

УДК 004.896: 629.3.081.4

DOI: 10.15587/2313-8416.2014.28606

## ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ DEA ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ІНТЕГРОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

© М. В. Двоєглазова

Досліджено можливість застосування методу DEA для визначення ефективності функціонування інтегрованої інформаційної системи. Запропоновано методуку для проведення оцінки досягнутого рівня ефективності в досліджуваній системі, яка пропонує механізм коректування значень показників ефективності об'єктів на різних рівнях ієрархії з врахуванням ефективності груп, в які входять ці об'єкти.

Ключові слова: Метод DEA, ефективність функціонування, інтегрована інформаційна система, границя ефективності, стійкість.

*Possibility of DEA method application for functioning efficiency determination of the integrated information system is investigated. The technique for carrying out an assessment of the reached efficiency level in the studied system which offers the mechanism of value indicators correction of objects efficiency at the different levels of hierarchy taking into account efficiency of groups which include these objects is offered.*

Keywords: DEA method, functioning efficiency, integrated information system, efficiency limit, stability.

### 1. Вступ

Для ефективної реалізації інноваційних та інвестиційних проектів виникає необхідність об'єднувати інформаційні системи підприємства та проекту в єдину інтегровану інформаційну систему з метою підвищення функціонування і розвитку підприємства. В результаті об'єднання двох систем в єдиний інформаційний комплекс можливе існування безлічі варіантів їх кінцевого стану і оцінити ефективність кожного з них є досить трудомістким завданням.

### 2. Мета дослідження

Метою даного дослідження є вивчення можливості застосування методу DEA для визначення ефективності функціонування інтегрованої інформаційної системи підприємства та проекту.

### 3. Аналіз останніх досліджень та публікацій

Питанню застосування методу DEA присвячено дослідження закордонних та вітчизняних вчених. Так, в роботах [1–3] розглянуто застосування методу DEA для вивчення ефективності контейнерних терміналів, ефективності підприємств та компаній, а також окремих галузей. Питанню оцінки ефективності інформаційних систем присвячені роботи [4–6]. Проте не висвітлено питання застосування методу DEA для оцінки ефективності функціонування інтегрованих інформаційних систем підприємств та проектів.

### 4. Дослідження оцінки ефективності інтегрованої інформаційної системи методом DEA

Управління складними ієрархічними системами зумовлює також і управління їх ефективністю. За визначенням «ефективність – це найбільш загальна, визначальна властивість будь-якої ціленаправленої діяльності, яка об'єктивно виражається ступенем досягнення мети з

врахуванням затрат ресурсів та часу» В роботі [7] описується стохастичний підхід до визначення показників ефективності і узагальнений показник ефективності складної ієрархічної системи  $W$  в найбільш узагальненому вигляді пропонується визначати як деяку функцію чи функціонал виду:

$$W=(W_n, W_n, W_e), \quad (1)$$

де  $W_n$  – комплексний показник цільової надійності системи;  $W_n$  – комплексний показник цільової продуктивності системи;  $W_e$  – комплексний показник цільової економічності системи.

При цьому комплексні показники  $W_n, W_n, W_e$  розглядаються як чисельні ймовірнісні характеристики:

$$\begin{aligned} W_n &= P\{Y_k \geq Y_{\text{ц}} | U_k \leq U_{\text{ц}}\}, \\ W_n &= M\{Y_k | U_k \leq U_{\text{ц}}\}, \\ W_e &= M\{U_k | Y_k \leq Y_{\text{ц}}\}, \end{aligned} \quad (2)$$

де  $Y_k$  – можливий або фактичний досягнутий корисний ефект (кінцевий результат) функціонування та розвитку системи;  $Y_{\text{ц}}$  – цільовий корисний ефект (необхідний кінцевий результат) функціонування та розвитку системи;  $U_k$  – можливі або фактичні витрати кількості праці для отримання  $Y_k$ ;  $U_{\text{ц}}$  – максимально припустимі витрати праці для отримання  $Y_{\text{ц}}$ .

На значення показників накладаються обмеження нормування :

$$0 \leq W_n \leq 1, 0 \leq W_n \leq 1, 0 \leq W_e \leq 1. \quad (3)$$

Визначати ці показники ефективності пропонується по формулам:

$$W_n = \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} dF_u(y) dF_k(y), \quad (4)$$

де  $F_k(y)$  – функція розподілу можливого кінцевого результату функціонування та розвитку системи  $Y_k$ ;  $F_u(y)$  – функція розподілу цільового результату функціонування системи для досягнення цілі  $Y_{\text{ц}}$ ;

$$W_n = \int_0^{\infty} y dF_k(y), \quad (5)$$

де  $y$  – змінна, яка виражає можливі значення кінцевого результату функціонування та розвитку системи  $Y_k$ ;

$$W_s = \int_0^{\infty} u dF_k(u), \quad (6)$$

де  $u$  – змінна, яка виражає можливі значення розходу ресурсів  $U_k$  на отримання кінцевого результату  $Y_k$ ;  $F_k(u)$  – функція розподілу випадкової величини  $U_k$ .

Таким чином, щоб отримати робочі залежності для комплексних показників ефективності великої системи  $W_n, W_b, W_s$  на основі приведених моделей, необхідно отримати аналітичні вирази для функцій  $F_k(y), F_u(y), F_k(u)$ , які представляють собою функції розподілу випадкових величин  $Y_k, Y_u, U_k$ . Вирішується задача отримання аналітичних виразів для цих функцій на основі аналітичних та статистичних підходів. Проте, вибір виду функціональної залежності є неформалізованим етапом та несе на собі відбиток суб'єктивності.

Метод Data Envelopment Analysis був запропонований в 1978 році [8]. Початково метод призначався для оцінки ефективності функціонування некомерційних організацій. Даний метод є способом оцінки виробничої функції, яка в практичній дійсності невідома. Метод DEA засновано на побудові так званої *границі ефективності*, яка є аналогом виробничої функції у випадку, коли випуск являється не скалярним, а векторним, тобто коли випускається декілька видів продукції.

Ця границя має форму опуклої оболонки, або опуклого конуса у просторі вхідних і вихідних змінних, описуючих кожний об'єкт у досліджуємої сукупності. Судячи з назви метода, границя ефективності обертає точки, відповідні дослідним об'єктам в багатомірному просторі (*envelopment* - обгорнення). Границя ефективності використовується в якості зразка («точки відліку») для отримання чисельного значення оцінки ефективності кожного з об'єктів в дослідній сукупності. Ступінь ефективності об'єктів знаходиться ступенем його близькості до границі ефективності в багатомірному просторі входів/виходів. Спосіб побудови границі ефективності багаторазове рішення задач лінійного програмування.

Розглянемо сутність методу DEA на прикладі двох його моделей. Нехай є данні для  $K$  вхідних даних і  $M$  вихідних параметрів для кожного з них  $N$  однорідних об'єктів. Для  $i$ -го об'єкта вони зображені вектор-стовпцями  $x_i$  і  $y_i$  відповідно. Коли матриця  $X$  розмірності розмірности  $K \times N$  і матриця  $Y$  розмірності  $M \times N$  має вигляд матриці вхідних та вихідних параметрів для всіх  $N$  об'єктів. Модель формується у вигляді задачі лінійного програмування в такій форм:

$$\begin{cases} \min_{\Theta, \lambda} (\Theta), \\ -y_i + Y\lambda \geq 0, \\ \Theta x_i - X\lambda \geq 0, \\ \lambda \geq 0, \end{cases} \quad (7)$$

де  $\theta$  – скаляр, а  $\lambda$  являється вектором розмірності  $N \times 1$ .

Значення  $\Theta$ , отримане завдяки рішенню задачі, і буде мірою ефективності  $i$ -го об'єкту. При цьому ефективність не може перевищувати одиницю. Аналогічна задача виконується  $N$  раз, тобто для кожного об'єкту.

Запропонована модель (7) побудована в пропозиції *постійного ефекту масштабу* і в результаті її  $N$ -кратного вирішення формується межа ефективності в виді опуклого конуса. Конічна форма межі ефективності зумовлена тим, що в моделі (8) немає обмеження на суму елементів вектора  $\lambda$ , такого,  $\sum_{i=1}^N \lambda_i = 1$ . Пояснимо вектор  $\lambda$ .

З опуклого аналізу відомо, що кожна точка, яка належить опуклому конусу, натягнутому на деяку множину точок, може мати вигляд невід'ємної лінійної комбінації цих точок, тобто в вигляді  $(X\lambda, Y\lambda)$ . Частина елементів вектора  $\lambda$  має не нульове значення. Ці елементи відповідні тим об'єктам, які являються зразком для оцінюваного об'єкту. Лінійна комбінація зразкових об'єктів створює гіпотетичний об'єкт, який знаходиться на границі неефективності і який проєкціює реального неефективного об'єкту. Ті об'єкти, для яких значення показника ефективності здалося рівним одиниці знаходяться в границі ефективності. Для об'єктів, в яких показник ефективності менше одиниці, можуть бути рекомендовані в виведенні таких об'єктів в границю ефективності за рахунок пропорційного скорочення об'ємів витрачених ними ресурсів при збереженні значень вихідних змінних на минулому рівні. Тому приведена модель називається моделлю, *орієнтованою на вхід*. Пропонується значення вхідних змінних розраховувати за формулою:

$$x_{i(реком)} = \Theta x_i, \quad (8)$$

де  $\theta$  – показник ефективності  $i$ -го (неефективного) об'єкту;  $x$  – вектор значення вхідних змінних для  $i$ -го об'єкту.

Запропоновано модель, аналогічну моделі (7), але побудовану за пропозицією *змінного ефекту масштабу*:

$$\begin{cases} \min_{\Theta, \lambda} (\Theta), \\ -y_i + Y\lambda \geq 0, \\ \Theta x_i - X\lambda \geq 0, \\ \sum_{i=1}^N \lambda_i = 1, \\ \lambda \geq 0. \end{cases} \quad (9)$$

При вирішенні цієї задачі формована границя ефективності має форму опуклої оболонки з

умовами  $\sum_{i=1}^N \lambda_i = 1$ . Гіпотетичні об'єкти  $(X\lambda, Y\lambda)$  відповідають опуклій лінійній комбінації ефективних точок.

Аналогічно моделям (7) і (9) можуть бути побудовані і моделі з орієнтацією на *вихід*. В цьому випадку при їх вирішенні головним результатом буде видача рекомендацій збільшення випуску продукції без збільшення затрат ресурсів, тобто збільшення вектора  $y$  без збільшення значення вектора  $x$ . При досягненні запропонованих значень у неефективні об'єкти можуть бути виведені на границю ефективності:

$$\begin{cases} \max_{\phi, \lambda} (\Phi), \\ -y_i + Y\lambda \geq 0, \\ \Phi x_i - X\lambda \geq 0, \\ \lambda \geq 0. \end{cases} \quad (10)$$

$$\begin{cases} \max_{\phi, \lambda} (\Phi), \\ -y_i + Y\lambda \geq 0, \\ \Phi x_i - X\lambda \geq 0, \\ \sum_{i=1}^N \lambda_i = 1, \\ \lambda \geq 0. \end{cases} \quad (11)$$

Модель (10) побудована за пропозицією постійного ефекту масштабу, а модель (11) – змінного ефекту масштабу. Особливістю цих моделей є те, що значення змінної  $\phi$ , розрахована по цим моделям буде  $\phi \geq 1$ . Для отримання традиційного значення показників ефективності, який лежить в межах  $[0, 1]$ , слід просто використати заміну  $\Theta = 1/\phi$ .

Границя ефективності – це поняття умовне. Її вершинами є ефективні точки в просторі входів/виходів. Отримана границя ефективності є кусочно-лінійною детерміністською. Вирішуючи задачі DEA приділяється тільки ефективні точки-вершини. Всі проміжні точки межі можуть бути визначені, як лінійні комбінації цих точок-вершин. Метод DEA в традиційній формі дозволяє отримати показник тільки відносно ефективності об'єктів, оскільки вони оцінюються відносно один до одного.

У приведених моделях (7), (9)–(11) вектори  $x_i$  та  $y_i$  не обов'язково повинні належати матриці входів  $X$  та виходів  $Y$ . Вектори  $x_i$  та  $y_i$  можуть бути взяті з іншого масиву даних, наприклад, за інший часовий період. Однак при цьому випадку значення показника ефективності  $\Theta$  може бути більше 1, а значення показника  $\phi$ , на оборот, менше одиниці, оскільки метод працює таким чином, що об'єкт  $(x_i, y_i)$  порівнюється з опуклою оболонкою (або з опуклим конусом) точок, визначаємих векторів  $x_i$  та  $y_i$  повинні бути узгоджені з розмірностями матриць  $X$  та  $Y$ .

Метод DEA має ряд привабливих властивостей, в тому числі він:

– дозволяє обчислювати один агрегований показник ефективності для кожного об'єкту, не

потребує при цьому апріорного завдання вагових коефіцієнтів для змінних використаних в аналізі;

– не має ні яких обмежень на функціональну форму залежності між входами та виходами, оскільки кус очно-лінійна межа ефективності є непараметричною;

– множина ефективних об'єктів є оптимальним за Парето.

Ставлять питання визначення ефективності діяльності ієрархічної системи в залежності від числа елементів та числа рівней за допомогою простих кількісних співвідношень.

Розглянемо систему, в якій є тільки один рівень та елементи якої незалежні. Нехай ефективність діяльності кожного елементу характеризується деякою величиною  $s_i, i=1, \dots, n$ , де  $n$  – число елементів. Нехай елементи однакові. Тоді ефективність діяльності всієї множини з  $n$  елементів –  $S_n$  рівна  $S_n = ns$ . Це означає, що збільшення числа однакових не взаємодіючих елементів веде до екстенсивного росту, тобто спостерігається лінійна залежність ефективності системи до числа елементів.

В якості простішої залежності, не враховуючи деталі структури, для дворівневої системи пропонується така формула:

$$S_{q,r} = (s_1 q + b_1) \times (s_2 r + b_2) - b_1 b_2, \quad (12)$$

де  $q$  – кількість елементів на першому рівні;  $s_1$  – ефективність діяльності кожного з елементів першого рівня в відсутності інших;  $r$  – кількість елементів на другому рівні;  $s_2$  – ефективність діяльності кожного з елементів другого рівня в відсутності інших.

В результаті узагальнення співвідношення (12) на систему з  $k$  рівней, пропонується формула:

$$S_{n_1 \dots n_k} = (s_1 n_1 + b_1) \times \dots \times (s_k n_k + b_k) - b_1 \times \dots \times b_k. \quad (13)$$

На основі аналогічного співвідношення автори цього підходу та пропонують визначати ефективність діяльності розглядаємих ієрархічних систем. Наявність ієрархії повинно давати системі перевагу, інакше можна було б обійтися лінійною (однорівневою) структурою.

Даний підхід запропоновано групою канадських та британських дослідників [9]. Основною відмінною якістю цієї методики є можливість отримання оцінок ефективності на всіх рівнях ієрархії, які коректували з врахуванням ефективності вищих підсистем. Вводять наступні значення:

$K$  – число об'єктів на другому рівні ієрархії (тобто число груп, які складаються з об'єктів першого рівня);  $k$  – індекс об'єкту на другому рівні ієрархії;  $j_k$  – індекс об'єкту першого рівня ієрархії, який входить в  $k$ -ю групу ієрархії;  $Y_{j_k}(1), X_{j_k}(1)$  – виходи та входи об'єктів першого рівня ієрархії;  $Y_k^1(2), X_k^1(2)$  – виходи та входи об'єктів другого рівня ієрархії, які отримані шляхом агрегування (підсумовування) значень показників, використаних для оцінки ефективності об'єктів першого рівня ієрархії;  $Y_k^2(2), X_k^2(2)$  – виходи та входи об'єктів

другого рівня ієрархії, які не використовуються для оцінки ефективності об'єктів на першому рівні ієрархії.

Нехай  $v(1)$ ,  $\mu(1)$  и  $v(2)$ ,  $\mu(2)$  – коефіцієнти задачі лінійного програмування, зв'язані з  $Y_{kj}^1(1), X_{kj}^1(1)$  и  $Y_k^2(2), X_k^2(2)$  відповідно.

При будові моделі враховуються наступні обмеження:

1) оцінюючи ефективність об'єкту першого рівня ієрархії необхідно забезпечити, щоб він порівнювався лише з об'єктами з тієї самої групи (тобто в рамках одного об'єкту другого рівня ієрархії);

2) об'єкти другого рівня ієрархії *не повинен* брати участь в оцінці об'єктів першого рівня ієрархії;

3) об'єкти першого рівня ієрархії *повинні* брати участь в оцінці об'єктів другого рівня ієрархії.

Модель для оцінки об'єктів на другому рівні ієрархії має вигляд:

$$\max e_0 = \mu^T(1)Y_0^1(2) + \mu^T(2)Y_0^2(2), \quad (14)$$

при обмеженнях:

$$v^T(1)X_0^1(2) + v^T(2)X_0^2(2) + M\omega(2) = 1, \quad (15)$$

$$\mu^T(1)Y_k^1(2) + \mu^T(2)Y_k^2(2) - v^T(1)X_k^1(2) - v^T(2)X_k^2(2) - \omega(2) \leq 0, \quad k = 1 \dots K, \quad (16)$$

$$\mu^T(1)Y_{kj}^1(1) - v^T(1)X_{kj}^1(1) - \omega_k(1) \leq 0, \quad j_k \in J, \quad k = 1 \dots K, \quad (17)$$

$$\omega(2) - \omega_k(1) \geq 0, \quad k = 1 \dots K, \quad (18)$$

$$\mu(1), \mu(2), v(1), v(2) \leq e_0, \quad (19)$$

$$\omega_k(1), \omega(2) \geq 0, \quad \forall k. \quad (20)$$

Модель для оцінки об'єктів на першому рівні ієрархії має вигляд:

$$\max e_0 = \mu^T(1)Y_0^1(1), \quad (21)$$

при обмеженнях (16)–(20):

$$v^T(1)X_0^1(1) + M\omega(2) = 1. \quad (22)$$

Таким чином, розрізняють тільки цільові функції та перше обмеження, а решта обмежень лишаються тими самими.

В обмеженні (19)  $J_k$  позначає індексу множини об'єктів першого рівня ієрархії, який є в  $k$ -ій групі (тобто об'єкт другого рівня ієрархії). Позначення  $Y_0^1(2)$  в (20) зображує агрегований об'єм випуску (вихід системи), який здійснюється об'єктами першого рівня, які містяться в  $k$ -ій групі при  $k = "0"$  (тобто для оцінювання об'єкту другого рівня ієрархії). В (21) позначення  $Y_0^1(1)$  зображує випуск (вихід) для конкретного об'єкту першого рівня ієрархії, який знаходиться в конкретній групі другого рівня ієрархії, тобто  $(J_k, k) = "0"$ . За допомогою змінних  $w_k(1)$  та  $w(2)$  визначені об'єкти можуть бути застосовані в аналізі або не застосовані в ньому. В (22) змінна  $w_0(1)$  відноситься до конкретної групи другого рівня ієрархії, в якій знаходиться оцінюваний об'єкт першого рівня ієрархії (тобто  $k = "0"$ ). Тому всім об'єктам з конкретної  $k$ -ої групи буде визначена одна й та сама змінна  $w_0(1)$ .

Інструментарій, використаний для дослідження ефективності взаємодії складних ієрархічних систем, на наш погляд, можна розділити на три рівні:

– базовий інструментарій: теорія множин, теорія графів, математичне програмування, теорія диференціальних рівнянь, статистичні методи та ін.;

– спеціалізовані методи дослідження ефективності, які будуються на основі інструментарію першого рівня (наприклад, методика DEA-АСФ, імітаційне моделювання);

– мікроінструменти (методики, які поєднують в собі різні інструменти перших двох рівнів).

Вибір інструментарію визначається вирішуваною задачею та рівнем складності досліджуваної системи. Методика дослідження представлена на рис. 1.

На першому етапі дослідження необхідно провести збір статистичних даних про об'єкт дослідження. В якості об'єкту будуть використані інформаційні системи підприємства (IC1) та інформаційна система проекту, який реалізується на цьому підприємстві (IC2). Системи є змінними в часі. Тобто розглядається їх функціонування та взаємодія за весь життєвий цикл проекту – 5 років (10 епох).

На другому етапі проводиться оцінка динаміки інформаційних систем в просторі станів за допомогою побудови фазових портретів систем. На цьому ж етапі визначаються параметри стійкості систем, та наявність в них атракторів першого роду (типу «центр»). Пропонований інструментарій – математичне моделювання.

На наступному етапі проводиться оцінка взаємодії двох інформаційних систем в просторах їх станів. Інструмент аналізу - теорія графів.

Ефективність функціонування оцінюється за допомогою нейронної моделі взаємодії входів/виходів окремих систем. При цьому необхідно створити структуру нейромережі та отримати вектори управління та параметри управління системами. Інструмент – нейронне моделювання.

На основі попереднього етапу створюється основна модель, орієнтована на вихід для інтегрованої інформаційної системи. При цьому необхідно провести аналіз шарів ефективності окремих взаємодій вхід/вихід та обрати загальну границю ефективності інтегрованої системи. Інструмент - модифікований метод DEA.

На наступному етапі проводиться оцінка стійкості інтегрованої системи (СІС) та часовий проміжок, через який система досягне стійкого та ефективного стану (рис. 2). На цьому етапі можливо розрахувати параметри досягнення ефективності окремих об'єктів системи. Інструмент – нейронне моделювання.

Запропонована методика є хорошим інструментом для проведення оцінки досягнутого рівня ефективності в досліджуваній системі [10]. Методика пропонує механізм коректування значень показників ефективності об'єктів на різних рівнях

ієрархії з врахуванням ефективності груп, в які входять ці об'єкти (тобто з врахуванням ефективності об'єктів).

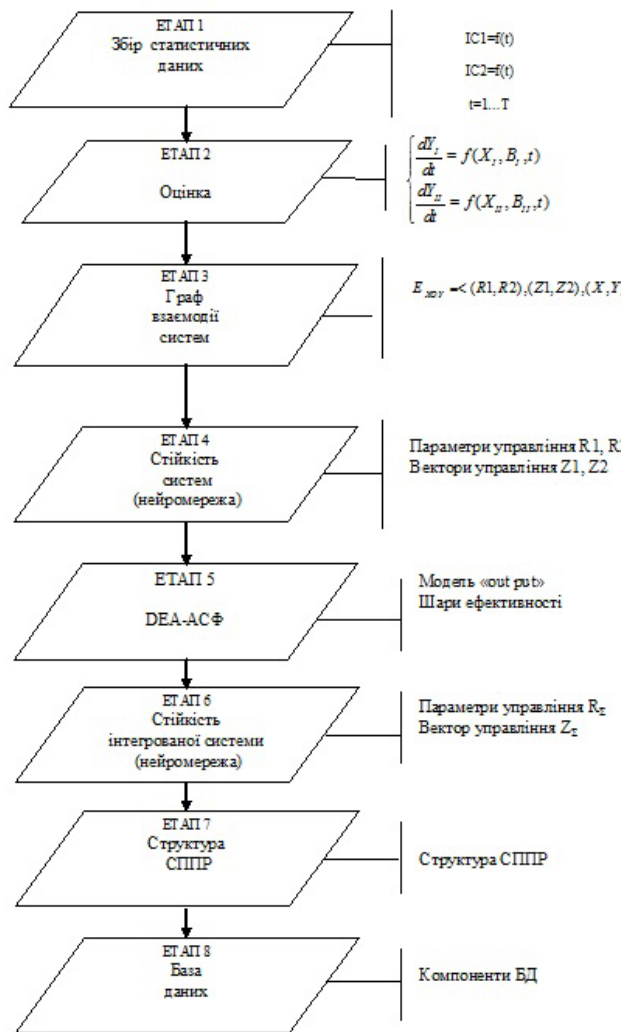


Рис. 1. Методика та основні етапи дослідження

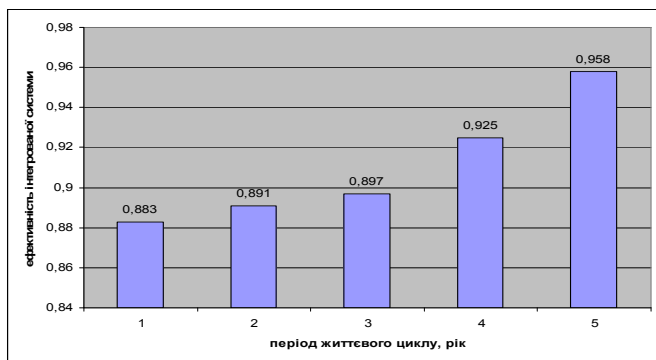


Рис. 2. Досягнення інтегровано інформаційною системою ефективного стану

Оцінюючи ефективність складної системи, яка має ієрархічну структуру, з'являється проблема оцінки ефективності підсистем на різних рівнях ієрархії, а також проблема агрегування оцінок ефективності окремих об'єктів в єдину оцінку ефективності систем.

**5. Висновки**

Досліджено можливість застосування методу DEA для визначення ефективності функціонування інтегрованої інформаційної системи. Проте з'являється необхідність у модифікації запропонованого методу для розв'язання поставлених проблем. Крім того, процедура визначення ефективності ієрархічних систем на основі методу DEA базується на багаторазовому розв'язанні задачі лінійного програмування за наявності обмежень. При наявності в системі великої кількості взаємодіючих об'єктів, змінних у часі, процедура визначення ефективності буде поглинати велику кількість машинних та часових ресурсів.

**Література**

1. Кузнецов, А. Метод DEA для изучения эффективности контейнерных терминалов [Текст] / А. Кузнецов, Е. Козлова // Наука и технологии. Морской флот. – 2007. – № 7. – С. 52–55.
2. Новожилов, А. А. Использование метода DEA для анализа эффективности перерабатывающей отрасли [Текст] / А. А. Новожилов // Современные наукоемкие технологии. – 2009. – № 2. – С. 43–44.
3. Чмутова, І. М. Зовнішні рейтингове управління банком методом DEA [Текст] / І. М. Чмутова, М. В. Афанасенко // Проблеми економіки. – 2011. – № 2. – С. 75–79.
4. Platasa, G. Methodological approaches to evaluation of information system functionality performances and importance of successfulness factors analysis [Text] / G. Platasa, N. Balaban // Management Information Systems. – 2009. – Vol. 2. – P. 011–017.
5. Lagsten, J. Evaluating Information Systems according to Stakeholders: A Pragmatic Perspective and Method [Text] / J. Lagsten // The Electronic Journal Information Systems Evaluation. – 2011. – Vol. 14, Issue 1, – P. 73–88.
6. Мних, Є. Ефективність інтегрованих обліково-аналітичних систем [Текст] / Є. Мних // Вісник КНТЕУ. – 2013. – № 1. – С. 109–116.
7. Соломонов, Ю. С. Большие системы: гарантийный надзор и эффективность [Текст] / Ю. С. Соломонов, Ф. К. Шахтарин. – М.: Машиностроение, 2003. – 368 с.
8. Cooper, W. W. Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References, and DEA-Solver Software [Text] / W. W. Cooper, L. M. Seiford, K. Tone. – Boston: Kluwer Academic Publishers, 2000. – 318 p.
9. Charnes, A. Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology, and Application [Text] / A. Charnes, W. W. Cooper, A. Y. Lewin, L. M. Seiford. – Boston: Kluwer Academic Publishers, 1994. – 513 p.
10. Двоєглазова, М. В. Управління інтеграцією інформаційних систем підприємства та проектів розвитку машинобудівної галузі [Текст] : дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06 / М. В. Двоєглазова. – Київ, 2012. – 207 с.

**References**

1. Kuznetsov, A., Kozlova, E. (2007). The DEA method to study the efficiency of container terminals. International Maritime Journal, 7, 52–55.
2. Novozhilov, A. A. (2009). Use of the DEA method for the analysis of efficiency of processing industry. Modern high technologies, 2, 43–44.
3. Chmutova, I. M., Aphanasenko, M. V. (2011). External rating managements of bank of the DEA method.

Problems of Economics, 2, 75–79.

4. Platasa, G., Balaban, N. (2009). Methodological approaches to evaluation of information system functionality performances and importance of successfulness factors analysis. *Management Information Systems*, 2, 011–017.

5. Lagsten, J. (2011). Evaluating Information Systems according to Stakeholders: A Pragmatic Perspective and Method. *The Electronic Journal Information Systems Evaluation*, 14 (1), 73–88.

6. Mnykh, E. (2013). Effectiveness of integrated accounting and analytical systems. *Kiev Natsional Economic Universitet*, 1, 109–116.

7. Solomonov, Yu. S., Shakhtarin, F. K. (2003). Big systems: guarantee supervision and efficiency. Moscow. Mashinostroenie, 368.

Mashinostroenie, 368.

8. Cooper, W. W., Seiford, L. M., Tone, K. (2000). *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References, and DEA-Solver Software*. Boston. Kluwer Academic Publishers, 318.

9. Charnes, A., Cooper, W. W., Lewin, A. Y., Seiford, L. M. (1994). *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology, and Application*. Boston. Kluwer Academic Publishers, 513.

10. Dvoieglazova, M. V. (2012). Management of integration of information systems of the enterprise and projects of development of machine-building branch. Dissertation for Cand. Sc. (Engineering). Kiyv, 207.

*Рекомендовано до публікації д-р техн. наук Сахно Є. Ю.  
Дата надходження рукопису 20.10.2014*

**Двоєглазова Марина Валеріївна**, кандидат технічних наук, доцент, кафедра управління якістю та проектами, Чернігівський національний технологічний університет, вул. Белова, 4, м. Чернігів, Україна, 14033

E-mail: [marinita\\_1905@mail.ru](mailto:marinita_1905@mail.ru)

УДК691:662.613

DOI: 10.15587/2313-8416.2014.28511

## СТАН, ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПЕРЕРОБКИ ЗОЛОШЛАКОВИХ ВІДХОДІВ ТЕПЛОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ УКРАЇНИ

© **О. О. Хлопицький**

*У роботі розглянуто питання золошлакових відходів, а саме джерела надходження, сучасний стан, проблеми, які існують при переробці або утилізації та перспективи вдосконалення та розвитку цієї галузі в Україні. Розглянуті методи утилізації золошлакових відходів та їх подальше використання у різних галузях виробництва. Представлені дані з перспективи використання та підготовки відходів на прикладі передових світових країн у вирішенні цієї проблеми.*

*Ключові слова: електростанції, відходи, зола, шлак, розділення, магнітна сепарація, вилучення, вторинна сировина, готові продукти.*

*The issues of ash-slag waste – the sources of income, current status, problems that exist in the processing or utilization and prospects for improvement and development of this industry in Ukraine are considered in the article. Utilization methods of ash and slag waste and their further usage in various industries are considered. The data about usage prospects and preparation of waste is shown on example of the world's advanced countries in solution of this problem.*

*Keywords: thermal power stations, waste, ash, slag separation, magnetic separation, removal, secondary raw materials, finished products.*

### 1. Вступ

Багаторічна енергетично-сировинна спеціалізація, а також низький технологічний рівень промисловості України поставили її в число країн з найбільш високими абсолютними обсягами утворення та накопичення відходів. Основними джерелами утворення відходів є підприємства гірничорудного, хімічного, металургійного, машинобудівного, паливно-енергетичного, будівельного та агропромислового комплексів. Відходи є одним з найбільш вагомих факторів забруднення довкілля і негативного впливу фактично на всі його компоненти [1].

### 2. Постановка проблеми

Наявна ситуація, що складається навколо

відходів паливно-енергетичного

комплексу, а саме відходів теплових електростанцій не може, не привернути уваги вчених-дослідників та особливо держави в цілому. Тому пріоритетним напрямком України, як держави є розроблення принципово нових методів утилізації золошлакових відходів опираючись на світовий досвід вирішення проблем.

### 3. Літературний огляд

Питання утилізації відходів виробництва і споживання в останні роки здобувають вирішальне значення для зниження антропогенного впливу на середовище існування людини, а також у зв'язку з ростом цін на сировину, що супроводжує неминуче виснаження природних ресурсів.