

## РОЗДІЛ 3

# ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВАМИ

УДК 339.137.22:658

DOI: <https://doi.org/10.32782/2304-0920/4-83-6>

**Балан В. Г.**

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

### ГІБРИДНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ НА ОСНОВІ COPRAS-G ТА FUZZY COPRAS

У статті розроблено методичний підхід до порівняльного оцінювання конкурентоспроможності підприємств за допомогою інструментів нечіткого багатокритерійного аналізу на основі суперпозиції методів COPRAS-G та Fuzzy COPRAS. Критерії оцінювання конкурентоспроможності підприємств шляхом декомпозиції розбито на часткові індикатори, множину яких розділено на три групи: індикатори, за якими задані інтервальні значення; індикатори, за якими задані точні значення; «якісні» індикатори, за якими здійснюється експертне лінгвістичне оцінювання за визначеною терм-множиною. Нечіткі значення вагових коефіцієнтів критеріїв оцінювання, а також їхніх часткових індикаторів обчислюються за допомогою методу Fuzzy AHP. Для представлення лінгвістичних оцінок експертів у роботі використовуються нечіткі числа в трапецієвидній формі з відповідними функціями належності. Запропонований методичний підхід може бути використаний у конкурентному аналізі та для формування конкурентних стратегій підприємства.

**Ключові слова:** конкурентоспроможність підприємства, нечіткі множини, лінгвістичні змінні, терм-множина, нечіткий багатокритерійний аналіз, Fuzzy AHP, Fuzzy COPRAS, COPRAS-G-метод.

**Постановка проблеми.** Необхідність адаптації підприємства до турбулентного та динамічного зовнішнього середовища, зміна правил конкуренції та посилення конкурентної боротьби, особливо в умовах пандемії, зумовлюють необхідність розроблення і застосування нових наукових підходів до вимірювання й оцінювання конкурентоспроможності підприємства. Під оцінюванням конкурентоспроможності розуміють процес ідентифікації стану економічної системи за критеріями конкуренто-спроможності та віднесення її до певного типу, групи чи статусу у сферах національної або міжнародної економічної взаємодії [5, с. 56]. Наявність достовірної інформації про конкурентні переваги підприємства, знання рівня його конкурентоспроможності дають змогу керівництву ідентифікувати свої ринкові позиції за кожним напрямом діяльності та обґрунтувати вибір стратегічної поведінки на ринку. Таким чином, проблема оцінювання конкурентних переваг підприємств є важливим складником конкурентного аналізу та наріжним каменем управління їхньою конкурентоспроможністю.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Теоретичним та методичним аспектам управління конкурентоспроможністю підприємств й зокрема оцінюванню їхньої конкурентоспроможності присвячено велику кількість досліджень. Серед них можна виділити таких відомих зарубіжних та вітчизняних учених: І. Ансоффа, Р. Гранта, П. Дойля, Н. Лейка, А. Томпсона, А. Стрікланда, М. Портера, Д. Хассі, Т. Віліна, Д. Хангера, А. Хофмана, К. Бемфорда, Г. Азова, О. Драгана, К. Фляйшера, Б. Бенсуссана, Л. Довганя, А. Наливайка, Н. Подольчака, З. Шершньової, А. Шегди, О. Янкового та ін. Одним із перспективних напрямів сучасних прикладних досліджень у конкурентному аналізі є застосування логіко-лінгвістичних моделей та методів нечітко-множинної теорії [11], які мають високу адапта-

ційну здатність до експертних даних, до якісного вербального опису параметрів, що аналізуються, є достатньо гнучкими й адекватними вхідній інформації. Серед публікацій на зазначену тему можна виділити такі. У [6] розглядається методика оцінювання конкурентоспроможності підприємства засобами нечіткої логіки, причому багаторівнева ієрархічна модель являє собою нейро-нечітку мережу. Застосування апарату нечітко-логічного висновку, на думку авторів, дає змогу зробити висновок про рівень конкурентоспроможності підприємства за різних комбінацій значень вхідних змінних. Створення моделі здійснюється відповідно до принципів ідентифікації нелінійних об'єктів нечіткими базами знань: лінгвістичності вхідних і вихідних змінних, формування структури залежності «вхід – вихід» у вигляді нечіткої бази знань, ієрархічності баз знань, оцінювання якісних змінних принципом «термометра», двоетапного настроювання баз нечітких знань. Авторами [8] розроблено методика оцінювання рівня конкурентоспроможності підприємств на базі математичного апарату нечіткої логіки. У [2] запропоновано ієрархічну модель оцінювання конкурентоспроможності страхової компанії, розроблену на основі нечіткої логіки. Для ієрархічного дерева логічного виведення побудовані нечіткі бази знань. Авторами [4] запропоновано й обґрунтовано нечітко-логічний та нейромережевий підхід до оцінювання конкурентоспроможності інноваційних підприємств. Показано, що перевагами цих підходів є можливість використання як кількісних показників, так і показників, опис яких ведеться у лінгвістичних термінах. Інтерпретація нечіткої моделі оцінки конкурентоспроможності передбачає вибір та специфікацію вхідних та вихідних змінних відповідної системи нечіткого висновку. У [1] для компаративного оцінювання конкурентоспроможності підприємств використовуються методи Fuzzy AHP та Fuzzy SAW. Авто-

ром [3] зроблено спробу засобами теорії нечітких множин оцінити конкурентоспроможність диверсифікованих підприємств.

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми.** Однією з загальних проблем оцінювання конкурентоспроможності є необхідність урахування в оцінці різномірних даних щодо підприємств-конкурентів. Такі дані можуть містити як точні значення, так і такі, що в силу невизначеності чи специфіки критеріїв оцінювання задаються в інтервальному вигляді або/та в лінгвістичній формі на основі міркувань експертів. Відповідно до цього, виникає потреба в поєднанні різних оцінок в інтегральній оцінці рівня конкурентоспроможності підприємств.

**Мета статті.** Головною метою цієї роботи є розроблення методичного підходу до порівняльного оцінювання конкурентоспроможності підприємств на основі нечітко-множинних засобів, зокрема методів Fuzzy ANP, Fuzzy COPRAS та COPRAS-G для врахування інформації про підприємств-конкурентів, представленої у вигляді інтервалів та лінгвістичній формі.

**Виклад основного матеріалу.** Одним з основних етапів конкурентного аналізу є компаративне оцінювання конкурентоспроможності підприємств галузі чи однієї стратегічної групи, яке дає змогу під час порівняння з конкурентами визначити свої сильні та слабкі сторони, розробити стратегічні рекомендації для посилення конкурентних переваг підприємства. Особливо потужним із цього погляду є інструментарій багатокритерійного нечіткого аналізу, який і використовується автором у розробленій моделі нечіткого оцінювання конкурентів. Алгоритм даної моделі містить такі етапи (рис. 1). Розглянемо етапи розробленої методики детальніше.

На 1-му етапі здійснюють формування робочої групи із  $K$  експертів, які мають відповідні компетенції та навички (доцільно включити стратегічних аналітиків підприємства, зовнішніх консультантів).

2-й етап передбачає ідентифікацію основних (пріоритетних) і другорядних конкурентів за допомогою відомих інструментів конкурентного аналізу: карти стратегічних груп конкурентів, дискримінантний аналіз, карти Кохонена, нечіткий кластерний аналіз.

На 3-му етапі необхідно побудувати систему критеріїв оцінювання конкурентоспроможності підприємств-конкурентів. Зазначимо, що дана проблема

є однією з найбільш складних та відповідальних. У роботі [7] авторами сформульовано основні методологічні принципи формування такої системи:

1. Адекватність показників конкурентоспроможності завданням стратегічного управління підприємством: система показників має відображати стратегічну спрямованість управління підприємством та забезпечувати кожен з етапів управлінського циклу.

2. Охоплення системою показників внутрішніх і зовнішніх потоків результативності підприємства та джерел (ресурсів) їх формування.

3. «Фокусування» системи показників на ключових чинниках та джерелах формування конкурентних переваг на релевантних ринках.

4. Оптимальна чисельність показників внутрішнього і зовнішнього середовища підприємства та відсутність суттєвих кореляційних зв'язків між ними.

5. Можливість кількісного визначення та чіткого алгоритму розрахунку показників конкурентоспроможності.

6. Забезпечення як статичного, так і динамічного аналізу (тенденцій розвитку) зовнішнього середовища, включаючи розроблення моделей оцінювання його стану.

Для оцінювання конкурентоспроможності можна скористатися критеріями, наведеними в [1, с. 61], рис. 2.

Для визначення значень вагових коефіцієнтів критеріїв оцінювання конкурентоспроможності підприємств скористаємося методом Fuzzy ANP [10]. Для цього необхідно виконати декілька кроків:

Крок 1. Побудова кожним експертами матриць парних порівнянь критеріїв оцінювання на основі лінгвістичної шкали (терм-множини), наведеної в табл. 1:  $U_k^{\text{lingv}} = \|u_{ijk}^{\text{lingv}}\|_{m \times m}$ , де  $u_{ijk}^{\text{lingv}}$  – лінгвістична оцінка  $k$ -м експертом переваги  $i$ -го критерію над  $j$ -м за їх попарного порівняння,  $i=1, 2, \dots, N$ ;  $j=1, 2, \dots, N$ ;  $k=1, 2, \dots, K$ .

Крок 2. Трансформація лінгвістичних оцінок парних порівнянь у нечіткі числа на основі шкали, наведеної в табл. 1, та відповідних трапецієвидних нечітких чисел із відповідними функціями належності (рис. 3):

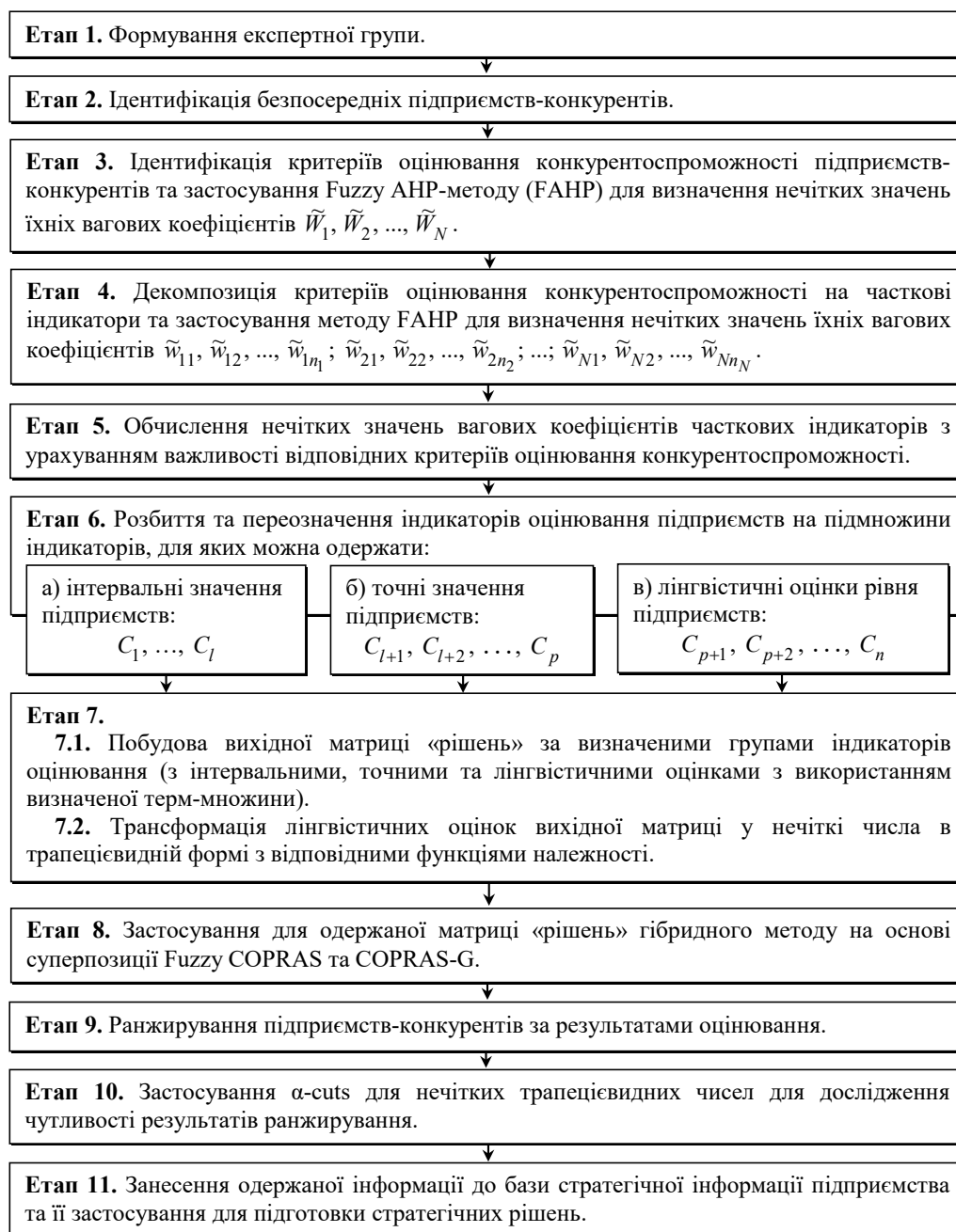
$$U_k^{\text{lingv}} \rightarrow \tilde{V}_k = \| \tilde{v}_{ijk} \| = \| (\vartheta_{ijk}, \varsigma_{ijk}, \psi_{ijk}, \xi_{ijk}) \|$$

Таблиця 1

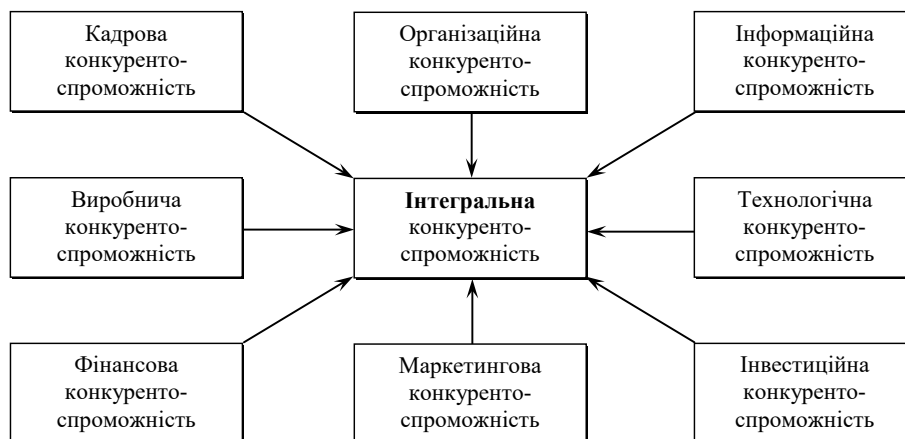
Шкала переведення лінгвістичних термів у нечіткі числа

| Лінгвістичні терми для визначення відносної важливості критеріїв (під час порівняння $i$ -го критерію з $j$ -м) | Позн. | $\tilde{a}_{ij}$ | $\tilde{a}_{ji} = \tilde{1}(\div) \tilde{a}_{ij}$ |
|---|-------|------------------|---|
| Рівноцінні (Equal)  | E     | (1; 1; 1; 1)     | (1; 1; 1; 1)                                      |
| Помірна перевага (Moderate)   | M     | (2; 2,5; 3,5; 4) | (1/4; 2/7; 2/5; 1/2)                              |
| Сильна перевага (Strong)  | S     | (4; 4,5; 5,5; 6) | (1/6; 2/11; 2/9; 1/4)                             |
| Дуже сильна перевага (Very Strong)  | VS    | (6; 6,5; 7,5; 8) | (1/8; 2/15; 2/13; 1/6)                            |
| Надзвичайно сильна перевага (Extremaly Strong)  | ES    | (8; 8,5; 9; 9)   | (1/9; 1/9; 2/17; 1/8)                             |
| Проміжні (intermediate) нечіткі значення  |       |                  |   |
| Дуже слабка перевага (між E та M)   | E_M   | (1; 1,5; 2,5; 3) | (1/3; 2/5; 2/3; 1)                                |
| Перевага (між M та S)   | M_S   | (3; 3,5; 4,5; 5) | (1/5; 2/9; 2/7; 1/3)                              |
| Сильна перевага (між S та VS)   | S_VS  | (5; 5,5; 6,5; 7) | (1/7; 2/13; 2/11; 1/5)                            |
| Дуже сильна перевага (між VS та ES)   | VS_ES | (7; 7,5; 8,5; 9) | (1/9; 2/17; 2/15; 1/7)                            |

Джерело: сформовано на основі [10]



**Рис. 1.** Етапи методики оцінювання конкурентоспроможності підприємств  
Джерело: розроблено автором



**Рис. 2.** Критерії оцінювання конкурентоспроможності підприємств

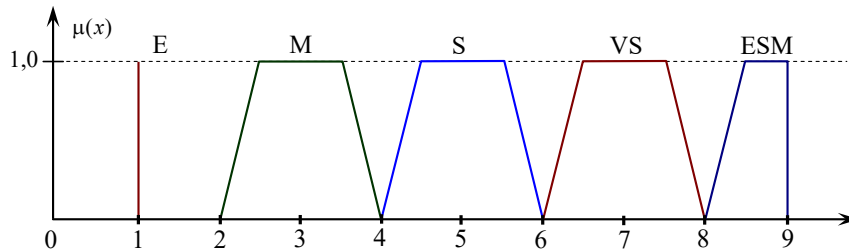


Рис. 3. Трапецієвидні функції належності термів

Таким чином, одержимо нечіткі матриці  $\tilde{V}_k$  ( $k = 1, 2, \dots, K$ ) парних порівнянь критеріїв, побудовані експертами.

Крок 3. Агрегація нечітких матриць

$\tilde{V}_1, \tilde{V}_2, \dots, \tilde{V}_K$  з метою отримання інтегральної нечіткої матриці парних порівнянь критеріїв оцінювання  $\tilde{V} = \|\tilde{v}_{ij}\|$  за допомогою такого співвідношення:

$$\tilde{v}_{ij} = (\vartheta_{ij}, \varsigma_{ij}, \psi_{ij}, \xi_{ij}) = \frac{1}{K} \bigoplus_{k=1}^K \tilde{v}_{ijk} = \left( \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \vartheta_{ijk}; \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \varsigma_{ijk}; \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \psi_{ijk}; \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \xi_{ijk} \right). \quad (1)$$

Відповідно до методології ФАНР [10], для одержаної матриці  $\tilde{V}$  розрахуємо нечіткі числа:

$$\tilde{s}_i = (\sqrt[N]{\vartheta_{i1} \times \dots \times \vartheta_{iN}}; \sqrt[N]{\varsigma_{i1} \times \dots \times \varsigma_{iN}}; \sqrt[N]{\psi_{i1} \times \dots \times \psi_{iN}}; \sqrt[N]{\xi_{i1} \times \dots \times \xi_{iN}}) = (s_i^\vartheta; s_i^\varsigma; s_i^\psi; s_i^\xi).$$

Далі обчислимо  $\tilde{r} = \tilde{s}_1(+)\tilde{s}_2(+)\dots(+)\tilde{s}_N = (s_1^\vartheta + \dots + s_N^\vartheta; s_1^\varsigma + \dots + s_N^\varsigma; s_1^\psi + \dots + s_N^\psi; s_1^\xi + \dots + s_N^\xi) = (r^\vartheta; r^\varsigma; r^\psi; r^\xi)$

та  $\tilde{r}^{-1} = \left( \frac{1}{r_\xi}; \frac{1}{r_\psi}; \frac{1}{r_\varsigma}; \frac{1}{r_\vartheta} \right)$ .

Нечіткі коефіцієнти важливості критеріїв оцінювання одержимо на основі таких співвідношень:

$$\tilde{V}_i = (s_i^\vartheta; s_i^\varsigma; s_i^\psi; s_i^\xi) \times \left( \frac{1}{r_\xi}; \frac{1}{r_\psi}; \frac{1}{r_\varsigma}; \frac{1}{r_\vartheta} \right) = \left( \frac{s_i^\vartheta}{r_\xi}; \frac{s_i^\varsigma}{r_\psi}; \frac{s_i^\psi}{r_\varsigma}; \frac{s_i^\xi}{r_\vartheta} \right) = (V_i^\alpha; V_i^\beta; V_i^\gamma; V_i^\phi).$$

Крок 4. Нормалізація одержаних нечітких значень. Для цього спочатку дефазифікуємо одержані числа. Відповідно до [10], для дефазифікації (defuzzification) нечіткого трапецієвидного числа  $A = (a_1; a_2; a_3; a_4)$  використовується співвідношення (2):

$$\tilde{A}^{def} = \frac{1}{3} \left( a_1 + a_2 + a_3 + a_4 - \frac{a_3 a_4 - a_1 a_2}{(a_3 + a_4) - (a_1 + a_2)} \right). \quad (2)$$

Таким чином, для  $\tilde{V}_i = (V_i^\alpha; V_i^\beta; V_i^\gamma; V_i^\phi)$  дефазифіковане чітке число буде розраховуватися так:

$$\tilde{V}_i^{def} = \frac{1}{3} \left( V_i^\alpha + V_i^\beta + V_i^\gamma + V_i^\phi - \frac{V_i^\gamma V_i^\phi - V_i^\alpha V_i^\beta}{(V_i^\gamma + V_i^\phi) - (V_i^\alpha + V_i^\beta)} \right).$$

Далі для нормалізації  $\tilde{V}_i = (V_i^\alpha; V_i^\beta; V_i^\gamma; V_i^\phi)$  скористаємося формулою (3):

$$\tilde{W}_i = \left( V_i^\alpha / \sum_{i=1}^N \tilde{V}_i^{def}; V_i^\beta / \sum_{i=1}^N \tilde{V}_i^{def}; V_i^\gamma / \sum_{i=1}^N \tilde{V}_i^{def}; V_i^\phi / \sum_{i=1}^N \tilde{V}_i^{def} \right) = (W_i^\alpha; W_i^\beta; W_i^\gamma; W_i^\phi). \quad (3)$$

Таким чином, отримаємо нечіткі вагові коефіцієнти критеріїв оцінювання конкурентоспроможності підприємств.

Етап 4 передбачає декомпозицію критеріїв оцінювання конкурентоспроможності на часткові індикатори. Зазначимо, що як і на попередньому етапі, необхідно, щоб вони задовольняли вказаним вище вимогам. Використовуючи міркування та співвідношення методу ФАНР, аналогічні зробленим на попередньому етапі, одержимо нечіткі значення вагових коефіцієнтів часткових індикаторів:  $\tilde{w}_{11}, \tilde{w}_{12}, \dots, \tilde{w}_{1n}; \tilde{w}_{21}, \tilde{w}_{22}, \dots, \tilde{w}_{2n}; \dots, \tilde{w}_{N1}, \tilde{w}_{N2}, \dots, \tilde{w}_{Nn}$ , де  $\tilde{w}_{ij} = (w_{ij}^\alpha; w_{ij}^\beta; w_{ij}^\gamma; w_{ij}^\phi)$ ,  $i = 1, 2, \dots, N$ ,  $j = 1, 2, \dots, n$ .

Етап 5. Обчислення нечітких значень вагових коефіцієнтів часткових індикаторів з урахуванням важливості відповідних критеріїв оцінювання

конкурентоспроможності здійснюється за формулою (4):

$$\tilde{W}_i(x) \tilde{w}_{ij} = (W_i^\alpha; W_i^\beta; W_i^\gamma; W_i^\phi) \times (w_{ij}^\alpha; w_{ij}^\beta; w_{ij}^\gamma; w_{ij}^\phi) = (W_i^\alpha w_{ij}^\alpha; W_i^\beta w_{ij}^\beta; W_i^\gamma w_{ij}^\gamma; W_i^\phi w_{ij}^\phi) \quad (4)$$

Етап 6. Для розмежування часткових індикаторів з інтервальними, точними значеннями та лінгвістичними оцінками перенумеруємо індикатори оцінювання так, щоб індикатори, за якими задані інтервальні значення підприємств, мали номери з 1 по  $l$ ; критерії, за якими задані точні значення – з  $l+1$  по  $p$ ; а індикатори з лінгвістичними оцінками – з  $p+1$  по  $n$ . Розбиття та переозначення множини індикаторів оцінювання підприємств на підмножини індикаторів, відповідно до характеру даних, які можна одержати під час оцінювання конкурентоспроможності та залежно від характеру монотонності їхніх цільових функцій, наведено в табл. 2.

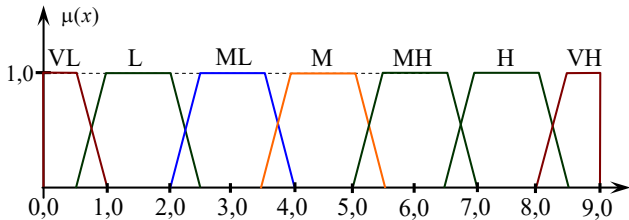
Відповідно, переозначимо вагові коефіцієнти часткових індикаторів:  $\tilde{u}_1, \dots, \tilde{u}_l; \tilde{u}_{l+1}, \dots, \tilde{u}_p; \tilde{u}_{p+1}, \dots, \tilde{u}_n$  (табл. 3), де  $\tilde{u}_i = (u_i^\alpha; u_i^\beta; u_i^\gamma; u_i^\phi)$ .

Етап 7.

7.1. На цьому етапі здійснюють побудову вихідної матриці «рішень» за визначеними групами індикаторів оцінювання (з інтервальними, точними та лінгвістичними оцінками з використанням визначеної терм-множини  $T = \{\text{дуже низький} - \text{Very Low (VL)}; \text{низький} - \text{Low (L)}; \text{середній низький} - \text{Medium Low (ML)}; \text{середній} - \text{Medium (M)}; \text{середній високий} - \text{Medium High (MH)}; \text{високий} - \text{High (H)}; \text{дуже високий} - \text{Very High (VH)}\}$ ). Семантика термів задається нечіткими числами на інтервалі  $[0; 9]$  (рис. 4) з відповідними функціями належності: VL – (0,0; 0,0; 0,5; 1,0); L – (0,5; 1,0; 2,0; 2,5); ML – (2,0; 2,5; 3,5; 4,0); M – (3,5; 4,0; 5,0; 5,5); MH – (5,0; 5,5; 6,5; 7,0); H – (6,5; 7,0; 8,0; 8,5); VH – (8,0; 8,5; 9,0; 9,0).

**Підмножини індикаторів багатокритерійного оцінювання залежно від характеру монотонності їхніх цільових функцій**

| Критерії   | Критерії, за якими задані інтервальні значення підприємств ( $C_1, \dots, C_l$ ) |                                  | Критерії, за якими задані точні значення підприємств ( $C_{l+1}, \dots, C_p$ ) |                                  | Критерії, за якими одержані лінгвістичні оцінки підприємств |
|------------|--|----------------------------------|--|----------------------------------|---|
|            | Характер монотонності  | Монотонно зростає ( $\nearrow$ ) | Монотонно спадає ( $\searrow$ )  | Монотонно зростає ( $\nearrow$ ) |   |
| Підмножини | $C_1, \dots, C_s$  | $C_{s+1}, \dots, C_l$            | $C_{l+1}, \dots, C_t$  | $C_{t+1}, \dots, C_p$            | $C_{p+1}, \dots, C_n$                                       |



**Рис. 4. Трапецієвидні функції належності термів оцінювання підприємств-конкурентів за якісними підкритеріями**

7.2. Трансформація лінгвістичних оцінок вихідної матриці у нечіткі числа в трапецієвидній формі з відповідними функціями належності.

Позначимо  $\tilde{x}_{ij}^k = (x_{1ij}^k; x_{2ij}^k; x_{3ij}^k; x_{4ij}^k)$  – нечітка оцінка  $k$ -го експерта конкурентоспроможності  $i$ -го підприємства за  $j$ -м критерієм ( $i=1, 2, \dots, n, j=p+1, \dots, n$ ), одержана трансформацією відповідної лінгвістичної оцінки. Агрегуємо ці оцінки за допомогою такого співвідношення:

$$\tilde{x}_{ij} = (x_{1ij}; x_{2ij}; x_{3ij}; x_{4ij}) = \frac{1}{K} \bigoplus_{k=1}^K \tilde{x}_{ij}^k = \left( \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K x_{1ij}^k; \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K x_{2ij}^k; \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K x_{3ij}^k; \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K x_{4ij}^k \right).$$

Матрицю «рішень» з урахуванням даного перетворення наведено в табл. 3.

Етап 8. Для одержаної матриці «рішень» використаємо гібридний метод на основі суперпозиції Fuzzy COPRAS та COPRAS-G [12].

Спочатку необхідно виконати нормування матриці рішень. На цьому кроці критерії, які мають різні одиниці вимірювання, необхідно перетворити на безрозмірні критерії, що дасть змогу надалі здійснити оцінювання рівня конкурентоспроможності підприємств.

Для критеріїв, за якими задані інтервальні значення, скористаємося такими співвідношеннями [12]:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{2 \cdot \frac{x_{ij}}{\sum_{k=1}^m x_{kj} + \sum_{k=1}^m \bar{x}_{kj}}} = \frac{\bar{x}_{ij}}{\frac{1}{2} \left( \sum_{k=1}^m x_{kj} + \sum_{k=1}^m \bar{x}_{kj} \right)}$$

$$\bar{r}_{ij} = \frac{\bar{x}_{ij}}{\frac{1}{2} \left( \sum_{k=1}^m x_{kj} + \sum_{k=1}^m \bar{x}_{kj} \right)} = \frac{2\bar{x}_{ij}}{\sum_{k=1}^m x_{kj} + \sum_{k=1}^m \bar{x}_{kj}},$$

де  $i=1, \dots, m, j=1, \dots, l$ .

Для критеріїв, за якими задані точні значення, застосуємо таке перетворення:  $r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{k=1}^m x_{kj}}$ , де  $i=1, \dots, m, j=l+1, \dots, p$ .

Для критеріїв, за якими одержані нечіткі оцінки, використовується таке співвідношення:

$$\tilde{r}_{ij} = \frac{\tilde{x}_{ij}}{\sum_{k=1}^m \tilde{x}_{kj}^{def}}$$

Далі обчислимо такі суми:  $\tilde{S}_{+i}^s = \frac{1}{2} \bigoplus_{j=1}^s \tilde{u}_j(x)(r_{ij} + \bar{r}_{ij})$ ;

$\tilde{S}_{-i}^s = \frac{1}{2} \bigoplus_{j=s+1}^l \tilde{u}_j(x)(r_{ij} + \bar{r}_{ij})$ , де  $\tilde{S}_{+i}^s, \tilde{S}_{-i}^s$  – зважені нечіткі суми оцінок за критеріями, які мають монотонно зростаючу та монотонно спадну цільові функції відповідно (для критеріїв з інтервальними значеннями);

$$\tilde{S}_{+i}^p = \bigoplus_{j=l+1}^p \tilde{u}_j(x)r_{ij}; \tilde{S}_{-i}^p = \bigoplus_{j=t+1}^p \tilde{u}_j(x)r_{ij}, \tilde{S}_{ij}^f = \bigoplus_{j=p+1}^n \tilde{u}_j(x)r_{ij},$$

де  $\tilde{S}_{+i}^s, \tilde{S}_{-i}^s$  – зважені нечіткі суми оцінок за критеріями, які мають монотонно зростаючу та монотонно спадну цільові функції відповідно (для критеріїв з точними значеннями);  $\tilde{S}_{ij}^f$  – зважені нечіткі суми оцінок за «лінгвістичними» критеріями.

Наступним кроком є розрахунок значень

$$\tilde{S}_{+i} = \tilde{S}_{+i}^s (+) \tilde{S}_{+i}^p (+) \tilde{S}_{ij}^f, \tilde{S}_{-i} = \tilde{S}_{-i}^s (+) \tilde{S}_{-i}^p (+) \tilde{S}_{ij}^f \text{ та } \tilde{R}_{+i} \text{ і } \tilde{R}_{-i}$$

за допомогою таких формул:

$$\tilde{R}_{+i} = \tilde{S}_{+i}, \tilde{R}_{-i} = \frac{\bigoplus_{k=1}^m \tilde{S}_{-k}}{\bigoplus_{k=1}^m \frac{1}{\tilde{S}_{-k}}}$$

Далі необхідно обчислити нечіткі значення рівнів конкурентоспроможності підприємств-конкурентів:  $\tilde{R}_i = \tilde{R}_{+i} (+) \tilde{R}_{-i}$ .

Етап 9. Ранжирування підприємств-конкурентів здійснюється на основі дефазифікованих на основі формули (2) значень  $\tilde{R}_i$ .

**Матриця «рішень» задачі багатокритерійного оцінювання конкурентоспроможності підприємств**

| Критерії             | Індикатори, за якими задані інтервальні значення підприємств |                                      |               | Індикатори, за якими задані точні значення підприємств |             |               | Індикатори, за якими одержані лінгвістичні оцінки підприємств |                      |               |                  |
|----------------------|--|--------------------------------------|---------------|--|-------------|---------------|---|----------------------|---------------|------------------|
|                      | $C_1$  | $\dots$                              | $C_l$         | $C_{l+1}$  | $\dots$     | $C_p$         | $C_{p+1}$   | $\dots$              | $C_n$         |                  |
| Вага                 | $\tilde{u}_1$  | $\dots$                              | $\tilde{u}_l$ | $\tilde{u}_{l+1}$                                      | $\dots$     | $\tilde{u}_p$ | $\tilde{u}_{p+1}$   | $\dots$              | $\tilde{u}_n$ |                  |
| Значення підприємств | $E_1$  | $[\underline{x}_{11}; \bar{x}_{11}]$ | $\dots$       | $[\underline{x}_{1l}; \bar{x}_{1l}]$                   | $x_{1,l+1}$ | $\dots$       | $x_{1p}$  | $\tilde{x}_{1(p+1)}$ | $\dots$       | $\tilde{x}_{1n}$ |
|                      | $E_2$  | $[\underline{x}_{21}; \bar{x}_{21}]$ | $\dots$       | $[\underline{x}_{2l}; \bar{x}_{2l}]$                   | $x_{2,l+1}$ | $\dots$       | $x_{2p}$  | $\tilde{x}_{2(p+1)}$ | $\dots$       | $\tilde{x}_{2n}$ |
|                      | $\vdots$   | $\vdots$                             | $\vdots$      | $\vdots$   | $\vdots$    | $\vdots$      | $\vdots$  | $\vdots$             | $\vdots$      | $\vdots$         |
|                      | $E_m$  | $[\underline{x}_{m1}; \bar{x}_{m1}]$ | $\dots$       | $[\underline{x}_{ml}; \bar{x}_{ml}]$                   | $x_{m,l+1}$ | $\dots$       | $x_{mp}$  | $\tilde{x}_{m(p+1)}$ | $\dots$       | $\tilde{x}_{mn}$ |

Етап 10. З метою дослідження чутливості результатів ранжирування можна скористатися  $\alpha$ -cuts [9] для нечітких трапецієвидних чисел, що дає змогу варіювати «точність» нечітких оцінок експертів.

Етап 11. Одержана інформація може бути використана для аналізу своїх сильних та слабких сторін та для підготовки стратегічних рішень.

З метою фасилітації застосування запропонованої моделі розрахункова схема реалізована в обчислювальній системі Matlab, що дає змогу проводити імітаційне моделювання залежно від модифікації переліку визначених критеріїв й індикаторів оцінювання та корекції міркувань експертів.

**Висновки і пропозиції.** Таким чином, запропонований підхід дає змогу більш комплексно і гнучко підійти до процесу компаративного оцінювання конкурентоспроможності підприємств за рахунок більш повного врахування інформації про

ринкових опонентів у вигляді точних, інтервальних та лінгвістичних вхідних даних.

Розроблений методичний підхід може бути використаний для здійснення бенчмаркінгу, для побудови конкурентного профілю підприємства, для стратегічного планування діяльності підприємств із метою розроблення конкурентних стратегій на основі методів портфельного аналізу та ефективної реалізації цих стратегій.

Подальші дослідження за даною темою можуть бути спрямовані на:

– адаптацію даної методики відповідно до специфіки діяльності підприємства та його реляційного простору;

– побудову логіко-лінгвістичної моделі визначення рівня конкурентоспроможності підприємства та розроблення відповідного фреймворку з використанням пакету Fuzzy Logic Toolbox обчислювальної системи Matlab.

### Список використаних джерел:

1. Балан В.Г. Інструментарій теорії нечітких множин у конкурентному аналізі підприємств. *Інфраструктура ринку*. 2020. Вип. 45. С. 58–65. URL: <http://www.market-infr./uk/45-2020> (дата звернення: 20.09.2020).
2. Гриценко К.Г. Метод оцінювання конкурентоспроможності страхових компаній на основі нечіткої логіки. *Фінансовий простір*. 2011. № 1(1). С. 79–84.
3. Лисенко К.Е. Методичний підхід до оцінювання рівня конкурентоспроможності диверсифікованих підприємств. *Ефективна економіка*. 2019. № 3. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=6966> (дата звернення: 20.09.2020).
4. М'ячин В.Г., Алейнікова К.В. Сучасні та перспективні методи оцінки конкурентоспроможності інноваційних підприємств та конкурентоспроможності інноваційної продукції. *Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія «Міжнародні економічні відносини та світове господарство»*. 2018. Вип. 22. Ч. 2. С. 134–137.
5. Піддубна Л.І. Конкурентоспроможність економічних систем: теорія, механізм регулювання та управління : монографія. Харків : ІНЖЕК, 2007. 368 с.
6. Тригуб А.Б., Білецький О.С., Овчаренко О.В. Оцінювання конкурентоспроможності підприємства засобами нечіткої логіки. *Економічний вісник ДВНЗ УДХТУ*. 2015. № 2(2). С. 30–35.
7. Уланчук В.С., Лисенко Н.О. Конкуренція та методи визначення конкурентоспроможності. *Збірник наукових праць Уманського державного аграрного університету*. 2008. Вип. 70. Ч. 2. С. 22–26.
8. Azarova A., Zhytkevych O. Mathematical methods of identification of Ukrainian enterprises competitiveness level by fuzzy logic using. *Economic Annals-XXI*. 2013. № 9–10(2). P. 59–62.
9. Basirzadeh H., Abbasi R. A new approach for ranking fuzzy numbers based on  $\alpha$ -cuts. *Journal of Applied Mathematics & Informatics*. 2008. № 26(3–4). P. 767–778.
10. Chang D.Y. Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research*. 1996. Vol. 95(3). P. 649–655.
11. Zadeh L.A. Fuzzy Sets as a Basis for a Theory of Possibility. *Fuzzy Sets and Systems*. 1978. Vol. 1. № 1. P. 89–100.
12. Zavadskas E.A., Kaklauskas A., Turskis Z., Tamosaitiene J. Multi-Attribute Decision-Making Model by Applying Grey Numbers. *Informatica*. 2009. Vol. 20(2). P. 305–320.

### References:

1. Balan V. H. (2020) Instrumentarij teorii nechitkykh mnozhyn u konkurentnomu analizi pidpriemstv [Fuzzy set theory toolkit in competitive analysis of enterprises]. *Infrastruktura rynku*, vol. 45, pp. 58–65. Available at: <http://www.market-infr./uk/45-2020> (accessed 20 September 2020).
2. Hrytsenko K. H. (2011) Metod otsiniuvannia konkurentospromozhnosti strakhovykh kompanij na osnovi nechitkoi lohiky [Assessing the competitiveness of the enterprise by means of fuzzy logic]. *Finansovij menedzhment*, no. 1(1), pp. 79–84.
3. Lysenko K. E. (2019) Methodical approach to assessment of the competitiveness level of diversified enterprises. *Efektivna ekonomika*, no. 3. Available at: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=6966> (accessed 20 September 2020).
4. M'iachyn V. H., Alejnikova K. V. (2018) Suchasni ta perspektyvni metody otsinky konkurentospromozhnosti innovatsijnykh pidpriemstv ta konkurentospromozhnosti innovatsijnoi produktsii [Modern and promising methods of assessing the competitiveness of innovative enterprises and competitiveness of innovative products]. *Naukovyj visnyk Uzhhorods'koho natsional'noho universytetu. Seriya: Mizhnarodni ekonomichni vidnosyny ta svitove hospodarstvo*, vol. 22, p. 2, pp. 134–137.
5. Piddubna L. I. (2007) *Konkurentospromozhnist' ekonomichnykh system: teoriia, mekhanizm rehuliuвання ta upravlinnia* [Competitiveness of economic systems: theory, mechanism of regulation and management]. Kharkiv: VD «INZhEK». (in Ukrainian)
6. Tryhub A. B., Bilets'kyj O. S., Ovcharenko O. V. (2015) Otsiniuvannia konkurentospromozhnosti pidpriemstva zasobamy nechitkoi lohiky [Assessing the enterprise competitiveness by means of fuzzy logic]. *Ekonomichnyj visnyk DVNZ UDKhTU*, no. 2(2), pp. 30–35.
7. Ulanchuk V. S., Lysenko N. O. (2008) Konkurentsia ta metody vyznachennia konkurentospromozhnosti [Competition and methods of determining competitiveness]. *Zbirnyk naukovykh prats' Umans'koho derzhavnogo ahrarnoho universytetu*, vol. 70, p. 2, pp. 22–26.
8. Azarova A., Zhytkevych O. (2013) Mathematical methods of identification of Ukrainian enterprises competitiveness level by fuzzy logic using. *Economic Annals-XXI*, no. 9–10(2), pp. 59–62.
9. Basirzadeh H., Abbasi R. (2008) A new approach for ranking fuzzy numbers based on  $\alpha$ -cuts, *Journal of Applied Mathematics & Informatics*, no. 26(3–4), pp. 767–778.
10. Chang D. Y. (1996) Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research*, vol. 95(3), pp. 649–655.
11. Zadeh L. A. (1978) Fuzzy Sets as a Basis for a Theory of Possibility. *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 1, no. 1, pp. 89–100.
12. Zavadskas E. A., Kaklauskas A., Turskis Z., Tamosaitiene J. (2009) Multi-Attribute Decision-Making Model by Applying Grey Numbers. *Informatica*, vol. 20(2), pp. 305–320.

**Балан В. Г.**

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

## ГИБРИДНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ COPRAS-G И FUZZY COPRAS

### Резюме

В статье разработан методический подход к сравнительному оцениванию конкурентоспособности предприятий с помощью инструментов нечеткого многокритериального анализа на основе суперпозиции методов COPRAS-G и Fuzzy COPRAS. Критерии оценивания конкурентоспособности предприятий путем декомпозиции разбиты на частичные индикаторы, множество которых разделено на три группы: индикаторы, по которым заданы интервальные значения; индикаторы, по которым заданы точные значения; «качественные» индикаторы, по которым осуществляется экспертное лингвистическое оценивание с использованием определенного терм-множества. Нечеткие значения весовых коэффициентов критериев оценивания, а также их частичных индикаторов вычисляются при помощи метода Fuzzy AHP. Для представления лингвистических оценок экспертов в работе используются нечеткие числа в трапециевидной форме с соответствующими функциями принадлежности. Предложенный методический подход может быть использован в конкурентном анализе и для формирования конкурентных стратегий предприятия.

**Ключевые слова:** конкурентоспособность предприятия, нечеткие множества, лингвистические переменные, терм-множество, нечеткий многокритериальный анализ, Fuzzy AHP, Fuzzy COPRAS, COPRAS-G метод.

**Balan Valeriy**

Taras Shevchenko National University of Kyiv

## A HYBRID APPROACH TO EVALUATING THE COMPETITIVENESS OF ENTERPRISES BASED ON COPRAS-G AND FUZZY COPRAS

### Summary

The article identifies the current need to use tools and models of fuzzy set theory in managing the competitiveness of enterprises as flexible and adequate to heterogeneous input information. A methodical approach to the comparative assessment of the enterprise competitiveness on the basis of fuzzy-multiple tools, in particular methods of fuzzy multicriteria analysis, has been developed. Criteria for assessing the competitiveness of enterprises by decomposition are divided into partial indicators, many of which are divided into three groups: indicators, according to which interval values are set; indicators according to which exact values are set; «qualitative» indicators, which are used for expert linguistic evaluation of a certain term set. Evaluation indicators can have monotonically increasing and monotonically decreasing target functions. The fuzzy values of the weighting factors of the evaluation criteria, as well as their partial indicators are calculated using the Fuzzy AHP method. Fuzzy numbers in trapezoidal shape with corresponding membership functions are used to present linguistic estimates of experts in the work. In order to take into account information about competitors, presented in various forms, a hybrid approach based on the superposition of COPRAS-G and Fuzzy COPRAS methods has been developed for direct assessment of enterprise competitiveness. To rank competing companies, fuzzy values of the integrated level of their competitiveness are defuzzified using certain ratios. The use of  $\alpha$ -cut for trapezoidal membership functions allows to carry out simulation modelling and to investigate the sensitivity of the obtained enterprise rankings. In order to apply the proposed algorithm, the model is implemented in the Matlab computer system and contains a block for determining the weights of criteria and their partial indicators, a block for calculating fuzzy values of enterprise competitiveness levels, a block for defuzzification of these values. The proposed methodological approach can be used as an effective tool for competitive analysis, for benchmarking, to build a competitive profile of the enterprise, to form its competitive strategies.

**Keywords:** enterprise competitiveness, fuzzy sets, linguistic variables, term set, fuzzy multicriteria analysis, Fuzzy AHP, Fuzzy COPRAS, COPRAS-G.