	1351,085	432,000	3292,715
Объект 7	0,462	562,000	253,000	1643,200
Объект 8	1,000	1454,000	561,000	3302,000
Объект 9	1,000	1405,000	460,000	3248,000
Объект 10	0,764	572,000	292,000	1716,155

ОБСУЖДЕНИЕ

В таблице 1 во второй колонке представлены показатели эффективности работы предприятий по исследуемой выборке, рассчитанных по методу охвата данных. Из данных показателей видно, что только объект под номером 8 и объект под номером 9 работают эффективно. Все остальные объекты имеют показатели эффективности меньше 1. Соответственно, они не работают со 100% эффективностью и эффективность их работы может быть улучшена. Самым неэффективным предприятием является объект под номером 7. Коэффициент его эффективности равен 0,462. В данном исследовании были осуществлены расчёты показателей входов и выходов по методу анализа охвата данных по объектам исследуемой выборки для достижения данными предприятиями максимальной эффективности – коэффициентов эффективности, равных 1. И в колонках по показателям входов и выходов представлены значения показателей входов и выходов исследуемых объектов для достижения показателей эффективности, равных 1. В статье была использована модель, ориентированная на выход. Соответственно, данная модель позволяет увеличить показатели выхода без изменения показателей входов. То есть, увеличиваем отпуск тепловой энергии в сеть с сохранением тепловой мощности оборудования и расхода топлива на прежнем уровне. Например, для объекта номер 7 с показателем эффективности, равным 0,462, при расчетах по методу анализа охвата данных, для достижения коэффициента эффективности, равного 1, необходимо произвести увеличение показателя выхода с 762,000 до 1643,200.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, объекты под номером 8 и 9, являются эффективными и имеют показатель эффективности, равный 1. Все остальные объекты исследуемой выборки являются неэффективными и имеют показатель эффективности, ниже 1. В данном исследовании была использована модель CCR, ориентированная на выход. Модель CCR позволяет увеличить показатели выхода без изменения показателей входов. Следовательно, может быть увеличен отпуск тепловой энергии в сеть с сохранением тепловой мощности оборудования и расхода топлива на прежнем уровне.

Результаты данного исследования будут в дальнейшем использованы для создания системы поддержки принятия решений на основе метода анализа охвата данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Григорьева Г.А., Мешалкина Н.Ю. Первичный склерозирующий холангит и воспалительные заболевания кишечника: современное состояние проблемы и собственные наблюдения. Фарматека. 2006; 12: 17-22.
- [2] Farrell M.J. The measurement of Productive Efficiency. Journal of Royal Statistical Society Part III. 1957; 253-290.
- [3] Charnes A., Cooper, W.W., Rhodes E. Measuring the Efficiency of Decision Making Units. European Journal of Operational Research. 1978; 429–444.
- [4] Banker R.D., Charnes A., Cooper W.W. Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. Management Science. 1984; 9: 1078-1092.
- [5] Wang, C., Nguyen, X., & Wang, Y. Automobile Industry Strategic Alliance Partner Selection: The Application of a Hybrid DEA and Grey Theory Model. Sustainability. 2016; 8 (2): 1-18.
- [6] Кривоножко В.Е., Лычев А.В. Анализ деятельности сложных социально-экономических систем. Издательский отдел факультета ВМиК МГУ им. М.В. Ломоносова. МАКС Пресс; 2010. 7-53.
- [7] Федотов Ю.В. Хрестоматия: измерение эффективности организаций. Метод DEA. Измерение эффективности деятельности организации: особенности метода DEA (анализа свертки данных) Том 10, №2 изд. Санкт-Петербург: Российский журнал менеджмента. 2012; 51-62.
- [8] Поронов А.Н. Оценка сравнительной эффективности государственного менеджмента экологической безопасности в регионе методом DEA-анализа. Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и экологический менеджмент». 2016; 104-111.
- [9] Моргунов, Е.П. Система поддержки принятия решений при исследовании эффективности сложных систем: принципы разработки, требования и архитектура. Вестник Сиб. гос. аэрокосмич. ун-та. 2007; 3 (16): 59-63
- [10] Шугалей А.П., Чевтаева В.В., Долганова А.А. Применение метода Data Envelopment Analysis для оценки эффективности функционирования отделений медицинского учреждения. Материалы XXII Международной научно-практической конференции, посвященной памяти генерального конструктора ракетно-космических систем академика М. Ф. Решетнева (12–16 ноября 2018, г. Красноярск). 2018; 372-373.
- [11] Cooper W.W., Seiford L.M., Tone K. Data Envelopment Analysis. A Comprehensive

Text with Models, Applications, References, and DEA-Solver Software. Second Edition. Boston: Kluwer Academic Publishers. 2000; 2-99.

[12] Лохмаков, П.М., Царев Р.Ю., Волков В.А. Программно-информационные технологии повышения надежности систем управления. Инновационные недр Кузбасса. IT-технологии : тр. VI Всерос. науч.-практ. конф. Кемерово; 2007. 219-220.

[13] Coelli T.J. A Guide to DEAP Version 2.1: A Data Envelopment Analysis (Computer) Program. Centre for Efficiency and Productivity Analysis Department of Econometrics University of New England, p. 50. (Дата обращения: 20.05.2022).

[14] Администрация города Красноярска. Проект «Схема теплоснабжения города красноярска до 2033 года»: [Электронный ресурс]. 2015. URL: <http://www.admkrsk.ru/citytoday/municipal/energy/teplosn/Documents/Проект%20схемы%20теплоснабжения.pdf> (Дата обращения: 15.05.2022).

REFERENCES

[1] Grigor'eva G.A., Meshalkina N.YU. Pervichnyj skleroziruyushchij holangit i vospalitel'nye zabolevaniya kishechnika: sovremennoe sostoyanie problemy i sobstvennye nablyudeniya. Farmateka. 2006; 12: 17-22.

[2] Farrell M.J. The measurement of Productive Efficiency. Journal of Royal Statistical Society Part III. 1957; 253-290.

[3] Charnes A., Cooper, W. W., Rhodes E. Measuring the Efficiency of Decision Making Units. European Journal of Operational Research. 1978; 429-444.

[4] Banker R.D., Charnes A., Cooper W.W. Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. Management Science. 1984; 9: 1078-1092.

[5] Wang, C., Nguyen, X., & Wang, Y. Automobile Industry Strategic Alliance Partner Selection: The Application of a Hybrid DEA and Grey Theory Model. Sustainability. 2016; 8 (2): 1-18.

[6] Krivonozhko V.E., Lychev A.V. Analiz deyatel'nosti slozhnyh social'no-ekonomicheskikh sistem. Izdatel'skiy otdel fakul'teta VMiK MGU im. M. V. Lomonosova; MAKSS Press; 2010. 7-53. (in Russian)

[7] Fedotov Yu.V. Hrestomatiya: izmerenie effektivnosti organizacij. Metod DEA. Izmerenie effektivnosti deyatel'nosti organizacii: osobennosti metoda DEA (analiza svertki dannyh) Tom 10, №2 izd. Sankt-Peterburg: Rossijskiy zhurnal menedzhmenta; 2012. 51-62.

(in Russian)

- [8] Porunov A.N. Ocenka sravnitel'noj effektivnosti gosudarstvennogo me-nedzhmenta ekologicheskoy bezopasnosti v regione metodom DEA-analiza. Nauchnyj zhurnal NIU ITMO. Seriya «Ekonomika i ekologicheskij menedzhment». 2016; 104-111. (in Russian)
- [9] Morgunov, E.P. Sistema podderzhki prinyatiya reshenij pri issledovanii effektivnosti slozhnyh sistem: principy razrabotki, trebovaniya i arhitektura. Vestnik Sib. gos. aerokosmich. un-ta. 2007; 3 (16): 59-63. (in Russian)
- [10] Shugalej A.P., Chevtaeva V.V., Dolganova A. A. Primenenie metoda Data Envelopment Analysis dlya ocenki effektivnosti funkcionirovaniya otdelenij medicinskogo uchrezhdeniya. Materialy XXII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj pamyati general'nogo konstruktora raketno-kosmicheskikh sistem akademika M.F. Reshetneva (12–16 noyabrya 2018, g. Krasnoyarsk). 2018; 372-373. (in Russian)
- [11] Cooper W.W., Seiford L.M., Tone K. Data Envelopment Analysis. A Comprehensive Text with Models, Applications, References, and DEA-Solver Software. Second Edition. Boston: Kluwer Academic Publishers. 2000; 2-99.
- [12] Lohmakov, P.M., Carev R.Yu., Volkov V.A. Programmno-informacionnye tekhnologii povysheniya nadezhnosti sistem upravleniya. Innovacionnye nedra Kuzbassa. IT-tekhnologii : tr. VI Vseros. nauch.-prakt. konf. Kemerovo; 2007. 219-220. (in Russian)
- [13] Coelli T.J. A Guide to DEAP Version 2.1: A Data Envelopment Analysis (Computer) Program. Centre for Efficiency and Productivity Analysis Department of Econometrics University of New England, p. 50. (Дата обращения: 20.05.2022).
- [14] Administraciya goroda Krasnoyarska. Proekt «Skhema teplosnabzheniya goroda Krasnoyarska do 2033 goda»: [Elektronnyj resurs]. 2015. URL: <http://www.admkrsk.ru/citytoday/municipal/energy/teplosn/Documents/Proekt%20skhemy%20teplosnabzheniya.pdf> (Data obrashcheniya: 15.05.2022). (in Russian)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Мария Валериевна Покушко, Сибирский федеральный университет, научный сотрудник Красноярск, Россия
e-mail: mvp1984@mail.ru
ORCID: 0000-0001-8101-0195

Mariia Valerievna Pokushko, Siberian Federal University, Researcher Krasnoyarsk, Russia
e-mail: mvp1984@mail.ru
ORCID: 0000-0001-8101-0195

Алена Александровна Ступина, Сибирский федеральный университет, д-р техн. наук, профессор, Красноярск, Россия

Alena Alexandrovna Stupina, Siberian Federal University, Doctor of Technical Sciences, Professor, Krasnoyarsk,

e-mail: h677hm@gmail.com

Russia

Егор Сергеевич Дресвянский, Сибирский
федеральный университет, аспирант
Красноярск, Россия
e-mail: dresvegor@mail.ru

Egor Sergeevich Dresvianskii,
Siberian Federal University, Post-graduate
student Krasnoyarsk, Russia

Артём Олегович Ступин,
Сибирский государственный университет
науки и технологий имени академика М. Ф.
Решетнева, магистрант, Красноярск, Россия
e-mail: arstupin@gmail.com

Artem Olegovich Stupin,
Siberian State University of Science and
Technology named after Academician M. F.
Reshetnev, Master's student, Krasnoyarsk,
Russia

Светлана Михайловна Антипина,
Сибирский федеральный университет,
аспирантка, Красноярск, Россия
e-mail: xoroshewaswetlana@yandex.ru

Svetlana Mikhailovna Antipina, Siberian
Federal University, Postgraduate student,
Krasnoyarsk, Russia
e-mail: xoroshewaswetlana@yandex.ru

*Статья поступила в редакцию 19.06.2022; одобрена после рецензирования 18.08.2022; принята
к публикации 19.08.2022.*

*The article was submitted 19.06.2022; approved after reviewing 18.08.2022; accepted for publication
19.08.2022.*