

## ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ОРГАНІЗАЦІЇ ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ НА МАШИНОБУДІВНОМУ ПІДПРИЄМСТВІ

М. В. Бальзан

Канд. екон. наук,  
доцент кафедри економіки підприємства і виробничого менеджменту

Вінницький національний технічний університет  
Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021, Україна

marinagrabko@gmail.com

---

Стаття присвячена питанню підвищення результативності діяльності підприємства на прикладі аналізу діяльності машинобудівних підприємств. Обґрунтовано, що підвищення результативності діяльності виробничого підприємства є наслідком покращання ефективності управління якістю організації виробничого процесу, яке досягнуто шляхом застосування багатокритеріального аналізу до розв'язання задачі управління якістю діяльності підприємств. Обґрунтовано доцільність застосування методу нечіткого багатокритеріального аналізу при виборі найкращого варіанта управління якістю діяльності. За даним методом багатокритеріальний аналіз при виборі найкращого варіанту проекту управління якістю організації виробничого процесу здійснюється на основі парних порівнянь альтернатив. Такий підхід зручніший для експерта і є перевагою запропонованого методу. В результаті дослідження сформовано критерії оцінювання варіантів формування альтернатив: ступінь проробки проекту; очікуваний ефект; ризики; швидкість формування системи управління якістю; перспективи розвитку системи управління якістю; вартість проекту. Особливістю запропонованого методу є застосування принципу Белмана-Заде, згідно якого компенсація надлику одних показників надлишком інших є неприпустимою. Як розв'язок, вибирається альтернатива, яка одночасно задовольняє усім критеріям найбільшою мірою. На конкретному прикладі продемонстровано як, використовуючи вибраний набір критеріїв, із застосуванням розробленого підходу сформувати бажану систему управління якістю організації виробничого процесу на підприємстві з очікуваною ефективністю.

**Ключові слова.** *Ефективність управління, якість організації виробничого процесу, багатокритеріальний аналіз, нечіткі множини, парні порівняння.*

## ОЦЕНИВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

М. В. Бальзан

Канд. экон. наук,  
доцент кафедры экономики предприятия  
и производственного менеджмента

Винницкий национальный технический университет  
Хмельницкое шоссе, 95, г. Винница, 21021, Украина  
marinagrabko@gmail.com

---

Статья посвящена вопросу повышения результативности деятельности предприятия на примере анализа деятельности машиностроительных предприятий. Обосновано, что повышение результативности деятельности производственного предприятия является следствием улучшения эффективности управления качеством организации производственного процесса, достигнутого путем использования многокритериального анализа к решению задачи управления качеством деятельности предприятий. Обосновано целесообразность использования метода нечеткого многокритериального анализа при выборе наилучшего варианта управления качеством деятельности. Согласно этому методу многокритериальный анализ при выборе наилучшего варианта проекта управления качеством организации производственного процесса осуществляется на основе парных сравнений альтернатив. Такой подход удобнее для эксперта и является преимуществом предложенного метода. В результате исследования сформированы критерии оценивания вариантов формирования альтернатив: степень проработки проекта; ожидаемый эффект; риски; скорость формирования системы управления качеством; перспективы развития системы управления качеством; стоимость проекта. Особенностью предложенного метода является использование принципа Беллмана-Заде, согласно которому компенсация недостатка одних показателей избытком других недопустима. В качестве решения выбирается альтернатива, одновременно удовлетворяющая всем критериям в наибольшей степени. На конкретном примере продемонстрировано как, используя выбранный набор критериев, с применением разработанного подхода сформировать желательную систему управления качеством организации производственного процесса на предприятии с ожидаемой эффективностью.

**Ключевые слова:** *Эффективность управления, качество организации производственного процесса, многокритериальный анализ, нечеткие множества, парные сравнения.*

## EVALUATION OF EFFICIENCY IN CONTROLLING OVER THE QUALITY OF MANUFACTURING PROCESS ORGANIZATION ON MACHINE ENGINEERING ENTERPRISE

Marina Balzan

PhD (Economic Sciences),  
Associate Professor of Department of Business Economics  
and Industrial Management

Vinnitsia National Technical University  
95 Khmelnytsky Highway, Vinnitsia, 21021, Ukraine

marinagrabko@gmail.com

---

The paper considers the issue of improving the performance in enterprise activity analyzing the rating example results of the machine engineering enterprise. The improvement of the enterprise activity efficiency had been proven to be the result of enhancement in controlling over the quality of manufacturing process organization, achieved by applying the multi criteria analysis to the solution of the task of controlling over the enterprise performance quality. There had been substantiated the appropriateness of using the method of fuzzy multi criteria analysis as an alternative to the best variant in controlling over the performance quality. The above method enables to use the multi criteria analysis for choosing the best variant of the quality controlling project aimed at organizing the manufacturing process on the bases of pair wise comparison of the alternatives. Such an approach is suitable for the expert and is an advantage of the suggested method. The research resulted in the formulation of criteria for the evaluation of alternative variants: the degree of project preparation; expected effect; risks; quick development of the system for quality control; perspectives for the development of quality control system; project cost. One of the main characteristics of the suggested method is the application of the Zadeh-Bellman principle, following which the compensation for the drawbacks of some factors by the excess of the other is impossible. The solution is an alternative to be chosen, which simultaneously satisfies all the criteria for the most part. The specific example demonstrates the way the chosen set of criteria and the application of the developed approach forms the desired system for enterprise quality control with the expected efficiency.

**Keywords.** *Management efficiency, quality of the production process, multi criteria analysis, fuzzy sets, pairwise comparisons.*

---

**JEL Classification:** C53, C61, M11.

## Постановка проблеми

Однією з передумов економічного розвитку та стабільності держави є, в тому числі, ефективна діяльність промислових підприємств, зокрема, машинобудівної галузі. Як показує аналіз машинобудівних підприємств Вінниччини [1], показники їх результативності є низькими та вкрай нестійкими, що свідчить про недостатній рівень ефективності управління їх діяльністю (табл. 1). Результативність підприємств безпосередньо обумовлена рівнем інноваційно-технологічної активності та ефективності системи управління якістю на підприємстві. Адекватними за змістом повинні бути і розроблювані стратегії розвитку підприємств.

Таблиця 1

**ПРИБУТКИ (ЗБИТКИ) МАШИНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВ  
ВІННИЧЧИНИ ВІД ЗВичАЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ДО ОПОДАТКУВАННЯ, тис. грн**

Найменування підприємств	Роки				
	2008	2009	2010	2011	2012
1. ПрАТ «Калинівський машинобудівний завод»	2261,0	3302,0	2296,0	1731,0	-582,0
2. ПАТ «Дашівський ремонтно-механічний завод»	75,0	-223,0	-57,0	79,0	-89,0
3. ВАТ «Хмільниксільмаш»	141,0	-1656,0	-1306,0	766,0	-813,0
4. ПАТ «Вінницький інструментальний завод»	-1752,0	-2146,0	-99,0	-794,0	-743,0
5. ПАТ «Барський машинобудівний завод»	2557,0	1198,0	2271,0	2064,0	2800,0
6. ПрАТ «Вінницький дослідний завод»	115,0	2502,0	3730,0	4109,0	13722,0
7. ПрАТ «Вінницький завод «Будмаш»	46,0	-438,0	67,0	-586,0	-1642,0
8. ПрАТ «Ладизинський ремонтно-механічний завод»	-92,0	-21,8	-33,9	-30,0	-78,0

У результаті проведеного дослідження було встановлено, що на зазначених у табл. 1 і подібних їм машинобудівних підприємствах формально створювалась система управління якістю, в ос-

нові якої переважав етап реалізації статистичного моніторингу управління, а також, залежно від підприємств, впровадження окремих елементів або комплексного управління якістю. Наприклад, така система була більш повно втілена на ВАТ «Хмільниксільмаш», ПАТ «Вінницький інструментальний завод», ПрАТ «Вінницький дослідний завод».

Однак, такий підхід є надто спрощеним і не містить ряд необхідних етапів процесу управління якістю. Із зазначеного витікає необхідність обґрунтування принципової стратегії розвитку системи управління якістю діяльності підприємств, яка має будуватися за ланцюгом: «вдосконалення системи управління якістю (продукції) на підприємстві — реалізація відповідного інноваційного проекту — зростання рівня технологічності виробництва та конкурентоспроможності продукції — підвищення результативності діяльності підприємства в цілому».

Основними тенденціями формування української моделі управління якістю діяльності на машинобудівних підприємствах є: наслідкове збереження низької результативності такої системи управління в цілому за умови кризового стану переважної частини підприємств, низька адаптивність до дифузії ефективних управлінських технологій у сфері управління якістю (світового досвіду), реалізація лише в окремих (обмежених) випадках інноваційно-інвестиційної моделі розвитку підприємств, низька ефективність управління підприємства в цілому та якістю зокрема. При цьому, менеджмент промислових підприємств наразі дійшов до сприйняття ідеї про перспективність зростання якості як стратегієутворюючого фактору із реалізацією відповідного сценарію розвитку.

Звідси для товаровиробників актуальними щодо управління якістю діяльності стають задачі: як вірно побудувати розвиток системи управління якістю на стратегічному і оперативному рівнях управління, як спрогнозувати результативність управління якістю діяльності, як управляти результативністю якості діяльності. Задля розв'язання поставлених завдань управління якістю діяльності машинобудівних підприємств з метою підвищення їх результативності необхідно сформуувати сукупність принципів, змістовних і формалізованих постановок задач прийняття управлінських рішень, систем класифікації та економіко-математичних моделей.

## Виклад основного матеріалу дослідження

Застосуємо для створення або вдосконалення наявної на підприємстві системи управління якістю діяльності багатокритеріальний аналіз варіантів її формування. При цьому має забезпечуватись вибір найкращого варіанту системи з урахуванням умов невизначеності початкових даних. Зрозуміло, що повинні враховуватись якісні та кількісні показники системи управління якістю діяльності, можливість ранжування варіантів за вибраними критеріями, використання експертних лінгвістичних оцінок характеристик варіантів систем управління якістю діяльності та порівняння важливості критеріїв.

Для цього вважаємо відомими:

$V = \{V_1, V_2, \dots, V_k\}$  — множина варіантів формування системи управління якістю діяльності;

$K = \{K_1, K_2, \dots, K_n\}$  — множина кількісних та якісних критеріїв оцінювання варіантів.

Задача багатокритеріального аналізу полягає у впорядкуванні елементів множини  $V$  за критеріями з множини  $K$ .

Беручи до уваги результати досліджень з управління проектами [2—5], виділимо такі критерії оцінювання варіантів формування системи управління якістю діяльності:

$K_1$  — ступінь проробки варіанта;

$K_2$  — очікуваний ефект;

$K_3$  — ризики;

$K_4$  — швидкість формування системи управління якістю діяльності;

$K_5$  — перспективи розвитку системи управління якістю діяльності;

$K_6$  — вартість варіанта системи управління якістю діяльності.

Зазначимо, що множина обраних критеріїв може доповнюватися залежно від вимог до конкретної системи управління якістю діяльності. Кожен критерій може розглядатися як згортка частинних показників нижчого ієрархічного рівня. Наприклад, до ризиків ( $K_3$ ) можуть входити юридичні, фінансові, іміджеві ризики, ризики через зміни в законодавстві, ризики через складність реалізації варіанта проекту, ризики від втрати конкурентних переваг, ризики зриву термінів виконання тощо. Одна із можливих класифікацій проектних ризиків наведена в [2, с. 85—93]. Сту-

пінь деталізації визначається особливостями конкретної системи управління якістю діяльності.

Для побудови моделі прийняття рішень з вибору найбільш адекватної аналізованому підприємству системи управління якістю діяльності використаємо метод нечіткого багатокритеріального аналізу варіантів [6; 7, с. 201—222; 8]. Він дозволяє врахувати вказані особливості оцінювання системи управління якістю діяльності та не потребує кількісних оцінок частинних критеріїв. Схемою прийняття рішення за цим методом [8] передбачається розгляд критеріїв як нечітких множин, що задані на універсальній множині варіантів за допомогою функцій належності; визначення функцій належності нечітких множин на основі експертних знань про парні порівняння варіантів; формування коефіцієнтів важливості критеріїв через відповідні функції належності; ранжування варіантів через перетин нечітких множин-критеріїв згідно підходу Беллмана-Заде [9] за теорією прийняття рішень.

Також переваги багатокритеріального аналізу системи управління якістю діяльності за нечіткою теорією прийняття рішень полягають у можливості застосування експертного оцінювання показників проектів, врахуванні парних порівнянь замість кількісних оцінок, врахуванні критеріїв з різною важливістю, яка оцінюється експертами, тощо.

Позначимо через  $\mu_{K_i}(V_j)$  — число з діапазону  $[0, 1]$ , яке характеризує рівень системи управління якістю діяльності  $V_j \in V$  за критерієм  $K_i \in K$ : чим більше число  $\mu_{K_i}(V_j)$ , тим краща оцінка варіанту  $V_j$  за критерієм  $K_i$ ,  $j = \overline{1, k}$ ,  $i = \overline{1, n}$ . Тоді критерій  $K_i$  можна представити як нечітку множину  $\tilde{K}_i$  на універсальній множині систем управління якістю діяльності  $V$ :

$$\tilde{K}_i = \left\{ \frac{\mu_{K_i}(V_1)}{V_1}, \frac{\mu_{K_i}(V_2)}{V_2}, \dots, \frac{\mu_{K_i}(V_k)}{V_k} \right\}. \quad (1)$$

Формально, з позицій теорії нечітких множин,  $\mu_{K_i}(V_j)$  можна розглядати як ступінь належності елемента  $V_j$  нечіткій множині  $\tilde{K}_i$ .

Ступені належності нечіткої множини (1) знайдемо за методом побудови функцій належності на основі парних порівнянь [10, с. 7—23], які задаються матрицею:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1k} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2k} \\ \dots & & & \\ a_{k1} & a_{k2} & \dots & a_{kk} \end{bmatrix},$$

де  $a_{lj}$  — рівень переваги варіанту  $V_l$  над варіантом  $V_j$  ( $l, j = \overline{1, k}$ ), який визначається за дев'ятибальною шкалою Сааті [11]:

- 1 — якщо відсутня перевага  $V_l$  над  $V_j$ ;
- 3 — якщо перевага  $V_l$  над  $V_j$  є слабкою;
- 5 — якщо перевага  $V_l$  над  $V_j$  є помірною;
- 7 — якщо перевага  $V_l$  над  $V_j$  є сильною;
- 9 — якщо перевага  $V_l$  над  $V_j$  є абсолютною,

2, 4, 6, 8 — проміжні оцінки: 2 — ледь слабка перевага; 4 — більш ніж слабка перевага; 6 — майже сильна перевага; 8 — майже абсолютна перевага.

Елементи матриці парних порівнянь  $A$  пов'язані математичним виразом:

$$a_{lj} = 1/a_{jl}, l, j = \overline{1, k}. \quad (2)$$

Ступеням належності нечіткої множини (1) відповідають координати власного вектора  $W = (w_1, w_2, \dots, w_k)^T$  матриці  $A$ :

$$\mu_{K_i}(V_j) = w_j, j = \overline{1, k}. \quad (3)$$

Власний вектор визначається за системою рівнянь

$$\begin{cases} A \cdot W = \lambda_{\max} \cdot W, \\ w_1 + w_2 + \dots + w_k = 1, \end{cases} \quad (4)$$

де  $\lambda_{\max}$  — найбільше власне значення матриці  $A$ .

Згідно підходу Беллмана-Заде найкращим буде результат, який найбільше одночасно задовольняє усім критеріям. При цьо-



му нечіткій розв'язок знаходиться як перетин частинних критеріїв [9]:

$$\tilde{D} = \tilde{K}_1 \cap \tilde{K}_2 \cap \dots \cap \tilde{K}_n. \quad (5)$$

Ступені належності нечіткого розв'язку  $\tilde{D} = \left\{ \frac{\mu_D(V_1)}{V_1}, \frac{\mu_D(V_2)}{V_2}, \dots, \right.$

$$\left. \frac{\mu_D(V_k)}{V_k} \right\} \text{ знаходимо через } \mu_D(V_j) = \min_{i=1,n} (\mu_{K_i}(V_j)), j = \overline{1, k}.$$

Найбільш адекватною аналізованому підприємству є система управління якістю  $V_i$  з максимальним ступенем належності:

$$D = \arg \max (\mu_D(V_1), \mu_D(V_2), \dots, \mu_D(V_k)).$$

При різній важливості критеріїв формула (5) приймає вид [7; 8]:

$$\begin{aligned} \tilde{D} &= \tilde{K}_1^{\alpha_1} \cap \tilde{K}_2^{\alpha_2} \cap \dots \cap \tilde{K}_n^{\alpha_n} = \\ &= \left\{ \frac{\min_{i=1,n} (\mu_{K_i}^{\alpha_i}(V_1))}{V_1}, \frac{\min_{i=1,n} (\mu_{K_i}^{\alpha_i}(V_2))}{V_2}, \dots, \frac{\min_{i=1,n} (\mu_{K_i}^{\alpha_i}(V_k))}{V_k} \right\}, \end{aligned} \quad (6)$$

де  $\alpha_i$  — коефіцієнт відносної важливості критерію  $K_i$ ,  $i = \overline{1, n}$ , а  $\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n = 1$ .

Ступінь  $\alpha_i$  у формулі (6) концентрує функції належності нечіткої множини  $\tilde{K}_i$  згідно важливості критерію  $K_i$  відповідно до підходу, описаного у [5]. Коефіцієнти відносної важливості критеріїв будемо визначати за методом парних порівнянь Сааті [11].

Як приклад, здійснимо порівняння чотирьох варіантів формування системи управління якістю діяльності. Експертні порівняння варіантів  $V_1 \div V_4$  за критеріями  $K_1 \div K_6$  наведено в табл. 2.

Таблиця 2

**ПАРНІ ПОРІВНЯННЯ ВАРІАНТІВ**

Критерій	Парні порівняння	
$K_1$	1) <i>слабка</i> перевага $V_1$ над $V_2$ ; 2) <i>помірна</i> перевага $V_1$ над $V_3$ ; 3) <i>відсутня</i> перевага $V_1$ над $V_4$	4) <i>відсутня</i> перевага $V_2$ над $V_3$ ; 5) <i>слабка</i> перевага $V_2$ над $V_4$ ; 6) <i>відсутня</i> перевага $V_3$ над $V_4$
$K_2$	1) <i>відсутня</i> перевага $V_1$ над $V_2$ ; 2) <i>сильна</i> перевага $V_1$ над $V_3$ ; 3) <i>помірна</i> перевага $V_1$ над $V_4$	4) <i>слабка</i> перевага $V_2$ над $V_3$ ; 5) <i>помірна</i> перевага $V_2$ над $V_4$ ; 6) <i>слабка</i> перевага $V_3$ над $V_4$
$K_3$	1) <i>сильна</i> перевага $V_1$ над $V_2$ ; 2) <i>слабка</i> перевага $V_1$ над $V_3$ ; 3) <i>помірна</i> перевага $V_1$ над $V_4$	4) <i>слабка</i> перевага $V_2$ над $V_4$ ; 5) <i>помірна</i> перевага $V_3$ над $V_2$ ; 6) <i>помірна</i> перевага $V_3$ над $V_4$
$K_4$	1) <i>помірна</i> перевага $V_2$ над $V_1$ ; 2) <i>відсутня</i> перевага $V_2$ над $V_4$ ; 3) <i>слабка</i> перевага $V_4$ над $V_1$	5) <i>слабка</i> перевага $V_3$ над $V_2$ ; 4) <i>помірна</i> перевага $V_3$ над $V_1$ ; 6) <i>сильна</i> перевага $V_3$ над $V_4$
$K_5$	1) <i>слабка</i> перевага $V_2$ над $V_1$ ; 2) <i>відсутня</i> перевага $V_2$ над $V_3$ ; 3) <i>помірна</i> перевага $V_1$ над $V_3$	4) <i>помірна</i> перевага $V_4$ над $V_1$ ; 5) <i>слабка</i> перевага $V_2$ над $V_4$ ; 6) <i>сильна</i> перевага $V_4$ над $V_3$
$K_6$	1) <i>сильна</i> перевага $V_2$ над $V_1$ ; 2) <i>слабка</i> перевага $V_3$ над $V_2$ ; 3) <i>помірна</i> перевага $V_2$ над $V_4$	4) <i>відсутня</i> перевага $V_3$ над $V_1$ ; 5) <i>помірна</i> перевага $V_4$ над $V_1$ ; 6) <i>слабка</i> перевага $V_4$ над $V_3$

Цим експертним висловлюванням відповідають матриці парних порівнянь:

$$A(K_1) = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 5 & 1 \\ 1/3 & 1 & 1 & 3 \\ 1/5 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1/3 & 1 & 1 \end{bmatrix}; A(K_2) = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 7 & 5 \\ 1 & 1 & 3 & 5 \\ 1/7 & 1/3 & 1 & 3 \\ 1/5 & 1/5 & 1/3 & 1 \end{bmatrix};$$

$$A(K_3) = \begin{bmatrix} 1 & 7 & 3 & 5 \\ 1/7 & 1 & 1/5 & 3 \\ 1/3 & 5 & 1 & 5 \\ 1/5 & 1/3 & 1/5 & 1 \end{bmatrix}; A(K_4) = \begin{bmatrix} 1 & 1/5 & 1/5 & 1/3 \\ 5 & 1 & 1/3 & 1 \\ 5 & 3 & 1 & 7 \\ 3 & 1 & 1/7 & 1 \end{bmatrix};$$

$$A(K_5) = \begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 5 & 1/5 \\ 3 & 1 & 1 & 3 \\ 1/5 & 1 & 1 & 1/7 \\ 5 & 1/3 & 7 & 1 \end{bmatrix}; A(K_6) = \begin{bmatrix} 1 & 1/7 & 1 & 1/5 \\ 7 & 1 & 1/3 & 5 \\ 1 & 3 & 1 & 1/3 \\ 5 & 1/5 & 3 & 1 \end{bmatrix}. \quad (7)$$

Застосуємо формули (3) та (4) до всіх шести матриць парних порівнянь (7) та отримаємо нечіткі множини:

$$\left\{ \begin{array}{l} \tilde{K}_1 = \left\{ \frac{0.44}{V_1}, \frac{0.23}{V_2}, \frac{0.14}{V_3}, \frac{0.19}{V_4} \right\}; \quad \tilde{K}_2 = \left\{ \frac{0.47}{V_1}, \frac{0.35}{V_2}, \frac{0.12}{V_3}, \frac{0.06}{V_4} \right\}; \\ \tilde{K}_3 = \left\{ \frac{0.55}{V_1}, \frac{0.10}{V_2}, \frac{0.29}{V_3}, \frac{0.06}{V_4} \right\}; \quad \tilde{K}_4 = \left\{ \frac{0.06}{V_1}, \frac{0.20}{V_2}, \frac{0.60}{V_3}, \frac{0.14}{V_4} \right\}; \\ \tilde{K}_5 = \left\{ \frac{0.16}{V_1}, \frac{0.37}{V_2}, \frac{0.10}{V_3}, \frac{0.37}{V_4} \right\}; \quad \tilde{K}_6 = \left\{ \frac{0.08}{V_1}, \frac{0.39}{V_2}, \frac{0.27}{V_3}, \frac{0.26}{V_4} \right\}. \end{array} \right. \quad (8)$$

Аналогічно до [12], щоб оцінити, наскільки варіанти  $V_1 \div V_4$  задовольняють критеріям  $K_1 \div K_6$ , представимо нечіткі множини у вигляді:

$$\begin{aligned} \tilde{V}_1 &= \left\{ \frac{0.44}{K_1}, \frac{0.47}{K_2}, \frac{0.55}{K_3}, \frac{0.06}{K_4}, \frac{0.16}{K_5}, \frac{0.08}{K_6} \right\}, \\ \tilde{V}_2 &= \left\{ \frac{0.23}{K_1}, \frac{0.35}{K_2}, \frac{0.10}{K_3}, \frac{0.20}{K_4}, \frac{0.37}{K_5}, \frac{0.39}{K_6} \right\}, \\ \tilde{V}_3 &= \left\{ \frac{0.14}{K_1}, \frac{0.12}{K_2}, \frac{0.29}{K_3}, \frac{0.60}{K_4}, \frac{0.10}{K_5}, \frac{0.27}{K_6} \right\}, \\ \tilde{V}_4 &= \left\{ \frac{0.19}{K_1}, \frac{0.06}{K_2}, \frac{0.06}{K_3}, \frac{0.14}{K_4}, \frac{0.37}{K_5}, \frac{0.26}{K_6} \right\}. \end{aligned}$$

Графічні представлення значень функцій належності нечітких множин  $\tilde{V}_1 \div \tilde{V}_4$  (рис. 1) свідчать, що кожен варіант має певні переваги за різними критеріями. Так, варіант  $V_1$  є кращим за критеріями  $K_1$ ,  $K_2$  та  $K_3$ , варіант  $V_2$  — за критеріями  $K_2$ ,  $K_5$  і  $K_6$ , варіант  $V_3$  — за критерієм  $K_4$ , а варіант  $V_4$  — за критерієм  $K_5$ . Тому кінцевий вибір варіанту залежить від важливості критеріїв.

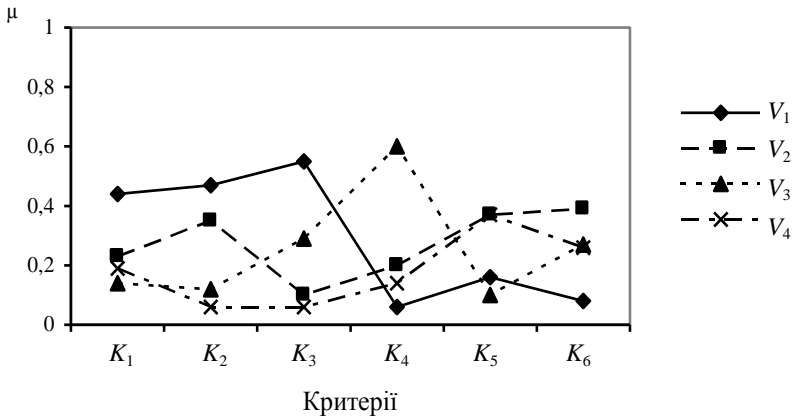


Рис. 1. Результат порівняння варіантів V<sub>1</sub>÷V<sub>4</sub> за критеріями K<sub>1</sub>÷K<sub>6</sub>

Вважаємо, що відомі експертні парні порівняння важливості критеріїв:

*відсутня* перевага K<sub>1</sub> над K<sub>3</sub>;  
*слабка* перевага K<sub>1</sub> над K<sub>4</sub>;  
*помірна* перевага K<sub>1</sub> над K<sub>6</sub>;  
*слабка* перевага K<sub>2</sub> над K<sub>1</sub>;  
*відсутня* перевага K<sub>2</sub> над K<sub>3</sub>;  
*помірна* перевага K<sub>2</sub> над K<sub>5</sub>;  
*слабка* перевага K<sub>2</sub> над K<sub>6</sub>;  
*сильна* перевага K<sub>3</sub> над K<sub>4</sub>;

*відсутня* перевага K<sub>3</sub> над K<sub>5</sub>;  
*слабка* перевага K<sub>3</sub> над K<sub>6</sub>;  
*помірна* перевага K<sub>4</sub> над K<sub>2</sub>;  
*відсутня* перевага K<sub>5</sub> над K<sub>1</sub>;  
*помірна* перевага K<sub>5</sub> над K<sub>4</sub>;  
*слабка* перевага K<sub>5</sub> над K<sub>6</sub>;  
*відсутня* перевага K<sub>6</sub> над K<sub>4</sub>.

Їм відповідає матриця парних порівнянь:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 1 & 3 & 1 & 5 \\ 3 & 1 & 1 & 1/5 & 5 & 3 \\ 1 & 1 & 1 & 7 & 1 & 3 \\ 1/3 & 5 & 1/7 & 1 & 1/5 & 1 \\ 1 & 1/5 & 1 & 5 & 1 & 3 \\ 1/5 & 1/3 & 1/3 & 1 & 1/3 & 1 \end{bmatrix}$$

За формулою (4) знаходимо коефіцієнти важливості критеріїв  $K_1 \div K_6$ :

$$\begin{array}{lll} \alpha_1 = 0.16; & \alpha_3 = 0.23; & \alpha_5 = 0.18; \\ \alpha_2 = 0.22; & \alpha_4 = 0.16; & \alpha_6 = 0.05, \end{array}$$

які свідчать, що найбільше впливають на прийняття рішення очікуваний ефект ( $K_2$ ) та ризику ( $K_3$ ).

За формулою (6) отримуємо такі нечіткі множини:

$$\begin{aligned} \tilde{K}_1^{\alpha_1} &= \left\{ \frac{0.44^{0.16}}{V_1}, \frac{0.23^{0.16}}{V_2}, \frac{0.14^{0.16}}{V_3}, \frac{0.19^{0.16}}{V_4} \right\} = \left\{ \frac{0.877}{V_1}, \frac{0.790}{V_2}, \frac{0.730}{V_3}, \frac{0.766}{V_4} \right\}, \\ \tilde{K}_2^{\alpha_2} &= \left\{ \frac{0.47^{0.22}}{V_1}, \frac{0.35^{0.22}}{V_2}, \frac{0.12^{0.22}}{V_3}, \frac{0.06^{0.22}}{V_4} \right\} = \left\{ \frac{0.847}{V_1}, \frac{0.793}{V_2}, \frac{0.627}{V_3}, \frac{0.538}{V_4} \right\}, \\ \tilde{K}_3^{\alpha_3} &= \left\{ \frac{0.55^{0.23}}{V_1}, \frac{0.10^{0.23}}{V_2}, \frac{0.29^{0.23}}{V_3}, \frac{0.06^{0.23}}{V_4} \right\} = \left\{ \frac{0.871}{V_1}, \frac{0.588}{V_2}, \frac{0.752}{V_3}, \frac{0.523}{V_4} \right\}, \\ \tilde{K}_4^{\alpha_4} &= \left\{ \frac{0.06^{0.16}}{V_1}, \frac{0.20^{0.16}}{V_2}, \frac{0.60^{0.16}}{V_3}, \frac{0.14^{0.16}}{V_4} \right\} = \left\{ \frac{0.637}{V_1}, \frac{0.773}{V_2}, \frac{0.921}{V_3}, \frac{0.730}{V_4} \right\}, \\ \tilde{K}_5^{\alpha_5} &= \left\{ \frac{0.16^{0.18}}{V_1}, \frac{0.37^{0.18}}{V_2}, \frac{0.10^{0.18}}{V_3}, \frac{0.37^{0.18}}{V_4} \right\} = \left\{ \frac{0.719}{V_1}, \frac{0.836}{V_2}, \frac{0.660}{V_3}, \frac{0.836}{V_4} \right\}, \\ \tilde{K}_6^{\alpha_6} &= \left\{ \frac{0.08^{0.05}}{V_1}, \frac{0.39^{0.05}}{V_2}, \frac{0.27^{0.05}}{V_3}, \frac{0.26^{0.05}}{V_4} \right\} = \left\{ \frac{0.881}{V_1}, \frac{0.954}{V_2}, \frac{0.936}{V_3}, \frac{0.934}{V_4} \right\}. \end{aligned}$$

Перетин нечітких множин-критеріїв  $\tilde{K}_1^{\alpha_1} \cap \tilde{K}_2^{\alpha_2} \cap \tilde{K}_3^{\alpha_3} \cap \tilde{K}_4^{\alpha_4} \cap \tilde{K}_5^{\alpha_5} \cap \tilde{K}_6^{\alpha_6}$  дає такі ступені належності нечіткої множини-рішення ( $\tilde{D}$ ):

$$\mu_D(V_1) = \min(0.877, 0.847, 0.871, 0.637, 0.719, 0.881) = 0.637;$$

$$\mu_D(V_2) = \min(0.790, 0.793, 0.588, 0.773, 0.836, 0.954) = 0.588;$$

$$\mu_D(V_3) = \min(0.730, 0.627, 0.752, 0.921, 0.660, 0.936) = 0.627;$$

$$\mu_D(V_4) = \min(0.766, 0.538, 0.523, 0.730, 0.836, 0.934) = 0.523.$$

Результат подаємо у вигляді нечіткої множини

$$\tilde{D} = \left\{ \frac{0.637}{V_1}, \frac{0.588}{V_2}, \frac{0.627}{V_3}, \frac{0.523}{V_4} \right\},$$

яка свідчить про перевагу варіанту  $V_1$  над іншими. Тобто, варіант  $V_1$  більшою мірою одночасно задовольняє усім критеріям з урахуванням їх важливості.

Представимо нечіткі множини, які показують наскільки варіанти  $V_1 \div V_4$  задовольняють критеріям  $K_1 \div K_6$ , з урахуванням їх важливості, у вигляді:

$$\begin{aligned}\tilde{V}_1 &= \left\{ \frac{0.877}{K_1}, \frac{0.847}{K_2}, \frac{0.871}{K_3}, \frac{0.637}{K_4}, \frac{0.719}{K_5}, \frac{0.881}{K_6} \right\}; \\ \tilde{V}_2 &= \left\{ \frac{0.790}{K_1}, \frac{0.793}{K_2}, \frac{0.588}{K_3}, \frac{0.773}{K_4}, \frac{0.836}{K_5}, \frac{0.954}{K_6} \right\}; \\ \tilde{V}_3 &= \left\{ \frac{0.730}{K_1}, \frac{0.627}{K_2}, \frac{0.752}{K_3}, \frac{0.921}{K_4}, \frac{0.660}{K_5}, \frac{0.936}{K_6} \right\}; \\ \tilde{V}_4 &= \left\{ \frac{0.766}{K_1}, \frac{0.538}{K_2}, \frac{0.523}{K_3}, \frac{0.730}{K_4}, \frac{0.836}{K_5}, \frac{0.934}{K_6} \right\}.\end{aligned}$$

Відповідне їм графічне подання значень функцій належності наведено на рис. 2. Порівнюючи рис. 2 з рис. 1 видно, що при вказаній важливості критеріїв відстань між варіантами практично за всіма критеріями зменшилась.

На практиці часто постає питання: «Як підвищити результативність варіанту?» або: «Що необхідно змінити в певному варіанті, щоб він став найкращим?». Щоб відповісти на таке питання, необхідно знати, наскільки чутливим до експертних парних порівнянь є прийняте рішення.

У роботі [12] запропоновано методика дослідження чутливості прийнятого рішення на основі «що, якщо» — аналізу бренд-проектів. Скориставшись цією методикою та адаптувавши її для застосування до систем управління якістю діяльності, можна встановити, яким буде рішення, якщо змінити значення одного з парних порівнянь.

Скористаємось отриманими вище даними для багатокритеріального аналізу варіантів систем управління якістю діяльності. З'ясуємо, яким має бути, наприклад, варіант  $V_2$ , щоб він став найбільш відповідним для аналізованого підприємства (тобто, як його потрібно доопрацювати, щоб він став кращим за всі інші, існуючі або новостворені системи управління якістю).

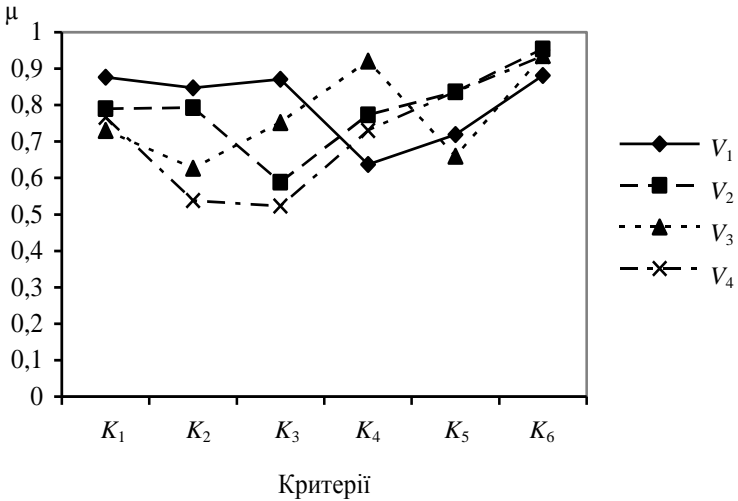


Рис. 2. Результат порівняння варіантів  $V_1 \div V_4$  з урахуванням важливості критеріїв  $K_1 \div K_6$

Варіант  $V_2$  має третій ранг; варіанти  $V_1$  і  $V_3$  кращі за нього. Будемо вважати, що є можливість покращити варіант  $V_2$  за критерієм  $K_3$  (тобто, є потенційна можливість вчинити дії зі зменшення ризиків на аналізованому підприємстві для варіанту  $V_2$ ). З'ясуємо, як впливає на прийняття рішення поступова зміна рівня переваги варіанту  $V_2$  над  $V_1$  з поточного значення «сильна перевага  $V_1$  над  $V_2$ » на всі можливі варіанти до оцінки «відсутня перевага  $V_1$  над  $V_2$ ». Для цього послідовно змінимо значення елемента  $a_{21}$  матриці парних порівнянь  $A(K_3)$  з  $1/7$  на  $1/6, 1/5, 1/4, 1/3, 1/2, 1$  та проведемо розрахунки за викладеною у [12] методикою.

Результати розрахунків зведено в табл. 3. Із графіків залежності зміни рішення від значення парного порівняння  $a_{21}$  на рис. 3 видно, що варіант  $V_2$  стане другим за рангом, коли за критерієм  $K_3$  перевага  $V_1$  над  $V_2$  буде слабкою ( $a_{21} = 1/3$ ). Варіант  $V_2$  буде найкращим, якщо перевага  $V_1$  над  $V_2$  буде ледь слабкою або у разі рівності чи якщо  $V_2$  матиме перевагу над варіантом  $V_1$  за критерієм  $K_3$  ( $a_{21} \geq 1/2$ ). Отже, доопрацьовувати варіант  $V_2$  за критерієм  $K_3$  доцільно лише при можливості зробити його майже таким, як варіант  $V_1$  за цим критерієм.

Таблиця 3

РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКІВ ЗАЛЕЖНОСТІ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ  
ВІД ЗМІНИ ПАРНОГО ПОРІВНЯННЯ  $a_{21}$  ЗА КРИТЕРІЄМ  $K_3$ 

$a_{21}$	$A(K_3)$	$\tilde{K}_3$	$\tilde{D}$	$D$
1/7	$\begin{bmatrix} 1 & 7 & 3 & 5 \\ 1/7 & 1 & 1/5 & 1 \\ 1/3 & 5 & 1 & 5 \\ 1/5 & 1 & 1/5 & 1 \end{bmatrix}$	$\left\{ \frac{0.56}{V_1}, \frac{0.07}{V_2}, \frac{0.29}{V_3}, \frac{0.08}{V_4} \right\}$	$\left\{ \frac{0.638}{V_1}, \frac{0.537}{V_2}, \frac{0.620}{V_3}, \frac{0.541}{V_4} \right\}$	$V_1$
1/6	$\begin{bmatrix} 1 & 6 & 3 & 5 \\ 1/6 & 1 & 1/5 & 1 \\ 1/3 & 5 & 1 & 5 \\ 1/5 & 1 & 1/5 & 1 \end{bmatrix}$	$\left\{ \frac{0.55}{V_1}, \frac{0.07}{V_2}, \frac{0.30}{V_3}, \frac{0.08}{V_4} \right\}$	$\left\{ \frac{0.638}{V_1}, \frac{0.544}{V_2}, \frac{0.620}{V_3}, \frac{0.541}{V_4} \right\}$	$V_1$
1/5	$\begin{bmatrix} 1 & 5 & 3 & 5 \\ 1/5 & 1 & 1/5 & 3 \\ 1/3 & 5 & 1 & 5 \\ 1/5 & 1/3 & 1/5 & 1 \end{bmatrix}$	$\left\{ \frac{0.53}{V_1}, \frac{0.11}{V_2}, \frac{0.30}{V_3}, \frac{0.06}{V_4} \right\}$	$\left\{ \frac{0.638}{V_1}, \frac{0.592}{V_2}, \frac{0.620}{V_3}, \frac{0.521}{V_4} \right\}$	$V_1$



$a_{21}$	$A(K_3)$	$\tilde{K}_3$	$\tilde{D}$	$D$
1/4	$\begin{bmatrix} 1 & 4 & 3 & 5 \\ 1/4 & 1 & 1/5 & 3 \\ 1/3 & 5 & 1 & 5 \\ 1/5 & 1/3 & 1/5 & 1 \end{bmatrix}$	$\left\{ \frac{0.51}{V_1}, \frac{0.11}{V_2}, \frac{0.32}{V_3}, \frac{0.06}{V_4} \right\}$	$\left\{ \frac{0.638}{V_1}, \frac{0.602}{V_2}, \frac{0.620}{V_3}, \frac{0.521}{V_4} \right\}$	$V_1$
1/3	$\begin{bmatrix} 1 & 3 & 3 & 5 \\ 1/3 & 1 & 1/5 & 3 \\ 1/3 & 5 & 1 & 5 \\ 1/5 & 1/3 & 1/5 & 1 \end{bmatrix}$	$\left\{ \frac{0.50}{V_1}, \frac{0.12}{V_2}, \frac{0.32}{V_3}, \frac{0.06}{V_4} \right\}$	$\left\{ \frac{0.638}{V_1}, \frac{0.614}{V_2}, \frac{0.620}{V_3}, \frac{0.522}{V_4} \right\}$	$V_1$
1/2	$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 5 \\ 1/2 & 1 & 1 & 3 \\ 1/3 & 1 & 1 & 5 \\ 1/5 & 1/3 & 1/5 & 1 \end{bmatrix}$	$\left\{ \frac{0.48}{V_1}, \frac{0.22}{V_2}, \frac{0.23}{V_3}, \frac{0.07}{V_4} \right\}$	$\left\{ \frac{0.638}{V_1}, \frac{0.702}{V_2}, \frac{0.620}{V_3}, \frac{0.537}{V_4} \right\}$	$V_2$
1	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 3 & 5 \\ 1 & 1 & 1 & 3 \\ 1/3 & 1 & 1 & 5 \\ 1/5 & 1/3 & 1/5 & 1 \end{bmatrix}$	$\left\{ \frac{0.42}{V_1}, \frac{0.27}{V_2}, \frac{0.24}{V_3}, \frac{0.07}{V_4} \right\}$	$\left\{ \frac{0.638}{V_1}, \frac{0.738}{V_2}, \frac{0.620}{V_3}, \frac{0.538}{V_4} \right\}$	$V_2$

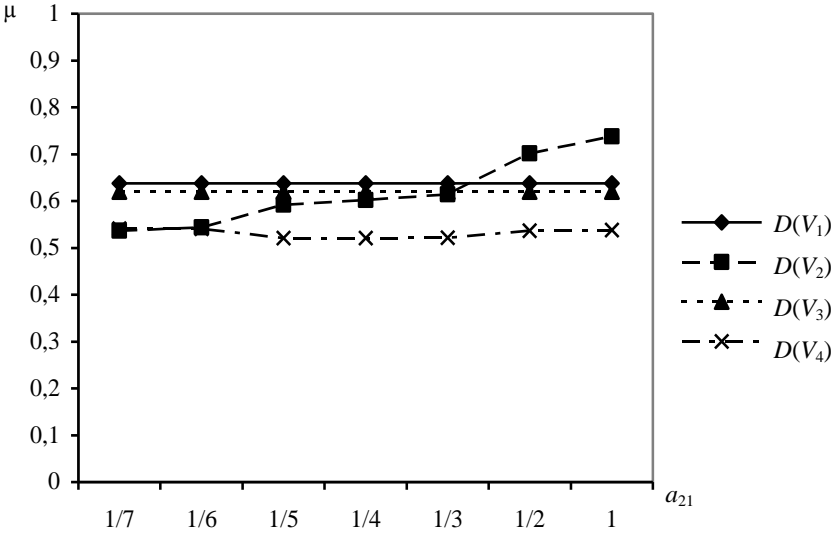


Рис. 3. Результати аналізу варіантів систем управління якістю діяльності за критерієм  $K_3$

Запропонований підхід можна використовувати для розв'язання задач досягнення переваги будь-якого варіанту системи управління якістю діяльності за будь-яким критерієм.

**Висновки з проведеного дослідження.** У статті визначено особливості оцінювання проектів створення системи управління якістю діяльності машинобудівних підприємств. У результаті проведеного дослідження було виділено такі критерії оцінювання проектів: ступінь проробки проекту; очікуваний ефект; ризики; швидкість формування системи управління якістю; перспективи розвитку системи управління якістю; вартість проекту. Встановлено доцільність використання методу нечіткого багатокритеріального аналізу при виборі кращого варіанту проекту формування системи управління якістю діяльності. За цим методом багатокритеріальний аналіз здійснюється на основі парних порівнянь варіантів. Показано, що використання не абсолютних значень критеріїв, а парних порівнянь переваг, є більш зручним для експертів. Особливістю метода багатокритеріального аналізу є використання принципу Беллмана-Заде, за яким обирається варіант, що одночасно задовольняє усім критеріям найбільшою мірою.

Запропоновану систему класифікації можна розглядати як інтелектуальну складову майбутньої комп'ютерної програми підтримки прийняття рішень, яка автоматизуватиме: 1) формування переліку переваг і недоліків заданого профілю системи управління якістю; 2) порівняння систем управління якістю різних профілів; 3) генерування порад щодо зміни профілю системи управління якістю під вимоги підприємства. Запропонована методика аналізу на основі нечітких парних порівнянь дозволяє встановити, що необхідно змінити в певному проекті, щоб він став найбільш відповідним умовам і потребам аналізованого машинобудівного підприємства.

## Література

1. Фінансова звітність машинобудівних підприємств за 2008—2012 рр. [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://smida.gov.ua/db/emitent>.
2. *Кобилянський Л. С.* Управління проектами: [Навч. посіб.] / Л. С. Кобилянський. — К.: МАУП, 2002. — 200 с.
3. *Колисник М.* Особенности национальной оценки проектов / М. Колисник // &Стратегии. — 2004. — № 1. — С. 27—31.
4. *Савчук В. П.* Оценка эффективности инвестиционных проектов: учебник / В. П. Савчук. — М.: Изд-во «Перспектива», 2006. — 384 с.
5. *Федоренко В. Г.* Инвестознaвство: [Підручник] / В. Г. Федоренко, А. Ф. Гойко. — К.: МАУП, 2000. — 408 с.
6. *Yager R. R.* Fuzzy Decision Making Including Unequal Objectives / R. R. Yager // Fuzzy Sets and Systems. — 1978. — № 1. — P. 87—95.
7. *Ротштейн А. П.* Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткая логика, генетические алгоритмы, нейронные сети / А. П. Ротштейн. — Винница: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 1999. — 320 с.
8. *Rotshtein A.* Fuzzy multicriteria analysis of variants with the use of paired comparisons / A. Rotshtein, S. Shtovba // Journal of Computer and Systems Sciences International. — 2001. — Vol. 40, №3. — P. 499—503.
9. *Bellman R.* Decision-making in a fuzzy environment / R. Bellman, L. Zadeh // Management Science. — 1970. — Vol.17, №4. — P. 141—164.
10. *Борисов А. Н.* Принятие решений на основе нечетких моделей: примеры использования / Борисов А. Н., Крумберг О. А., Федоров И. П. — Рига: Зинатне. 1990. — 184 с.
11. *Саати Т. Л.* Взаимодействие в иерархических системах / Т. Л. Саати // Техническая кибернетика. — 1979. — № 1. — С. 68—84.
12. *Ротштейн А. П.* Многокритериальный выбор бренд-проекта с помощью нечетких парных сравнений альтернатив / А. П. Ротштейн, С. Д. Штовба, Е. В. Штовба // Управление проектами и программами. — 2006. — № 2. — С. 138—146.

## References

1. Financial statements of machine building enterprises (2008—2012). *smida.gov.ua*. Retrieved from <http://smida.gov.ua/db/emitent> [in Ukrainian].
2. Kobylianskyi, L. S. (2002). *Upravlinnia proektamy*. Kyiv: MAUP [in Ukrainian].
3. Kolisnyk, M. (2004). Osobennosti natsionalnoy otsenki proektov. & *Strategii (&Strategies)*, 1, 27—31 [in Russian].
4. Savchuk, V. P. (2006). *Otsenka effektivnosti investitsionnykh proektov*. Moscow: Izd-vo «Perspektiva» [in Russian].
5. Fedorenko, V. G., Goyko, A. F. (2000). *Investoznavstvo* Kyiv: MAUP [in Ukrainian].
6. Yager R. R. (1978). Fuzzy Decision Making Including Unequal Objectives. *Fuzzy Sets and Systems*, 1, 87—95.
7. Rotshtein, A. P. (1999). *Intelektualnyie tekhnologii identifikatsii: nechetkaya logika, geneticheskie algoritmy, neyronnyie seti*. Vinnytsia: UNIVER-SUM-Vinnytsia [in Russian].
8. Rotshtein, A., Shtovba, S. (2001). Fuzzy multicriteria analysis of variants with the use of paired comparisons. *Journal of Computer and Systems Sciences International*, 40 (3), 499—503.
9. Bellman, R., Zadeh, L. (1970). Decision-making in a fuzzy environment. *Management Science*, 17 (4), 141—164.
10. Borisov, A. N., Krumberg, O. A., Fedorov, I. P. (1990). *Priniatiye resheniy na osnove nechetkikh modeley: primery ispolzovaniia*. Riga: Zinatne [in Russian].
11. Saati, T. L. (1979). Vzaimodeystviye v iyerarkhicheskikh sistemakh. *Tekhnicheskaya kibernetika (Technical Cybernetics)*, 1, 68—84 [in Russian].
12. Rotshtein, A. P., Shtovba, S. D., Shtovba, E. V. (2006). Mnogokriterialnyy vybor brend-proekta s pomoshchiu nechetkikh parnykh sravneniy alternativ. *Upravleniye proektami i programmami (Project and Program Management)*, 2, 138—146 [in Russian].

Стаття надійшла до редакції 28.03.2014