

ПОРІВНЯННЯ ЕКОНОМЕТРИЧНИХ МЕТОДІВ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ В ЕНЕРГЕТИЦІ

COMPARISON OF ECONOMETRIC METHODS FOR EFFICIENCY ASSESSMENT IN ENERGY SECTOR

Оцінка ефективності підприємств енергетичної сфери є доволі складним завданням, оскільки виробництво корисних енергетичних послуг дуже часто супроводжується викидом шкідливих речовин, що повинно бути враховано під час оцінки ефективності. Мета статті полягає у визначенні особливостей застосування економетричних методів для оцінки ефективності підприємств енергетичної сфери, а також виявленні переваг та недоліків цих методів. За допомогою використання таких загальнонаукових методів дослідження, як аналіз, синтез, теоретичне узагальнення, абстрагування та аналогія, охарактеризовано параметричні методи (метод стохастичної межі, метод без специфікації розподілення та метод широкої межі), а також непараметричні методи (метод оболонкового аналізу та метод вільної оболонки), які засновані на розрахунку близькості значень показників окремого підприємства до межі ефективності. Розглянуто особливості використання даних методів, указано на їхні переваги та недоліки.

Ключові слова: економетричні методи, порівняльна ефективність, гранична ефективність, параметричні методи, непараметричні методи, оцінка ефективності.

Оценка эффективности предприятий энергетической сферы является довольно

сложной задачей, поскольку производство полезных энергетических услуг очень часто сопровождается выбросом вредных веществ, что должно быть учтено при оценке эффективности. Цель статьи заключается в определении особенностей применения эконометрических методов для оценки эффективности предприятий энергетической сферы, а также выявления преимуществ и недостатков этих методов. С помощью использования таких общенаучных методов исследования, как анализ, синтез, теоретическое обобщение, абстрагирование и аналогия, автор охарактеризованы параметрические методы (метод стохастической границы, метод без спецификации распределения и метод широкой границы), а также непараметрические методы (метод оболочечного анализа и метод свободной оболочки), которые основываются на расчете близости значений показателей отдельного предприятия до границы эффективности. Рассмотрены особенности использования данных методов, указаны их преимущества и недостатки.

Ключевые слова: эконометрические методы, сравнительная эффективность, граничная эффективность, параметрические методы, непараметрические методы, оценка эффективности.

УДК 330.43 : 658.26

DOI: <https://doi.org/10.32843/infracstruct60-41>

Пудичева Г.О.

к.е.н., доцент кафедри економіки підприємства та організації підприємницької діяльності Одеський національний економічний університет

Pudycheva Halyna

Odesa National Economic University

Evaluation of the efficiency of enterprises in energy sector is a rather difficult problem, since the production of useful energy services (electricity and heat energy) is often accompanied by the emission of harmful substances (carbon dioxide, sulfur dioxide, nitrogen oxides, etc.), which should be taken into account when assessing efficiency of the enterprises' activity. The purpose of this article is to determine the main features of the application of main econometric methods, which are used in order to assess the efficiency of enterprises in energy sector, as well as to identify the advantages and disadvantages of these methods. Using general scientific research methods, namely analysis, synthesis, theoretical generalization, abstraction and analogy, the author characterizes the following parametric methods: Stochastic Frontier Approach (SFA), Distribution Free Approach (DFA) and Thick Frontier Approach (TFA). Moreover, the following nonparametric methods are considered: Data Envelopment Analysis (DEA) and Free Disposal Hull (FDH). All these methods are based on the calculation of approximation of indicators of the enterprise to the potential or actual efficiency frontier. The concept of "frontier efficiency" is characterized. The main features of the above-mentioned methodological approaches are considered by the author. The advantages and disadvantages of given methodological approaches due to the existence of mistakes, quantity of input and output factors, subjectivity of estimation, accuracy of the results obtained, etc. are indicated in the article. The author shows that the analyzed methodical approaches can be applied for the estimation of the efficiency of enterprises in energy sector, taking into account the multiple inputs and outputs of such enterprises. It is emphasized that further research will be focused on determination of the efficiency of enterprises in energy sector. The conducted analysis could be used as a basis for further managerial decision-making, both at the micro level (enterprise) and at the macro level (regions and the state as a whole).

Key words: econometric methods, comparable efficiency, frontier efficiency, parametric methods, non-parametric methods, efficiency estimation.

Постановка проблеми. Одна із цілей підприємств – виробників енергії – створити енергетичні послуги (електричну та/або теплову енергію) з енергетичних ресурсів та найбільш ефективно забезпечити ними кінцевого споживача. Часто в такому разі ефективність зводиться до зниження витрат та зростання прибутку. Бажаним «виходом» виробничої системи є енергія певного виду. Однак виробництво енергії з традиційних джерел супроводжується такими небажаними виходами, як діоксид вуглецю, діоксид сірки, оксиди азоту та ін. Безумовно, вони повинні бути враховані під час розрахунку ефективності виробників енергії

в ланцюгах постачань, оскільки екологічна ефективність є передумовою спрямованості на шлях сталого розвитку. Крім того, для виробництва використовують ресурси різного виду, які часто є взаємозамінними. У такому разі оцінка ефективності може бути проведена за допомогою використання економетричних методів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання оцінки ефективності підприємств із використанням економіко-математичних методів активно розглядається в роботах як вітчизняних, так і зарубіжних науковців. Серед дослідників даної проблематики: Т.А. Горобець,

А.Г. Гончарук, Д.В. Шараєвський, Н.Р. Полуектова, В.М. Шарагова, І.А. Нечаєва, Д.С. Проскуркіна, К. Корнвелл, П. Шмідт, Й. Дінг, Кс. Ліу, К. Потвін, Д.А. Рофф, А.Н. Бергер, Д.Б. Хамфрі, Т.А. Ткалич та ін. Використовуючи економетричні методи для оцінки ефективності підприємств різних галузей, більшість дослідників указує на особливості застосування того чи іншого методу. На нашу думку, ефективність роботи підприємств енергетики також може бути оцінена за допомогою кількісних методів. Для цього необхідно з'ясувати переваги та недоліки основних економетричних методів.

Метою дослідження є визначення особливостей застосування економетричних методів для оцінки ефективності підприємств енергетичної сфери, а також виявлення переваг та недоліків цих методів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Під ефективністю варто розуміти ступінь відповідності певних ефектів величинам, що характеризують обсяги ресурсів, витрат, доходів тощо. Тобто в термінології процесного підходу ефективність являє собою співвідношення між «виходами» та «входами». Для того щоб оцінити рівень ефективності виробників енергії в існуючих ланцюгах постачання, ураховуючи всі аспекти сталого розвитку, необхідно застосувати кількісні методи аналізу.

Для визначення ефективності роботи підприємств – учасників енергетичного ланцюга постачання повинні бути враховані не лише економічні показники, а й показники екологічного впливу, а саме рівні викидів шкідливих речовин під час виробництва енергії. Оцінені в комплексі, вони дадуть загальне уявлення про ефективність роботи підприємств енергетичної сфери, що є передумовою розроблення подальших дій з удосконалення енергетичної логістики та побудови ефективних енергетичних ланцюгів постачання. Для оцінки ефективності таких підприємств у контексті сталого розвитку повинні бути використані економетричні методи.

Як указує В.В. Вітвіцький, ефективність підприємства за використання економетричного підходу розраховується на основі близькості значень показників окремого підприємства до потенційної або фактичної межі ефективності. Межа ж ефективності розраховується за виробничою функцією [1, с. 70].

Загальноприйняті методи таких досліджень поділяються на дві групи: параметричні та непараметричні. Параметричні методи засновані на економічній оцінці точної функціональної форми виробничої функції. Непараметричні методи використовують методи лінійного програмування. До параметричних методів належать: метод стохастичної межі (Stochastic Frontier Approach (SFA)), метод без специфікації розподілення

(Distribution Free Approach (DFA)) та метод широкої межі (Thick Frontier Approach (TFA)). До непараметричних відносять метод оболонкового аналізу (Data Envelopment Analysis (DEA)) та метод вільної оболонки (Free Disposal Hull (FDH)) [2].

Усі ці методи засновані на побудові та званої «межі ефективності» («границі ефективності»). Дослідники пов'язують це поняття з межею виробничих можливостей та виробничою функцією. Остання показує максимальну кількість випуску (продукції), яка може бути вироблена з даної кількості вхідних факторів виробництва (входів) під час використання даної технології. Під час виробництва продукції декількох видів говорять не про виробничу функцію, а про виробничу межу або межу ефективності. У такому разі об'єкти (підприємства), представлені у виборці, які виготовляють максимальну кількість випуску з даної кількості входів, вважаються ефективними, а точки, які відповідають їм у просторі входів-виходів, знаходяться саме на цій межі ефективності. Ті ж точки, що не лежать на межі ефективності, відповідають підприємствам, що функціонують неефективно. Ступінь неефективності визначається за віддаленістю точки від межі ефективності [3].

Розглянемо ці методологічні підходи та їх застосування для оцінки ефективності.

Метод стохастичної межі (SFA) (інша назва, що зустрічається у вітчизняній літературі, – метод стохастичного граничного аналізу [4]) виходить із припущення про існування особливої форми зв'язку між входом та виходом функцій та застосовує економетричні техніки для оцінки невідомих параметрів із метою визначення межі (границі) ефективності.

Аналізуючи цей метод аналізу, К. Корвел і П. Шмідт указують на те, що теоретично, виробнича функція дає максимально можливий вихід із заданого набору входів. Виробнича функція, таким чином, визначає «граніцю», відхилення від якої розглядаються як неефективність. SFA надає техніки для моделювання поняття граници за допомогою регресії так, що можливо оцінити неефективність.

Дослідники формулюють специфікації граници як варіант регресійної моделі:

$$y_{it} = \alpha_t + x_{it}'\beta + v_{it} - u_{it} = \alpha_{it} + x_{it}'\beta + v_{it}, \quad (1)$$

де y_{it} – вихід i -го об'єкта ($i = 1, 2, \dots, N$) за період t ($t = 1, 2, \dots, T$), x_{it} – вектор входів, а v_{it} – випадкова помилка. На відміну від v_{it} u_{it} – одностороння помилка ($u_{it} \geq 0$), що характеризує відхилення y_{it} від граници ($\alpha_{it} + x_{it}'\beta + v_{it}$). Термін «стохастична границя» відповідає тому, що специфікація граници включає v_{it} . Визначаючи $\alpha_{it} = \alpha - u_{it}$, отримуємо модель, у якій неефективність відображає різницю між об'єктами як відрізки [5, с. 699–700].

Методи стохастичного граничного аналізу знайшли своє застосування в оцінці ефективності в енергетичній галузі. Серед переваг використання підходу SFA – те, що модель може оцінити неефективність та шум даних відповідно до відхилень від границі і фактичного споживання енергії, використовуючи припущення про розподіл похибок виміру та умов неефективності. Тобто методи дають змогу відділити похибки та інші джерела статистичного шуму від неефективності, тоді як, наприклад, множинна лінійна регресія припускає, що всі залишки є проявом неефективності. Тобто цей метод відділяє статистичний шум від внеску залишків для більш точної оцінки ефективності [6].

Серед недоліків аналізу SFA називають необхідність точного визначення функціональної форми зв'язку для оцінки ефективності лише з одним виходом [7, с. 2]. Отже, хоча методи SFA враховують вплив випадкових факторів на вихідний параметр, однак вони не можуть бути застосовані для сценаріїв із багатьма виходами, які характерні для енергетичних господарств.

Метод без специфікації розподілу (DFA) передбачає, що існує стійка у часі середня ефективність для кожного об'єкта дослідження, а випадкові похибки за деякий проміжок часу усереднюються до нуля [8, с. 21].

Реалізація методу передбачає надання даним певного рангу. Дані ранжуються від найменших значень (ранг 1) до найвищих (ранг n , де n – кількість спостережень).

Загальними перевагами цього методу є те, що він звільняє дослідника від питання визначення характеру розподілу. Навіть якщо розподіл, що лежить в основі спостережень, відрізняється від нормального, рангові тести є ефективними. Використання DFA захищає від прийняття хибних рішень, які можуть виникнути як результат викривлення рівня значимості відповідно до ненормальності розподілу.

Іншою перевагою методу є те, що оцінки дисперсії на основі рангів є менш чутливими до значень відхилень, аніж ті, які засновані на вихідних даних. Таким чином, перевагою підходу DFA є надійність методів [9, с. 1621].

Недоліком же DFA є те, що за зміни ефективності за рахунок будь-яких факторів методи описують середнє відхилення об'єкта від найкращих практик господарювання, але не ефективність.

Методи TFA – ще один параметричний підхід, відмінністю якого є те, що оцінка параметрів проводиться не для всіх об'єктів, а лише для чверті (квartilю) «найкращих» (із найнижчими середніми витратами). Випадкова похибка являє собою відхилення від прогнозних значень усередині найвищого та найнижчого кватилів, а неефективність – відхилення прогнозних значень між найвищим та найнижчим кватиліями [10].

Недоліком підходу TFA є довільність припущення про вибір кількості категорій розмірів, які використовуються дослідником. Тобто відсутнє обґрунтування використання саме кватилію в дослідженні, а не іншого процентиля. Окрім того, як і методи DFA, реалізація методів TFA не забезпечує точної оцінки ефективності для окремого об'єкта дослідження, а тільки оцінку загальної ефективності.

Серед переваг параметричних методів Д.В. Шараєвський називає такі:

1) На відміну від параметричних методів вони враховують стохастичність і не потребують використання додаткових методик для тестування гіпотез про значимість отриманих оцінок і вплив різних чинників.

2) У параметричних методах ураховано можливість випадкових помилок, наприклад через помилки побудови границі або невірної звітності. Неправильне вимірювання ефективності одного об'єкта не спричиняє зсув оцінок інших [3].

Другою групою методів, що застосовуються для аналізу ефективності, є непараметричні методи. За твердженням В.В. Вітвицького, непараметричні методи використовують математичне програмування і не потребують визначення функціональної форми виробничої функції, що є однією з головних переваг цих методів над параметричними. Серед переваг непараметричних методів учений називає такі:

1. Для оцінки ефективності не потрібно знати функціональну форму межі ефективності, яка представляється у вигляді довільної ламаної кривої.

2. Непараметричні методи обходяться без припущень про розподіл показника неефективності. Методи засновані на розрахунку координат місця розташування підприємства, що мають найбільшу ефективність і визначають вершини ламаної кривої [1, с. 70].

Метод оболонкового аналізу (DEA) у вітчизняній літературі також відомий під назвами «аналіз згортання даних», «аналіз середовища функціонування». Цей метод є надзвичайно популярним непараметричним підходом до оцінки ефективності в енергетичній сфері та моделюванні навколишнього середовища в багатьох країнах. Однак в Україні він не набув загального поширення.

Метод DEA являє собою класичне застосування методів лінійного програмування до розв'язання задач порівняння багатопараметричних об'єктів за ефективністю функціонування та їх продуктивності. Основоположним поняттям методу DEA є ефективність, яка визначається як частка від ділення зваженої суми усіх вихідних параметрів на зважену суму всіх вхідних факторів. DEA дає змогу отримувати з набору досліджуваних об'єктів ефективні одиниці шляхом побудови границі ефективності, а для всіх інших – міру їх неефективності,

причому ефективність або неефективність конкретного підприємства визначається прийняттям власних рішень [11, с. 329]. Ефективні управлінські рішення у цьому разі полягають у спроможності менеджменту підприємств переробити «входи» на «виходи» якнайкраще порівняно з конкурентами.

DEA розглядає порівняну ефективність індивідуальних «одиниць прийняття рішень» (decision-making units, DMU), таких як країни, регіони або підприємства. DEA визначає набір найбільш ефективних одиниць, емпірично ефективну межу, а потім вимірює ефективність одиниць як відстань між фактичними спостереженнями та даною межею [12].

Цей метод є непараметричним, тобто замість припущення існування функціонального взаємозв'язку між ресурсами на вході та продукцією на виході використовується система гнучких середньозважених показників, що мінімізує ризики суб'єктивної оцінки з боку аналітика, що проводить дослідження. За результатами застосування методу аналітик отримує оптимальне значення вхідних та вихідних показників, спираючись на які приймається рішення щодо збільшення або зменшення вхідних або вихідних показників із метою досягнення оптимального рівня ефективності. Таким чином, DEA є не лише методом оцінки, а й методом управління [13, с. 164].

Уперше використання моделі DEA було запропоновано у 1978 р. в роботі А.Чарнса, В.В. Купера та Е. Родеса «Вимірювання ефективності одиниць прийняття рішень» [14]. За допомогою цієї моделі було розраховано порівняну ефективність одиниць прийняття рішень із постійною віддачею від масштабу. У 1984 р. Р.Д. Банкер, А. Чарнс та В.В. Купер запропонували використовувати альтернативну модель зі змінною віддачею від масштабу [15]. Існує два варіанти, які відносяться до обох моделей, а саме орієнтовані на вхід, у яких входи пропорційно знижуються, а виходи залишаються постійними, та орієнтовані на вихід, у яких виходи пропорційно зростають, тоді як входи залишаються постійними.

В аналізі DEA робиться припущення, що повинні бути оцінені n одиниць, використовуючи m різних входів для виробництва k різних виходів. Схематичне зображення досліджуваного об'єкта як складної системи представлено на рис. 1.

Вихідні величини Y_i ($i = 1, 2, \dots, k$) вибираються так, щоб кожна з них характеризувала фактор, що грає позитивну роль у сумарному показнику ефективності f досліджуваної системи

$$\frac{\partial f(Y_1, Y_2, \dots, Y_k)}{\partial Y_i} > 0, i = 1, 2, \dots, k. \quad (2)$$

Такими вихідними показниками можуть бути різноманітні величини, що характеризують виробничо-технологічні, управлінські, економічні, екологічні й інші аспекти діяльності.

Як вхідні величини X_j ($j = 1, 2, \dots, m$) беруться витрати на діяльність, зменшення яких призводить до підвищення показника сумарної ефективності

$$\frac{\partial f(X_1, X_2, \dots, X_m)}{\partial X_j} < 0, j = 1, 2, \dots, m. \quad (3)$$

На основі вибору сукупності входів та виходів, яка з позиції дослідника дає повну та адекватну характеристику систем, структура комплексного показника ефективності системи відповідно до базового варіанту методу DEA формується так:

$$f = \frac{u_1 \cdot Y_1 + u_2 \cdot Y_2 + \dots + u_k \cdot Y_k}{v_1 \cdot X_1 + v_2 \cdot X_2 + \dots + v_m \cdot X_m}. \quad (4)$$

У формулі (4) u_i ($i = 1, 2, \dots, k$) – позитивні вагові коефіцієнти, які характеризують відносний внесок кожного з вихідних факторів Y_i у сумарний коефіцієнт ефективності f . Відповідно, v_j ($j = 1, 2, \dots, m$) – ваги вхідних величин X_j . Вагові коефіцієнти u_i, v_j загалом є довільними, невідомими, і від них вимагається лише позитивність – $u_i \geq 0, v_j \geq 0$.

Методологічний підхід розрахунку ефективності кожного з n ($n = 1, 2, \dots, N$) об'єктів передбачає, що величини всіх показників комплексної ефективності f є скінченними, та відбувається ранжирування цих значень на числовому інтервалі $[0,1]$ виходячи з умови максимізації показників ефективності (4) для кожної із систем.

У цьому разі задача знаходження для n -ї системи узагальнюючого показника ефективності f_n і відповідного йому набору вагових коефіцієнтів u_{in} та v_{jn} записується так.

Знайти максимум функціоналу:

$$f_n = \max_{u_{in}, v_{jn} \in G} \frac{u_{1n} \cdot Y_{1n} + u_{2n} \cdot Y_{2n} + \dots + u_{kn} \cdot Y_{kn}}{v_{1n} \cdot X_{1n} + v_{2n} \cdot X_{2n} + \dots + v_{mn} \cdot X_{mn}}. \quad (5)$$

За наявності системи обмежень, що визначають область значень G вагів u_{in} та v_{jn} .

$$\begin{cases} \frac{u_{1n} \cdot Y_{11} + u_{2n} \cdot Y_{21} + \dots + u_{kn} \cdot Y_{k1}}{v_{1n} \cdot X_{11} + v_{2n} \cdot X_{21} + \dots + v_{mn} \cdot X_{m1}} \leq 1, \\ \frac{u_{1n} \cdot Y_{12} + u_{2n} \cdot Y_{22} + \dots + u_{kn} \cdot Y_{k2}}{v_{1n} \cdot X_{12} + v_{2n} \cdot X_{22} + \dots + v_{mn} \cdot X_{m2}} \leq 1, \\ \dots \\ \frac{u_{1n} \cdot Y_{1n} + u_{2n} \cdot Y_{2n} + \dots + u_{kn} \cdot Y_{kn}}{v_{1n} \cdot X_{1n} + v_{2n} \cdot X_{2n} + \dots + v_{mn} \cdot X_{mn}} \leq 1, \\ u_{in} \geq 0; v_{jn} \geq 0, \end{cases}$$

$$i = \{1, 2, \dots, k\}; j = \{1, 2, \dots, m\}; n = \{1, 2, \dots, N\}. \quad (6)$$

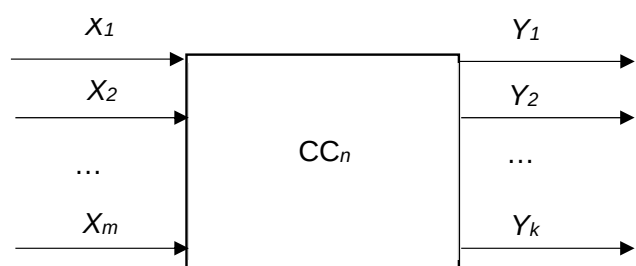


Рис. 1. Багатомірна складна система (CC) [16]

У рівнянні (6) величини X_{jn} ($j = 1, 2, \dots, m$) та Y_{in} ($i=1, 2, \dots, k$) є числовими значеннями входу X_i та виходу Y_i для n -ї системи.

Система рівнянь (5) та (6) для $n = \{1, 2, \dots, N\}$ визначає N задач математичного програмування. Рішення кожної n -ї задачі ($n = 1, 2, \dots, N$) для n -ї системи дає значення n -го показника ефективності f_n , проранжоване на одиничному інтервалі $[0, 1]$ та відповідний йому набір вагових коефіцієнтів, що максимізують функціонал (5). Тобто ваги u_{in} та v_{jn} будуть різними для різних n -их систем.

Загалом рішення задачі багатокритеріальної оптимізації (5), (6) дає не єдине, а цілу множину рішень, що задовольняють заданим обмеженням (6). При цьому одній і тій самій відносній ефективності може відповідати деяка множина рішень як у просторі вхідних та вихідних параметрів, так і в просторі вагів функціоналу [16, с. 127–128].

Метод вільного розташування оболонки (інші назви, що зустрічаються у вітчизняній літературі, – метод вільної оболонки, метод вільного розміщення оболонки) (FDH) є важливим класом моделей DEA. У підході FDH розглядаються вектори входів та виходів системи з припущенням про їх монотонність та мінімальну екстраполяцію, але без урахування постулату випуклості. На відміну від традиційних моделей DEA у моделі FDH межа ефективності є невивуклою, що дає змогу точніше оцінити ефект масштабу.

Узагальнюючи відмінності підходу FDH від DEA, Т.А. Горобець та А.Г. Гончарук наводять такі його властивості:

1) FDH відхиляє гіпотезу про випуклість (увігнутість) границі ефективності;

2) FDH не включає в границю ефективності точки на лініях, що з'єднують найбільш ефективні об'єкти;

3) FDH, як правило, обчислює вищі оцінки середньої ефективності, ніж DEA, оскільки границя FDH або дорівнює, або знаходиться нижче границі DEA;

4) у моделях FDH немає обмежень, пов'язаних із технологією виробництва [17, с. 81].

Останню відмінність можна назвати перевагою під час використання підходу FDH. Іншою перевагою є те, що технологія оцінки ефективності FDH більше охоплює дані, ніж технологія DEA. Таким чином, створюється менше можливостей для завищення технічної неефективності і менша кількість досліджуваних об'єктів ідентифікується як технічно неефективні [18, с. 454].

Головними недоліками непараметричних методів є відсутність у моделях векторів помилок і чутливість результатів до кількості змінних у моделі (зі збільшенням кількості факторів у моделі зростає кількість об'єктів, що перебувають на межі ефективності).

Також слід указати на те, що і параметричні, і непараметричні методи мають спільний недолік: вони дійсні в рамках одного дослідження і не можуть порівнюватися з оцінками, отриманими у ході аналізу іншої сукупності об'єктів. Також небажано під час аналізу за допомогою DEA порівнювати оцінки ефективності за різні періоди часу [19, с. 210].

У табл. 1 узагальнено переваги та недоліки розглянутих методів.

Таблиця 1

Переваги та недоліки економетричних методів для оцінки ефективності економічних об'єктів

Група методів	Метод	Переваги	Недоліки
Параметричні	SFA	– Припускає існування функціонального зв'язку між входом та виходом – Можливо відділити похибки та статистичний шум від неефективності	– Необхідно точно визначати функціональну форму зв'язку – Дають змогу оцінити об'єкт лише з одним «виходом»
	DFA	– Відсутня необхідність визначати характер розподілу – Висока надійність результатів методу – Усереднення похибок у даних до нуля	– Зміна ефективності описується як середнє відхилення від кращого об'єкта – Ефективність оцінюється на основі рангів
	TFA	– Оцінка проводиться лише для груп ефективних об'єктів	– Необґрунтованість процентиля груп у розрахунках – Оцінюється не ефективність кожного об'єкта, а загальна ефективність
Непараметричні	DEA	– Існують варіанти моделей із багатьма входами та виходами – Немає необхідності у встановленні форми зв'язку між входами та виходами – Знижується суб'єктивність оцінки, оскільки використовуються середньозважені ваги	– Результати оцінювання не містять вектору помилок – Результати змінюються залежно від кількості факторів у моделі
	FDH	– Дає змогу більш точно оцінити ефект масштабу – Не містить обмежень, пов'язаних із технологією виробництва – Менше завищує технічну ефективність	– Результати оцінювання не містять вектору помилок – Результати змінюються залежно від кількості факторів у моделі

Джерело: узагальнено автором на основі [6; 7; 9; 16–18]

На нашу думку, розглянуті методи можуть з успіхом використовувати для оцінки ефективності підприємств енергетичної сфери. Залежно від цілей дослідження, об'єктів аналізу та переліку факторів, які, на думку дослідника, чинять вплив на ефективність роботи підприємств, можна вибрати той чи інший метод, який дасть змогу отримати результати, що можуть бути використані для подальшого розроблення енергетичної політики.

Висновки з проведеного дослідження.

Отже, хоча на оцінці енергетичної та екологічної ефективності різноманітних галузей зосереджено численну кількість наукових публікацій, питання оцінки ефективності енергетичних ланцюгів постачань залишаються недостатньо висвітленими, зокрема недостатньо уваги приділено врахуванню екологічних показників.

Таким чином, на нашу думку, оцінювання ефективності діяльності підприємств в енергетичному секторі є одним із найбільш складних завдань в управлінні. Це пов'язано з тим, що доволі важко визначити, як процеси, корі відбуваються в енергетичному господарстві, беручи до уваги їхні екологічні наслідки, впливають на ефективність роботи підприємств енергетичної галузі у цілому. Застосування кількісних методів дасть змогу провести такий аналіз, результати якого можуть вплинути на формування енергетичних ланцюгів постачання.

Отже, подальше дослідження буде сфокусоване на визначенні ефективності в енергетичному секторі, причому аналіз, проведений на рівні підприємств, зможе служити основою для подальшого розроблення управлінських дій як на мікрорівні, так і на рівні регіонів та держави у цілому.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Вітвіцький В.В. Формування і класифікація системи показників продуктивності в аграрних підприємствах. *Вісник аграрної науки*. 2016. № 9. С. 67–71.
2. Шараєвський Д.В. Інформаційно-аналітична система оцінювання ефективності діяльності комерційних банків. *Ефективна економіка*. 2011. № 12. URL: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&S21P03=FILE=&S21STR=efek_2011_12_37 (дата звернення: 30.10.2021).
3. Моргунов Е.П., Моргунова О.Н. Краткое описание метода Data Envelopment Analysis. Версия 0.1. URL: http://www.morgunov.org/docs/DEA_intro.pdf (дата звернення: 30.10.2021).
4. Полуектова Н.Р., Шарагова В.М. Оцінювання ефективності використання інформаційних систем підприємств на основі аналізу стохастичної границі. *Актуальні проблеми економіки*. 2015. № 5(167). С. 493–500.
5. Cornwell C., Schmidt P. Stochastic Frontier Analysis and Efficiency Estimation. *The econometrics of*

panel data. Advanced Studies in Theoretical and Applied Econometrics. 2008. Vol. 46. Springer, Berlin, Heidelberg. P. 697–726. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-540-75892-1_21.

6. Ding Y., Liu X. A comparative analysis of data-drive methods in building energy benchmarking. *Energy & Buildings*. 2020. Vol. 209. P. 109711. URL: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109711>.

7. Meeusen W., Den Broeck J. Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Function with Composed Error. *International Economic Review*. 1977. Vol. 18. № 2. P. 435–444.

8. Савельева Н.К. Сравнительная характеристика количественных методов оценки эффективности деятельности банка. *Международный бухгалтерский учет*. 2016. № 4. С. 18–34.

9. Potvin C., Roff D.A. Distribution Free and Robust Statistical Methods: Viable Alternatives to Parametric Statistics. *Ecology*. 1993. Vol. 74. № 6. P. 1617–1628.

10. Berger A.N., Humphrey D.B. The dominance of inefficiencies over scale and product mix economies in banking. *Journal of Monetary Economics*. 1991. Vol. 28. P. 117–148.

11. Ткалич Т.А. Модель DEA-анализа для принятия управленческого решения в ИТ-менеджменте. Теория вероятностей, случайные процессы, математическая статистика и приложения : материалы междунар. научн. конф. Минск : РИВШ, 2015. URL: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/111860> (дата звернення: 30.10.2021).

12. Borozan D. Technical And Total Factor Energy Efficiency Of European Regions: A Two-Stage Approach. *Energy*. 2018. Vol. 152. P. 521–532. DOI: 10.1016/j.energy.2018.03.159.

13. Нечаєва І.А., Проскуркіна Д.С. Метод аналізу середовища функціонування для оцінки ефективності роботи суб'єкта, який ухвалює рішення, та його переваги. *Економічний аналіз*. 2013. Т. 14. № 3. С. 162–167.

14. Charnes A., Cooper W.W., Rhodes E. Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*. 1978. Vol. 2. Is. 6. P. 429–444.

15. Banker R.D., Charnes A., Cooper W.W. Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*. 1984. Vol. 30. № 9. URL: <https://doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078>.

16. Дилигенский Н.В., Цапенко М.В., Давыдов А.Н. Сравнительный многокритериальный анализ эффективности операционной деятельности промышленных предприятий. *Проблемы управления и моделирования в сложных системах* : материалы XII Междунар. конф. 2010. С. 21–23.

17. Горобець Т.А., Гончарук А.Г. Методичний підхід до оцінки ефективності діяльності підприємств малого та середнього бізнесу. *Проблеми системного підходу в економіці*. 2019. № 5(73). С. 77–86.

18. Lovell C.A.K., Eeckaut P.V. Frontier Tales: Dea and FDH. *Mathematical Modelling in Economics*. 1993. Pp. 446–457. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-642-78508-5_43.

19. Вітвіцький В.В. Методичні підходи до оцінки конкурентоспроможності аграрних підприємств. *Вісник ЖНАЕУ*. 2015. № 2(51). Т. 2. С. 207–213.

REFERENCES:

1. Vitvitskiy V.V. (2016) Formuvannya i klasyfikatsiia systemy pokaznykiv produktyvnosti v ahrarykh pidpriemstvakh [Formation and classification of the systems of efficiency in agrarian enterprises]. *Bulletin of agrarian science*, no. 9, pp. 67–71. (in Ukrainian)
2. Sharaievskiy D.V. (2011) Informatsiino-analitychna systema otsiniuvannya efektyvnosti diialnosti komertsiiynykh bankiv [Information and analytical system of the evaluation of the activity efficiency at commercial banks]. *Efektyvna ekonomika [Effective economy]*, no. 12. Available at: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&S21P03=FILA=&S21STR=efek_2011_12_37 (accessed 30 October 2021). (in Ukrainian)
3. Morgunov E.P., Morgunova O.N. Kratkoe opisaniye metoda Data Envelopment Analysis. Versiya 0.1. [Brief description of method Data Envelopment Analysis. Version 0.1]. Available at: http://www.morgunov.org/docs/DEA_intro.pdf (accessed 30 October 2021). (in Russian)
4. Poluektova N.R., Sharahova V.M. (2015) Otsiniuvannya efektyvnosti vykorystannya informatsiynykh system pidpriemstv na osnovi analizu stokhastychnoi hranytsi [Evaluation of the efficiency of information systems of enterprises on the basis of analysis of stochastic frontier]. *Aktualni problemy ekonomiky [Actual problems of economics]*, no. 5 (167), pp. 493–500. (in Ukrainian)
5. Cornwell C., Schmidt P. (2008) Stochastic Frontier Analysis and Efficiency Estimation. The econometrics of panel data. *Advanced Studies in Theoretical and Applied Econometrics*, vol. 46, pp. 697–726. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-540-75892-1_21.
6. Ding Y., Liu X. (2020) A comparative analysis of data-drive methods in building energy benchmarking. *Energy & Buildings*, vol. 209, p. 109711. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109711>
7. Meeusen W., Den Broeck J. (1977) Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Function with Composed Error. *International Economic Review*, vol. 18, no. 2, pp. 435–444.
8. Savel'eva N.K. (2016) Sravnitel'naya kharakteristika kolichestvennykh metodov otsenki effektivnosti deyatel'nosti banka [Comparative characteristics of the methods of the assessment of bank activity efficiency]. *Mezhdunarodnyy bukhgalterskiy uchet [International accounting]*, no. 4, pp. 18–34. (in Russian)
9. Potvin C., Roff D.A. (1993) Distribution Free and Robust Statistical Methods: Viable Alternatives to Parametric Statistics. *Ecology*, vol. 74, no. 6, pp. 1617–1628.
10. Berger A.N., Humphrey D.B. (1991) The dominance of inefficiencies over scale and product mix economies in banking. *Journal of Monetary Economics*, vol. 28, pp. 117–148.
11. Tkalich T.A. (2015) Model' DEA-analiza dlya prinyatiya upravlencheskogo resheniya v IT-menedzhmente [DEA model for the managerial decision-making in IT-management]. Proceedings of *Teoriya veroyatnostey, sluchaynye protsessy, matematicheskaya statistika i prilozheniya : mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya*. Minsk: RIVSh. Available at: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/111860> (accessed 30 October 2021). (in Russian)
12. Borozan D. (2018) Technical And Total Factor Energy Efficiency Of European Regions: A Two-Stage Approach. *Energy*, vol. 152, pp. 521–532. doi: 10.1016/j.energy.2018.03.159
13. Nechaieva I.A., Proskurkina D.S. (2013) Metod analizu seredovysycha funktsionuvannya dlia otsinky efektyvnosti roboty subiekta, yakyi ukhvaliuiie rishennia, ta yoho perevahy [Method Data Envelopment Analysis for the assessment of work efficiency of subject, which makes decisions, and its advantages]. *Ekonomichnyi analiz [Economic Analysis]*, vol. 14, no. 3, pp. 162–167. (in Ukrainian)
14. Charnes A., Cooper W.W., Rhodes E. (1978) Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, vol. 2, is. 6, pp. 429–444.
15. Banker R.D., Charnes A., Cooper W.W. (1984) Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, vol. 30, no. 9. DOI: <https://doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078>.
16. Diligenskiy N.V., Tsapenko M.V., Davydov A.N. (2010) Sravnitel'nyy mnogokriterial'nyy analiz effektivnosti operatsionnoy deyatel'nosti promyshlennykh predpriyatiy [Comparative multicriteria analysis of operational activity of industrial enterprises]. Proceedings of *Problemy upravleniya i modelirovaniya v slozhnykh sistemakh: XII Mezhdunarodnaya konferentsiya*, pp. 21–23. (in Russian)
17. Horobets T.A., Honcharuk A.H. (2019) Metodichni pidkhid do otsinky efektyvnosti diialnosti pidpriemstv maloho ta serednoho biznesu [Methodical approach to the assessment of efficiency of activity of small and medium enterprises]. *Problemy systemnoho pidkhodu v ekonomitsi [Problems of system approach in economics]*, vol. 5(73), pp. 77–86. (in Ukrainian)
18. Lovell C.A.K., Eeckaut P.V. (1993) Frontier Tales: Dea and FDH. *Mathematical Modelling in Economics*, pp. 446–457. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-78508-5_43.
19. Vitvitskiy V.V. (2015) Metodichni pidkhody do otsinky konkurentospromozhnosti ahrarykh pidpriemstv [Methodical approaches to the competitiveness assessment of the agrarian enterprises]. *Visnyk ZhNAEU [Bulletin of ZhNAEU]*, no. 2 (51), vol. 2, pp. 207–213. (in Ukrainian)