

УДК 004.896: 629.3.081.4

¹Є.Ю. Сахно, ²І.С. Скітер, ¹М.В. Двоєглазова¹ Чернігівський державний інститут економіки і управління, Чернігів² Чернігівський державний технологічний університет, Чернігів

ФОРМУВАННЯ УЗАГАЛЬНЕНОЇ МОДЕЛІ ІНТЕГРАЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ПІДПРИЄМСТВА ТА ПРОЕКТУ

Запропоновано узагальнену модель інтеграції інформаційних систем підприємства та проекту на основі розробленого комплексу алгоритмів і формалізованої методики формування штучних еталонних границь ефективності на основі узагальнення характеристик інтегрованих систем.

Ключові слова: інтеграція інформаційних систем, метод DEA–АСФ, границя ефективності

Предложена обобщенная модель интеграции информационных систем предприятия и проекта на основе разработанного комплекса алгоритмов и формализованной методики формирования искусственных эталонных границ эффективности на основе обобщения характеристик интегрированных систем.

Ключевые слова: интеграция информационных систем, метод DEA-АСФ, граница эффективности

The generalized model of integration of the informative systems of enterprise and project is offered on the basis of worked out complex of algorithms and formalized methodology of forming of artificial standard borders of efficiency on the basis of generalization of descriptions of the integrated systems.

Keywords: integration of the informative systems, method of DEA, border of efficiency

Постановка проблеми

Відомо, що у процесі інтеграції інформаційних систем підприємства і проекту можливі різні конфігурації інтегрованої інформаційної системи. При цьому кінцеві стани залежать від вигляду функції розподілу енергії уздовж границь систем підприємства та проекту, що інтегруються [1]. В результаті злиття інформаційних систем в єдиний інформаційний комплекс можлива безліч варіантів їх кінцевого стану, і оцінити ефективність кожного з них є досить трудомістким завданням. При цьому проектувальнику необхідно вибрати найбільш прийнятний варіант кінцевого стану інформаційної системи для того, щоб забезпечити виконання інноваційно-інвестиційних проектів в заданих технічних параметрах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Для вирішення поставлених завдань використовуються різні прийоми і підходи. Одним з таких методів оцінки ефективності об'єктів в досить широких класах систем є Data Envelopment Analysis (DEA) (російськомовний аналог – «Аналіз середовища функціонування (АСФ)» [2],

розроблений А. Charnes, W.W. Cooper, E. Rhodes . Отримана формалізована методика на основі модифікованого методу DEA–АСФ, дозволить підвищити якість управління складними ієрархічними системами.

Формулювання мети

Розв'язання поставленої задачі можливе при розробці комплексу алгоритмів і формалізованої методики формування штучних еталонних границь ефективності на основі узагальнення характеристик інтегрованих систем.

Даний метод є, по суті, способом оцінки виробничої функції [3], яка в практичній реальності невідома. Метод DEA–АСФ заснований на побудові так званої границі ефективності, яка і визначає положення кожного з елементів систем в заданій системі координат. Ця границя може мати форму опуклої оболонки або опуклого конуса [4] в просторі вхідних і вихідних змінних, що описують кожен об'єкт в досліджуваній сукупності. Границя ефективності використовується як еталон («точки відліку») для набуття чисельного значення оцінки ефективності кожного з об'єктів в досліджуваній сукупності. Міра ефективності об'єктів визначається

мірою їх близькості до границі ефективності в багатовимірному просторі входів-виходів. Спосіб побудови границі ефективності – багатократне розв’язання задачі лінійного програмування [4].

Виклад основного матеріалу

Розглянемо механізм формування границі ефективності при інтеграції інформаційних систем в єдиний комплекс. На рис. 1,а показано рух двох інформаційних систем на зустріч одна одній. При цьому виступи і западини розподілу енергії уздовж границь систем S_I і S_{II} з’єднуються в деяких точках $A_1... A_n$, утворюючи тим самим область S_{III} двох об’єктів. При цьому залежно від положення вихідних точок $F_1...F_m$; $N_1...N_n$ формуватимуться напрямки векторів n_n і f_m і відповідно положення точок $A_1... A_n$ на границі ефективності (рис. 1,б). При цьому відстані x_n та x_n від границі ефективності до точок A_n визначатимуть ефективну область інтеграції інформаційних систем S_{III} .

Загальний стан параметрів системи S_I і S_{II} можна описати у вигляді:

$$S_I = \begin{cases} x1 = \begin{vmatrix} x_{11}^1; x_{22}^1; x_{33}^1; \dots; x_{mn}^1 \\ \dots \\ x_{1n}^1; x_{2n}^1; x_{3n}^1; \dots; x_{mn}^1 \end{vmatrix} = |A1|; \\ x2 = |A2|; \\ x3 = |A3|; \\ xn = |An|. \end{cases}$$

$$S_{II} = \begin{cases} y1 = \begin{vmatrix} y_{11}^1; y_{22}^1; y_{33}^1; \dots; y_{mn}^1 \\ \dots \\ y_{1n}^2; y_{2n}^2; y_{3n}^2; \dots; y_{mn}^2 \end{vmatrix} = |B1|. \\ y2 = |B2|; \\ y3 = |B3|; \\ yn = |Bn|. \end{cases}$$

Інтегрована система S_{III} визначається таким виразом:

$$S_{III} = S_{II} + S_I = |Z| = f(Z).$$

При цьому ставиться завдання шляхом перебирання комбінацій об’єднання параметрів систем X_i та Y_i знайти точки, які і визначають границю ефективності і область системи S_{III} .

Розглянемо суть методу DEA-АСФ. Нехай є дані для K вхідних параметрів і M вихідних параметрів для кожного з N однорідних об’єктів.

Для i -го об’єкта вони представлені вектором-стовпцями x_i і y_i відповідно. Тоді матриця X розмірності $K \times N$ і матриця Y розмірності $M \times N$ є матрицями вхідних і вихідних параметрів для всіх N об’єктів. Модель формується у вигляді завдання лінійного програмування в такій формі [5]:

$$\begin{cases} \min_{\Theta, \lambda} (\Theta); \\ -y_i + Y\lambda \geq 0; \\ \Theta x_i - X\lambda \geq 0; \\ \lambda \geq 0, \end{cases} \quad (1)$$

де Θ – скаляр, а λ – вектор констант розмірності $N \times 1$.

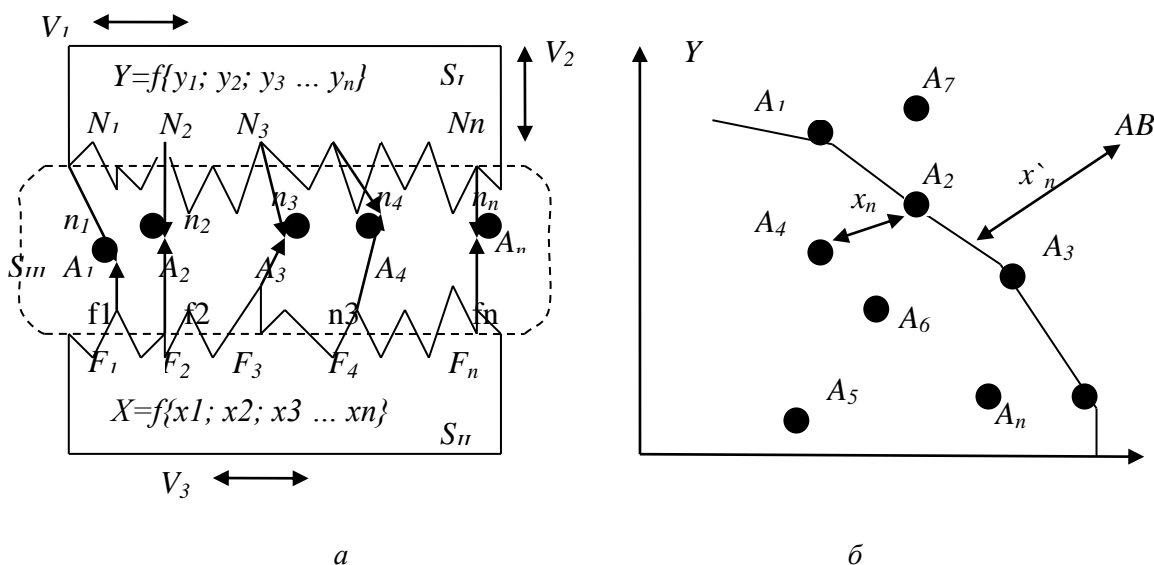


Рис. 1. Формування границі ефективності інтеграції інформаційних систем: а – схема формування загальної системи; б – формування границі ефективності на площині

Значення Θ , отримане в процесі розв’язання задачі, і буде мірою ефективності i -го об’єкта. При цьому ефективність не може перевищувати одиниці. Аналогічне завдання вирішується N разів, тобто для кожного об’єкта.

Представлена модель (1) побудована в припущенні постійного ефекту масштабу і в результаті її n -кратного рішення формується границя ефективності у вигляді опуклого конуса. Конічна форма границі ефективності обумовлена тим, що в моделі (1) немає обмеження на суму елементів вектора λ , такого, як $\sum_{i=1}^N \lambda_i = 1$ [4].

Границя ефективності – поняття умовне. Вона є кусково-лінійною детерміністською. Розв’язанням задачі DEA–АСФ визначаються лише ефективні точки-вершини. Всі ж проміжні точки границі можуть бути визначені як лінійні комбінації цих точок-вершин.

Показник ефективності Θ виражає міру близькості точки до границі ефективності і є відносною безрозмірною величиною, а не абсолютною відстанню. Також показник Θ у моделях методу DEA –АСФ є інваріантним до змін одиниць виміру, тобто при зміні одиниць виміру значення показника Θ не зміниться, що пояснюється способом розрахунку цього показника [2]. Тому як відстань від точки до границі ефективності використовуватимемо різницю $1 - \Theta$. Ця відстань вимірюється уздовж прямої, проведеної через дану точку і початок координат. У загальному випадку цей напрям не збігається з нормаллю до сегменту границі ефективності, але такий спосіб виміру відстані відповідає ідеї методу DEA–АСФ. Суть запропонованого механізму полягає в тому, щоб спочатку розділити всю сукупність точок, сформовану в області S_{III} , на «шари ефективності», кожен з яких складається лише з DEA-ефективних точок і є, фактично, границею ефективності, а потім вибрати один з «шарів» як результуючу еталонну

(експертну) границю ефективності. Модель методу DEA–АСФ необхідно вибрати заздалегідь до запуску цього алгоритму. У процесі роботи алгоритму модель змінюватися не повинна. При цьому слід дотримуватися правила: для формування штучних границь використовувати ту ж модель, яка потім застосовуватиметься для оцінки реальних об’єктів. Ілюстрація запропонованого підходу на прикладі зі скалярним входом і скалярним виходом наведена на рис. 2.

На рис. 2. видно, що отриманий «шар ефективності» може містити точки, сформовані більш ніж одним експертом, а може і випадково збігтися з індивідуальною експертною границею ефективності. Тепер можна перейти до процедури узагальнення границь ефективності, побудованих окремими експертами. Вхідними даними до завдання побудови шарів ефективності є: кількість способів оцінки (формування) матриць входів і виходів системи P ; кількість об’єктів N ; число вхідних змінних K ; число вихідних змінних M .

Алгоритм формування шарів ефективності представлено в [6]. Отримавши множину «шарів ефективності», можна перейти до наступного етапу – розв’язання задачі визначення узагальної границі ефективності. У даному випадку узагальнена границя є аналогом вибіркового середнього в традиційній постановці завдання. Особливість полягає в тому, що середня границя ефективності не формується, а вибирається з множини $F = \{F_j\}$. Алгоритм здобуття узагальної границі показано на рис. 3.

Обґрунтування для вказаного способу визначення результуючої границі ефективності таке. Відомо, що сума відхилень значень елементів вибірки від середнього дорівнює нулю. Але в нашому випадку точна рівність нулю може бути досягнута лише випадковим чином, оскільки беремо вже наявні точки. Тому доводиться обмежитися мінімумом середнього відхилення.

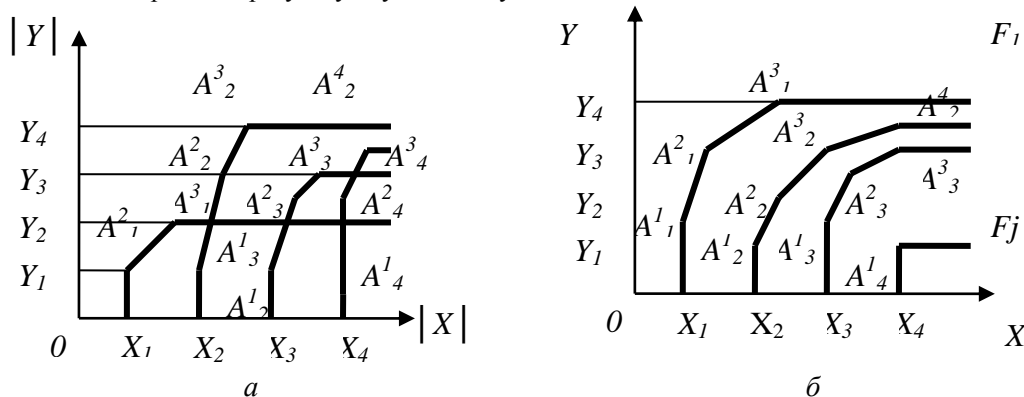


Рис. 2. Формування шарів в просторі входів-виходів: а – індивідуальні експертні границі ефективності; б – сформовані «шари ефективності»

Наведені вище алгоритми описують визначення границь ефективності на основі реально існуючого стану розподілу входів-виходів систем. Для визначення способів управління інтегрованою інформаційною системою необхідний аналіз можливих варіантів їх взаємодії, тому пропонується такий підхід. Для кожного об'єкта сформувати ряд варіантів надання ресурсів R_i системи і отримати експертні оцінки обсягів виходів (випусків) для кожного варіанта по всіх об'єктах. Крок зміни обсягу ресурсів Δr_i має бути вибраний з врахуванням обсягу готівкових ресурсів (входів). За наявності декількох видів ресурсів необхідно сформувати множину комбінацій обсягів ресурсів, вибравши крок Δr_i для ресурсу кожного виду.

В результаті отримаємо експертну оцінку множини виробничих можливостей.

Таким чином, будуть сформовані матриці вхідних X і вихідних Y змінних для використання їх в моделі методу DEA-АСФ. Ефективні комбінації ресурсів і випусків, отримані в результаті обчислень за цією моделлю, дадуть еталонну границю, що визначатиметься матрицями $X^e = \{x_i^e\}$ і $Y^e = \{y_i^e\}$, де i^e – індекси об'єктів, для яких показник ефективності дорівнює 1. Відносно цієї границі можна оцінювати поточні досягнення (комбінації входів і виходів) існуючих об'єктів (x, y) .

Як зазначалося вище, штучні (вкладені) границі ефективності використовуються для проведення класифікації об'єктів за їх ефективністю.

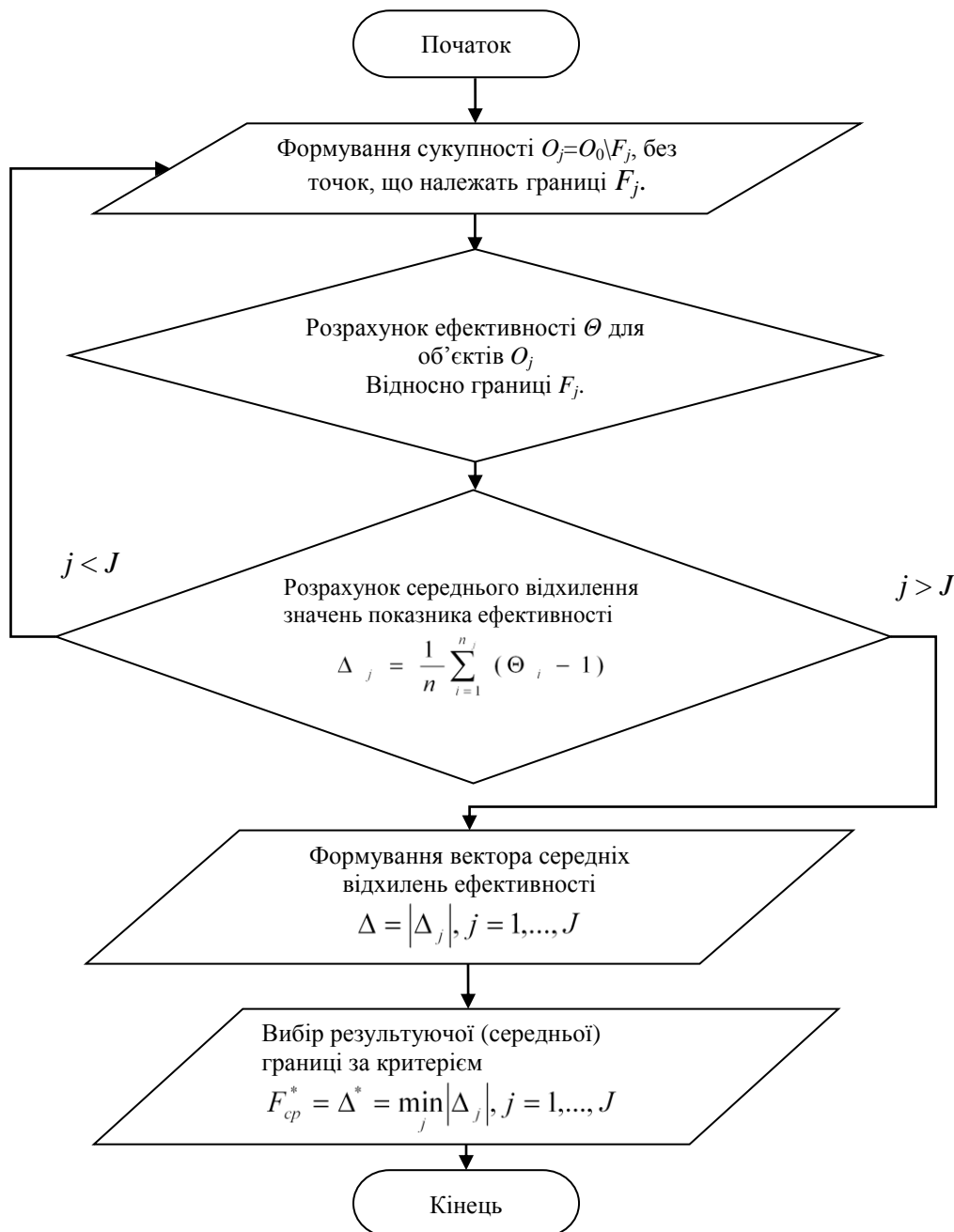


Рис. 3. Алгоритм визначення узагальненої границі ефективності

Ідея запропонованого підходу полягає в тому, щоб, побудувавши одну штучну границю ефективності (тобто сформувавши матриці входів X і виходів Y для еталонних об'єктів), використовувати її як базу (відправний пункт) для формування наступної границі, розташованої в багатовимірному просторі входів-виходів на деякій відстані від базової границі.

Спосіб вимірювання відстаней в просторі входів-виходів використовуватимемо так само, як і при узагальненні індивідуальних границь.

Нехай необхідно сформувати дві вкладені границі ефективності. При цьому потрібно використовувати K вхідних параметрів і M вихідних параметрів для кожного з N об'єктів.

Для i -го об'єкта вони представлені вектор-стовпцями x_i і y_i відповідно. Тоді матриця X розмірності $K \times N$ і матриця Y розмірності $M \times N$ є матрицями вхідних і вихідних параметрів для всіх N об'єктів. Послідовність формування штучних шарів наведена на рис. 4.

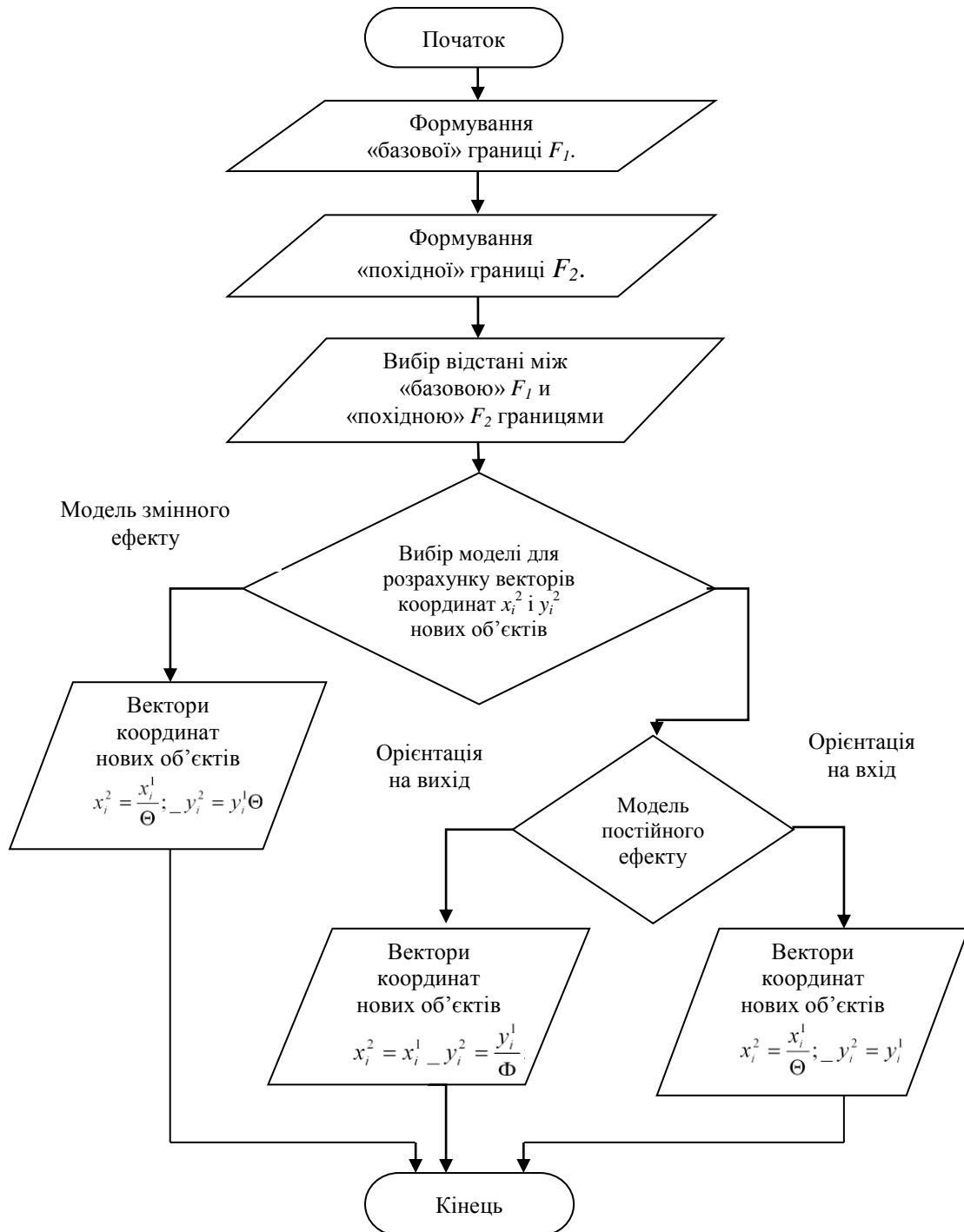


Рис. 4. Алгоритм формування вкладених штучних границь ефективності на основі «базової» границі

Відстань між «базовою» границею F_1 і «похідною» границею F_2 виражається в термінах показника ефективності θ , який в даному алгоритмі означає, що ефективність всіх об'єктів «похідної» границі F_2 відносно «базової» границі F_1 має дорівнювати одному і тому ж значенню θ .

Особливістю алгоритму є те, що залежно від вибору вигляду моделі (змінного або постійного ефекту), необхідно варіювати показники входів-виходів. Так, для моделі змінного ефекту для здобуття координат об'єктів «похідної» границі необхідно або збільшити значення вхідних змінних при незмінних значеннях вихідних змінних, або зменшити значення вихідних змінних при незмінних значеннях вхідних змінних об'єктів «базової» границі.

Для моделі постійного ефекту для здобуття координат об'єктів «похідної» границі необхідно як збільшити значення вхідних змінних, так і зменшити значення вихідних змінних об'єктів «базової» границі, тобто по суті, виконати два перетворення границі ефективності. Проілюструвати цей прийом можна на простому прикладі зі скалярним входом і виходом (рис. 5).

На практиці експерт може виконати декілька запусків алгоритму при різних значеннях показника ефективності θ та вибрати найбільш відповідний варіант, а потім, за необхідності, довести його до остаточного стану вже вручну.

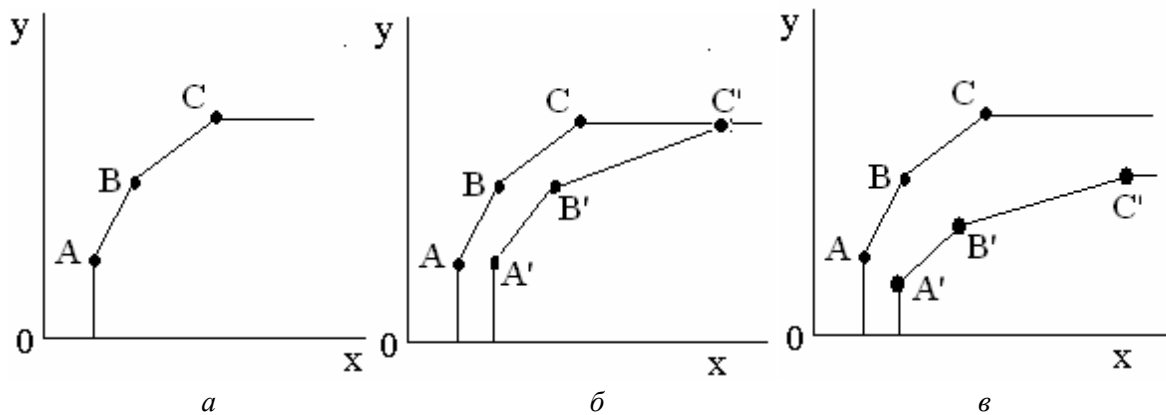


Рис. 5. Формування вкладених штучних границь ефективності: а – початок роботи; б – збільшення значень вхідних змінних; в – зменшення значень вхідних змінних

Висновки

Таким чином, запропоновано узагальнену модель інтеграції інформаційних систем підприємства та проекту на базі розробленого комплексу алгоритмів і формалізованої методики формування штучних еталонних границь ефективності на основі узагальнення характеристик інтегрованих систем.

Список літератури

1. Скітер І.С. Методика дослідження та моделювання динаміки двох економіко-інформаційних систем, які взаємодіють у просторі та часі / І.С. Скітер, М.В. Двоєглазова // *Управління розвитком складних систем: зб. наук. праць*. – Київ, 2011. – № 5. – С. 35–41.
2. Charnes, A. *Measuring the Efficiency of Decision Making Units* / A. Charnes, W. W. Cooper, E. Rhodes // *European Journal of Operational Research*. – 1978. – Vol. 2. – P. 429–444.

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

4. *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology, and Application* / A. Charnes, W. W. Cooper, A. Y. Lewin, L. M. Seiford. – Boston : Kluwer Academic Publishers, 1994. – 513 p.

5. *Efficiency and Productivity Analysis in the 21st Century : Proceedings of International DEA Symposium (24–26 June 2002, Moscow, Russia)* / Institute for Systems Analysis of Russian Academy of Sciences; Global S. Consulting Company. – Moscow: International Research Institute of Management Sciences, 2002. – 178 p.

6. Двоєглазова М.В. *Управління інтеграцією інформаційних систем підприємства та проектів розвитку машинобудівної галузі: Дис. канд. техн. наук: 05.13.06*. – Київ, 2012. – 207 с.

Стаття надійшла до редколегії 24.06.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.І. Ступа, Чернігівський державний технологічний університет, Чернігів.