

**Балан В.Г.**

*кандидат фізико-математичних наук, доцент,  
доцент кафедри менеджменту інноваційної та інвестиційної діяльності  
Київського національного університету імені Тараса Шевченка*

**Balan Valeriy**

*Taras Shevchenko National University of Kyiv  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1577-0636>*

## ОЦІНЮВАННЯ ТА ВИБІР СТРАТЕГІЇ ПІДПРИЄМСТВА ЗАСОБАМИ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

### ASSESSMENT AND SELECTION OF ENTERPRISE STRATEGY BY MEANS OF FUZZY LOGIC

**Анотація.** У статті пропонується методичний підхід до оцінювання та вибору стратегічних альтернатив підприємства на основі їх пріоритетизації за допомогою інструментів нечіткого багатокритерійного аналізу та нечіткої логіки. Даний підхід базується на застосуванні нечіткого методу аналізу ієрархій (Fuzzy АНР) з відповідними терм-множиною парних порівнянь варіантів, трикутними функціями належності для визначення важливості критеріїв оцінювання та для обчислення значень пріоритетності стратегічних альтернатив за цими критеріями. З метою забезпечення узгодженості оцінок експертів пропонується використання методу Fuzzy Delphi. Обчислення інтегрального значення рівня пріоритетності стратегічних альтернатив здійснюється на основі схемі Белмана-Заде. Розроблений методичний підхід дає змогу вищому керівництву підприємства визначити переважність розроблених стратегічних альтернатив та розширює можливості класичних методів стратегічного вибору.

**Ключові слова:** стратегічне планування, нечітка логіка, лінгвістичні змінні, терм-множина, Fuzzy АНР.

**Вступ та постановка проблеми.** Застосування концепції стратегічного управління в сучасних умовах складного, динамічного та важкопрогнозованого зовнішнього оточення є необхідною умовою ефективного функціонування підприємств та досягнення ними конкурентних переваг. Одним із найбільш

відповідальних і критичних етапів стратегічного процесу є аналітичний когнітивний етап, пов'язаний із оцінюванням та вибором стратегічних альтернатив для впровадження на підприємстві. Труднощі, що виникають при цьому, обумовлені феноменологічними особливостями даного етапу, а саме неформальним характером процедур оцінювання, відсутністю точних значень досліджуваних величин, нечіткістю експертних оцінок, необхідністю здійснення багатокритерійного вибору, наявністю впливу численних ендотних та екзогенних факторів, невизначеності й ризиків, зумовлених зростаючою турбулентністю та мінливістю бізнес-середовища. Іншими, не менш важливими проблемами даного процесу, є когнітивні бар'єри, що виникають через лінгвістичні розбіжності, особливості систем індивідуальних переважань експертів, а також відмінності у їх професійному досвіді. Як зазначається у [1] проблема оцінювання альтернативних стратегій та подальшого стратегічного вибору є надзвичайно важливим елементом стратегічного планування на підприємстві, оскільки ціна за прорахунки на цьому етапі може бути надзвичайно високою. Вищезазначене зумовлює нагальність та необхідність ґрунтовних теоретичних досліджень у контексті вдосконалення класичних методик та розробки нових підходів на основі застосування нечіткого інструментарію та

методів логіко-лінгвістичного моделювання з метою більш повного врахування впливу внутрішніх та зовнішніх чинників, неформалізованих, нечітких вхідних даних, думок і суджень експертів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Тема стратегічного планування діяльності підприємств у складних турбулентних та динамічних умовах відображена у класичних працях відомих зарубіжних та вітчизняних учених: І. Ансоффа [2], Р. Гранта [3], А. Томпсона, А. Стрікланда [4], М. Портера, Д. Хассі [5], К. Фляйшера, Б. Бенсуссана [6], Л. Довгань, А. Наливайка, Н. Подольчака, З. Шершньової, А. Шегди та ін. Велика кількість публікацій у межах даної теми присвячена теоретичним та методичним аспектам процесу оцінювання ідентифікованих стратегічних альтернатив та здійснення стратегічного вибору на основі визначеної їх пріоритетності. Одним із найбільш дієвих і відомих інструментів, який часто застосовується в управлінській практиці фахівцями для кількісного оцінювання розроблених стратегій є квантитативна матриця стратегічного планування (Quantitative Strategic Planning Matrix – QSPM) [7]. У ній аналіз стратегічних альтернатив здійснюється за двома напрямками: зовнішньому – наскільки ефективно стратегії фірми використовують існуючі можливості та мінімізують можливі негативні наслідки загроз, які генерує зовнішнє середовище, та внутрішньому – визначення рівня «впливу стратегії» на покращення внутрішнього стану підприємства чи його стратегічних бізнес-одиниць, тобто наскільки дана стратегія дає змогу «посилити» його сильні та вдосконалити слабкі сторони [1].

Зазначимо, що останнє десятиліття характеризується зміною акцентів у розгляді проблем стратегічного процесу, а саме переходом від класичних моделей до їх суттєвого вдосконалення чи створення нових методів та інструментів. Це пов'язано як з необхідністю врахування високого рівня невизначеності у зовнішньому середовищі підприємства, так і з інтеграцією в методологію стратегічного менеджменту нових технологій, моделей та засобів, що призводить

до формування нової парадигми стратегічного управління. Відповідно до цього найбільш перспективний напрям теоретичних і прикладних досліджень нині базується на застосуванні методів та моделей нечітко-множинної теорії [8]. Ці моделі мають високу адаптаційну здатність до експертних даних, є достатньо гнучкими й адекватними вхідній інформації [1]. Розглянемо публікації, релевантні темі даного дослідження, тобто роботи вчених, у яких для оцінювання стратегічних альтернатив використовуються моделі теорії нечітких множин та нечіткої логіки. Зокрема, авторами [9] розроблена нечітка модель QSPM, у якій привабливість стратегічних альтернатив за кожним із критеріїв оцінюється трикутними нечіткими числами в інтервалі від  $(-20; -20; -20)$  до  $(20; 20; 20)$ , а інтегральне значення привабливості кожної стратегії за обчислюється за допомогою простого адитивного зважування. Авторами [10] у якості основного інструмента аналізу використовується класична модель QSPM, а для ранжування стратегічних альтернатив – fuzzy TOPSIS-метод. У [11] пропонується подібний підхід, але спочатку розглядається модель QSPM у нечіткій постановці, а інструментом пріоритетизації для ранжування стратегій є метод TOPSIS. У [12] з метою вибору кращих стратегій на текстильному підприємстві для визначення рівня внутрішньої кореляції між факторами SWOT-моделі застосовано Fuzzy ANP-метод, який також використовується й для обчислення пріоритетності стратегічних альтернатив. У [1] розроблена модель оцінювання та вибору стратегій підприємства на основі модифікації класичної квантитативної матриці стратегічного планування QSPM, де окрім традиційних критеріїв оцінювання стратегічних альтернатив пропонується враховувати потенційну спроможність досягнення визначених стратегічних цілей. Для досягнення мети дослідження у роботі використовуються нечіткий метод аналізу ієрархій – Fuzzy AHP (для обчислення важливості напрямів аналізу та критеріїв оцінювання) та Fuzzy SAW (для визначення нечітких інтегральних оцінок стратегічних альтернатив за цими напрямками і загалом).

Ранжування стратегічних альтернатив здійснюється на основі дефазифікованих значень отриманих інтегральних нечітких оцінок. У дослідженні [13] з метою ранжування стратегій використовується метод VIKOR. У роботі [14] для оцінювання та вибору стратегії обслуговування застосовуються методи нечіткого Дельфі (Fuzzy Delphi) та простого адитивного зважування (SAW), причому метод нечіткого Дельфі використовується для експертного оцінювання важливості кожної цілі та можливостей кожної стратегії обслуговування задовольняти ці цілі. Автори використовують L-R нечіткі числа, які, на їх думку, більш адекватно представляють експертну інформацію. Для дефазифікації нечітких чисел використовується метод Ягера.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Незважаючи на суттєвий прогрес у вирішенні проблеми стратегічного вибору та наявність у наукових працях вітчизняних та іноземних учених різноманітних підходів до оцінювання стратегічних альтернатив, залишається широкий спектр проблем, що стосуються вдосконалення методичного інструментарію стратегічного аналізу та вибору стратегій до реалізації на основі врахування якісного характеру вхідної інформації та когнітивних особливостей даного процесу.

**Метою** даної роботи є розробка методичного підходу до оцінювання та вибору стратегічних альтернатив для впровадження на підприємстві з використанням сучасних технологій нечіткого економіко-математичного моделювання на основі застосування методів нечіткої логіки та нечіткого багатокритерійного аналізу.

**Результати дослідження.** Методичною основою розробленого автором підходу є інструментарій стратегічного планування діяльності підприємства, зокрема етапів стратегічного аналізу зовнішнього оточення та внутрішнього середовища підприємства, формування альтернативних варіантів стратегій (методи портфельного аналізу), а також нечіткої логіки та нечіткого багатокритерійного аналізу. Пропонований підхід передбачає застосування суб'єктивних, неформалі-

зованих, нечітких оцінок, думок і суджень експертів. Відповідно до цього найбільшою мірою тут можуть бути використані можливості теорії нечітких множин. Як зазначається у [15] перевагою нечітких систем є їхня здатність обробляти лінгвістичну інформацію та враховувати експертні знання. Дійсно методи та моделі нечітко-множинної теорії та нечіткої логіки мають високу адаптаційну здатність до експертних даних, до якісного, вербального опису параметрів, що аналізуються, є достатньо гнучкими й адекватними вхідній інформації. Підхід на основі застосування нечітких описів дає змогу інтегрувати, звести воедино всю наявну неоднорідну інформацію (детерміновану, статистичну, лінгвістичну й інтервальну) про підприємство та його діяльність [1]. Основні положення теорії нечіткої логіки, що базуються на математичній теорії нечітких множин, як відповідь на необхідність опису процесів, об'єктів, систем в умовах нечіткості, запропоновані Лотфі Заде у 1965 році в роботі «Fuzzy Sets».

Наведемо деякі важливі співвідношення та твердження теорії нечітких множин та нечіткого багатокритерійного аналізу з використанням Fuzzy АНР-методу, які будуть корисними при вирішенні завдань даного дослідження.

Якщо  $\tilde{A} = (a_1; a_2; a_3)$  та  $\tilde{B} = (b_1; b_2; b_3)$  – нечіткі триангулярні числа, то відповідно до [8; 16]:

$$\begin{aligned} \tilde{A} \oplus \tilde{B} &= (a_1; a_2; a_3) \oplus (b_1; b_2; b_3) = \\ &= (a_1 + b_1; a_2 + b_2; a_3 + b_3), \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \tilde{A}(-)\tilde{B} &= (a_1; a_2; a_3)(-)(b_1; b_2; b_3) = \\ &= (a_1 - b_3; a_2 - b_2; a_3 - b_1), \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \tilde{A} \otimes \tilde{B} &= (a_1; a_2; a_3) \otimes (b_1; b_2; b_3) = \\ &= (a_1 \times b_1; a_2 \times b_2; a_3 \times b_3), \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \tilde{A}(\div)\tilde{B} &= (a_1; a_2; a_3)(\div)(b_1; b_2; b_3) = \\ &= (a_1 / b_3; a_2 / b_2; a_3 / b_1), \end{aligned} \quad (4)$$

$$c \times \tilde{A} = c \times (a_1; a_2; a_3) = (ca_1; ca_2; ca_3), \quad c \geq 0, \quad c - const, \quad (5)$$

$$c \times \tilde{A} = c \times (a_1; a_2; a_3) = (ca_3; ca_2; ca_1), \quad c < 0, \quad c - const. \quad (6)$$

$$\bigoplus_{i=1}^n \tilde{A}_i = \tilde{A}_1 \oplus \tilde{A}_2 \oplus \dots \oplus \tilde{A}_n. \quad (7)$$

Для дефазифікації нечіткого трикутного числа  $\tilde{A} = (a_1; a_2; a_3)$  використовується метод COA (Centre Of Area) [16] та співвідношення (8):

$$\tilde{A}^{def} = \frac{(a_3 - a_1) + (a_2 - a_1)}{3} + a_1. \quad (8)$$

Для попарного порівняння експертами варіантів (критеріїв та стратегічних альтернатив) з метою визначення їх відносної переважності застосовується шкала нечітких оцінок Сааті [17] (табл. 1) з відповідними нечіткими триангулярними числами та функціями належності (рис. 1).

На рис. 2 представлено основні етапи розробленого методичного підходу до оцінювання стратегічних альтернатив підприємства та здійснення стратегічного вибору.

Розглянемо більш детально структуру та зміст кожного етапу.

**Етап 1.** Етап стратегічного аналізу підприємства є надзвичайно важливим, оскільки забезпечує вище керівництво стратегічною інформацією про зовнішні та внутрішні чинники впливу і є базисом для розробки стратегій. Для стратегічного аудиту зовнішнього оточення підприємства можна скористатися матрицями EFEM, ETOM, PEST-аналізу, SWOT-аналізу, моделлю 5-ти сил Портера та іншими методами конкурентного аналізу. Стратегічну діагностику внутрішнього середовища підприємства можна здійснювати за допомогою матриці IFEM, SNW-аналізу, SWOT-аналізу тощо. На основі одержаної інформації формують стратегічне бачення, місію та стратегічні цілі підприємства.

На **етапі 2** здійснюють розробку стратегічних альтернатив для досягнення визначених стратегічних цілей. При цьому

Таблиця 1

Шкала лінгвістичних термів та відповідних нечітких триангулярних чисел

Лінгвістичні терми для визначення відносної важливості критеріїв (стратегічних альтернатив) (i-го критерію порівняно з j-м)	Позначення	$\tilde{a}_{ij}$	$\tilde{a}_{ji}$
Рівноцінні (Equal)	E	(1; 1; 1)	(1; 1; 1)
Помірна перевага (Moderate)	M	(2; 3; 4)	(1/4; 1/3; 1/2)
Сильна перевага (Strong)	S	(4; 5; 6)	(1/6; 1/5; 1/4)
Дуже сильна перевага (Very Strong)	VS	(6; 7; 8)	(1/8; 1/7; 1/6)
Надзвичайно сильна перевага (Extremaly Strong)	ES	(8; 9; 9)	(1/9; 1/9; 1/8)
Проміжні (intermediate) нечіткі значення			
Дуже слабка перевага (між E та M)	E_M	(1; 2; 3)	(1/3; 1/2; 1)
Перевага (між M та S)	M_S	(3; 4; 5)	(1/5; 1/4; 1/3)
Сильна перевага (між S та VS)	S_VS	(5; 6; 7)	(1/7; 1/6; 1/5)
Дуже сильна перевага (між VS та ES)	VS_ES	(7; 8; 9)	(1/9; 1/8; 1/7)

Джерело: сформовано автором на основі [17]

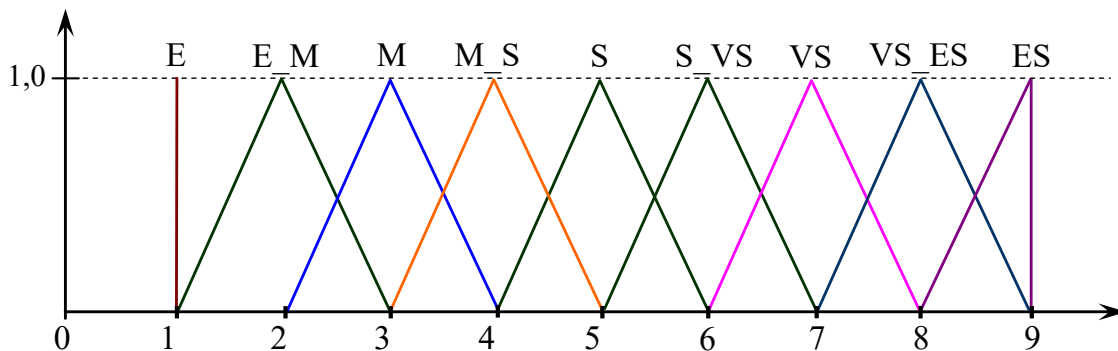


Рис. 1. Трикутні функції належності термів при застосуванні Fuzzy AHP

Джерело: сформовано автором на основі [17]

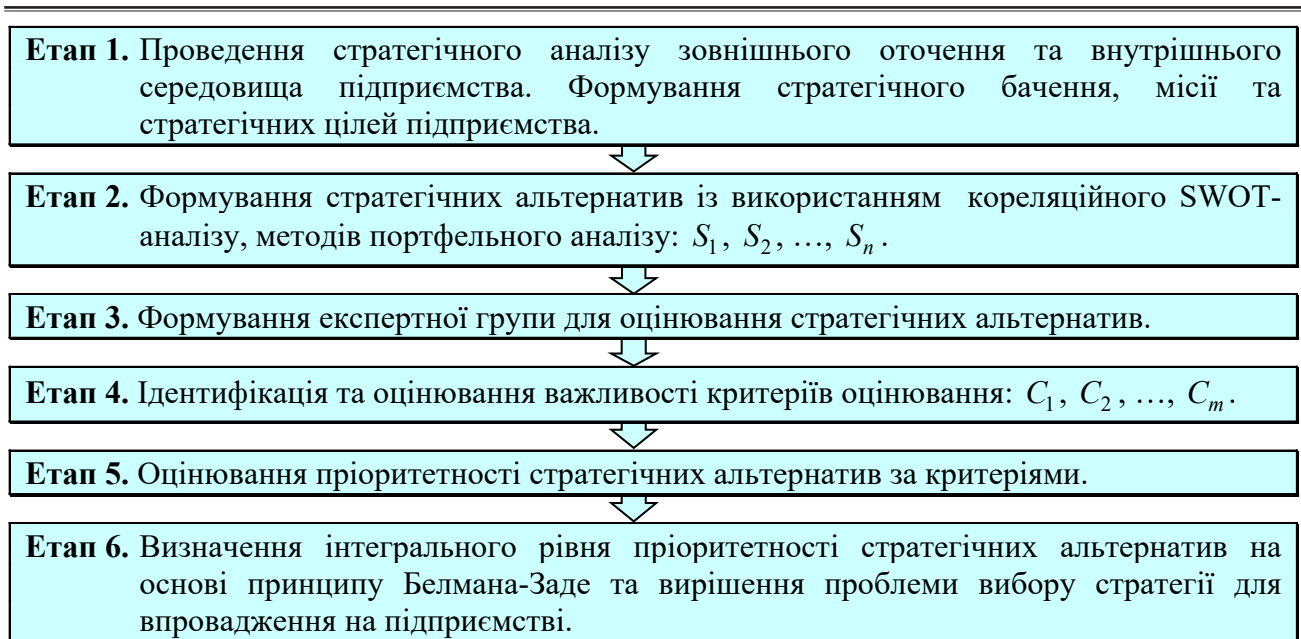


Рис. 2. Етапи методичного підходу до оцінювання стратегій підприємства

Джерело: авторська розробка

можуть бути використані такі методи стратегічного планування: кореляційний SWOT-аналіз, портфельний аналіз (матриці BCG, GE-McKinsey, Ансоффа, ІЕМ, динамічний SPACE-аналіз тощо).

**Етап 3.** Для здійснення професійного оцінювання стратегічних альтернатив, сформованих на попередньому етапі, необхідно створити експертну групу з фахівців, які мають відповідні знання, компетенції та досвід. Бажано також включити і зовнішніх консультантів чи експертів. Позначимо через  $K$  – загальну кількість членів експертної групи.

**Етап 4** (рис. 3) призначений для ідентифікації критеріїв оцінювання стратегічних альтернатив та визначення їх відносної важливості на основі застосування процедури нечіткого методу аналізу ієрархій (Fuzzy АНР) [17].

**4.1.** Ідентифікація критеріїв оцінювання стратегічних альтернатив є одним із найскладніших моментів у процедурі аналізу та оцінювання стратегій, оскільки вибір системи критеріїв оцінювання залежить від багатьох чинників, зокрема від галузевої належності підприємства, рівня конкуренції в галузі, розмірів та конкурентної позиції підприємства тощо. Цій проблемі у фаховій літературі приділяється велика увага.

Зокрема, Хассі Д. [5], базуючись на практичному досвіді та аналізі типових прорахунків при виборі стратегій, визначив перелік критеріїв, за допомогою яких можна перевірити чи немає в стратегічних альтернатив елементарних помилок (рис. 4).

Відомі фахівці стратегічного менеджменту А.А. Томпсон та А.Дж. Стрікленд [4] виділяють такі вимоги до стратегії:

- відповідність середовищу (умовам конкуренції, ринковим можливостям і загрозам, іншим аспектам зовнішнього середовища), при цьому стратегія має також враховувати сильні й слабкі сторони компанії, її компетентність, конкурентні можливості;
- забезпечення конкурентної переваги;
- ефективність, яка виражається через вдосконалення двох параметрів – прибутковості й зміцнення конкурентної та ринкової позицій.

Для оцінювання стратегічних альтернатив можна використовувати критерії матричного методу на основі МСС-matrix («відповідність місії – відповідність ключовим компетенціям») Дж. Ніколса [18].

Румельтом Р. [19] запропонована система критеріїв оцінювання стратегій, яка містить наступні вимоги:

- послідовність (стратегія не має містити суперечливих цілей і програм);



Рис. 3. Структура етапу ідентифікації та визначення вагових коефіцієнтів критеріїв оцінювання стратегічних альтернатив

Джерело: авторська розробка

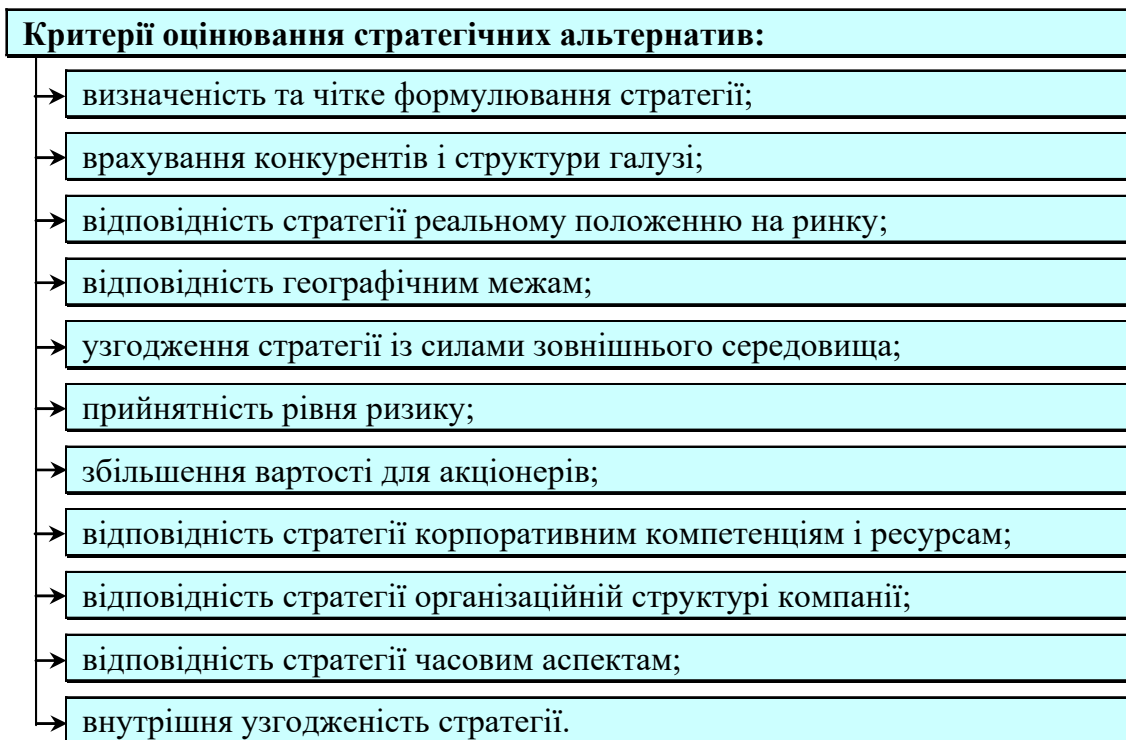


Рис. 4. Критерії перевірки та оцінювання стратегій за Д. Хассі

Джерело: сформовано автором на основі [5]

– узгодженість (стратегія має пропонувати адаптивну реакцію на зовнішнє середовище та важливі зміни, що відбуваються в ньому);  
 – здійснюваність (стратегія не має припускати надмірних витрат наявних ресурсів і вести до виникнення нерозв’язних проблем);

– перевага (стратегія має забезпечувати можливості для творчості і/чи підтримки конкурентної переваги в обраній сфері діяльності).

Автором [1] зроблено висновок, що стратегії мають оцінюватися не тільки з точки

зору їх спроможності використовувати наявні можливості, реагувати на існуючі загрози, вдосконалювати сильні сторони та посилювати слабкі, а й здатності реалізувати визначені стратегічні цілі підприємства.

**4.2.** На цьому кроці передбачається побудова кожним експертом матриці попарних порівнянь критеріїв оцінювання  $T_k = \|t_{ijk}\|_{m \times m}$  ( $k = \overline{1; K}$ ) із використанням лінгвістичної терм-множини (табл. 1):

$$T_k = \|t_{ijk}\|_{m \times m} = \begin{pmatrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_m \\ C_1 & t_{11k} & t_{12k} & \dots & t_{1mk} \\ C_2 & t_{21k} & t_{22k} & \dots & t_{2mk} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ C_m & t_{m1k} & t_{m2k} & \dots & t_{mmk} \end{pmatrix}.$$

**4.3.** Трансформацію матриць парних порівнянь з лінгвістичними оцінками  $T_k$  у матриці з нечіткими числами  $\tilde{F}_k$  ( $k = \overline{1; K}$ ) здійснюють на основі шкали відповідних нечітких триангулярних чисел (табл. 1). У результаті одержимо:

$$\tilde{F}_k = \|\tilde{f}_{ijk}\|_{m \times m} = \begin{pmatrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_m \\ C_1 & \tilde{f}_{11k} & \tilde{f}_{12k} & \dots & \tilde{f}_{1mk} \\ C_2 & \tilde{f}_{21k} & \tilde{f}_{22k} & \dots & \tilde{f}_{2mk} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ C_m & \tilde{f}_{m1k} & \tilde{f}_{m2k} & \dots & \tilde{f}_{mmk} \end{pmatrix}.$$

Зазначимо, що матриця  $\tilde{F}_k$  є обернено симетричною, тобто виконується рівність  $\tilde{f}_{ijk} = 1/\tilde{f}_{jik}$  для довільних  $i, j = \overline{1, m}$ .

**4.4.** З метою посилення узгодженості експертних міркувань пропонується використовувати метод Fuzzy Delphi [20], який за рахунок особливостей проведення процедури експертизи дає змогу зменшити розбіжності у міркуваннях експертів.

**4.5.** Для агрегування нечітких матриць  $\tilde{F}_k = \|\tilde{f}_{ijk}\|_{m \times m}$  ( $k = \overline{1, K}$ ) застосовується співвідношення (9):

$$\tilde{F} = \left\| \frac{1}{K} \bigoplus_{k=1}^K \tilde{f}_{ijk} \right\| = \left\| \left( \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K x_{ijk}; \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K y_{ijk}; \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K z_{ijk} \right) \right\| = \|(x_{ij}; y_{ij}; z_{ij})\|_{m \times m}. \quad (9)$$

Процедура застосування нечіткого методу аналізу ієрархій [17] потребує обчислення наступних нечітких чисел:

$$\tilde{g}_i = \left( \sqrt[m]{x_{i1} \times \dots \times x_{im}}; \sqrt[m]{y_{i1} \times \dots \times y_{im}}; \sqrt[m]{z_{i1} \times \dots \times z_{im}} \right) = (x_i; y_i; z_i), \quad i = \overline{1, m}.$$

Після цього необхідно розрахувати:

$$\tilde{h} = \tilde{g}_1 \oplus \tilde{g}_2 \oplus \dots \oplus \tilde{g}_m = (x_1 + x_2 + \dots + x_m;$$

$$y_1 + y_2 + \dots + y_m; z_1 + z_2 + \dots + z_m) = (h_x, h_y, h_z)$$

та  $(\tilde{h})^{-1} = \left( \frac{1}{h_z}; \frac{1}{h_y}; \frac{1}{h_x} \right)$ .

Нечіткі значення важливості критеріїв оцінювання одержимо на основі таких формул:

$$\tilde{W}_i = (x_i; y_i; z_i) \otimes \left( \frac{1}{h_z}; \frac{1}{h_y}; \frac{1}{h_x} \right) = \left( \frac{x_i}{h_z}; \frac{y_i}{h_y}; \frac{z_i}{h_x} \right) = (W_i^x; W_i^y; W_i^z).$$

Отримані значення вагових коефіцієнтів необхідно нормалізувати за допомогою наступного співвідношення:

$$\tilde{w}_i = \left( W_i^x / \sum_{j=1}^m \tilde{W}_i^{def}; W_i^y / \sum_{j=1}^m \tilde{W}_i^{def}; W_i^z / \sum_{j=1}^m \tilde{W}_i^{def} \right) = (w_i^x; w_i^y; w_i^z), \quad i = \overline{1; m},$$

де  $\tilde{W}_i^{def}$  – дефазифіковане значення  $\tilde{W}_i$ , яке знаходиться за формулою (8).

На етапі 5 експертами здійснюється попарне порівняння стратегічних альтернатив, визначених на етапі 2, за кожним критерієм оцінювання з метою обчислення їх пріоритетності за цими критеріями (рис. 5). Зазначимо, що ця процедура за структурою аналогічна, тій, що застосовується на етапі 4, тому в табл. 2 наводимо результати виконання кроків 5.1 – 5.3.

Зазначимо, що

$$\tilde{C}_{qk} = \|\tilde{a}_{ijk}^{C_q}\| = \|\alpha_{ijk}^{C_q}; \beta_{ijk}^{C_q}; \gamma_{ijk}^{C_q}\|,$$

де  $i, j = \overline{1; n}$ ,  $q = \overline{1; m}$ ;  $k = \overline{1; K}$ .

**5.4.** Агрегування нечітких матриць  $\tilde{C}_{q1}, \tilde{C}_{q2}, \dots, \tilde{C}_{qk}$  здійснюється за допомогою співвідношення (10):

$$\tilde{C}_q = \left\| \frac{1}{K} \bigoplus_{k=1}^K \tilde{a}_{ijk}^{C_q} \right\| = \left\| \left( \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \alpha_{ijk}^{C_q}; \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \beta_{ijk}^{C_q}; \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \gamma_{ijk}^{C_q} \right) \right\| = \|\alpha_{ij}^{C_q}; \beta_{ij}^{C_q}; \gamma_{ij}^{C_q}\|_{n \times n}, \quad (10)$$

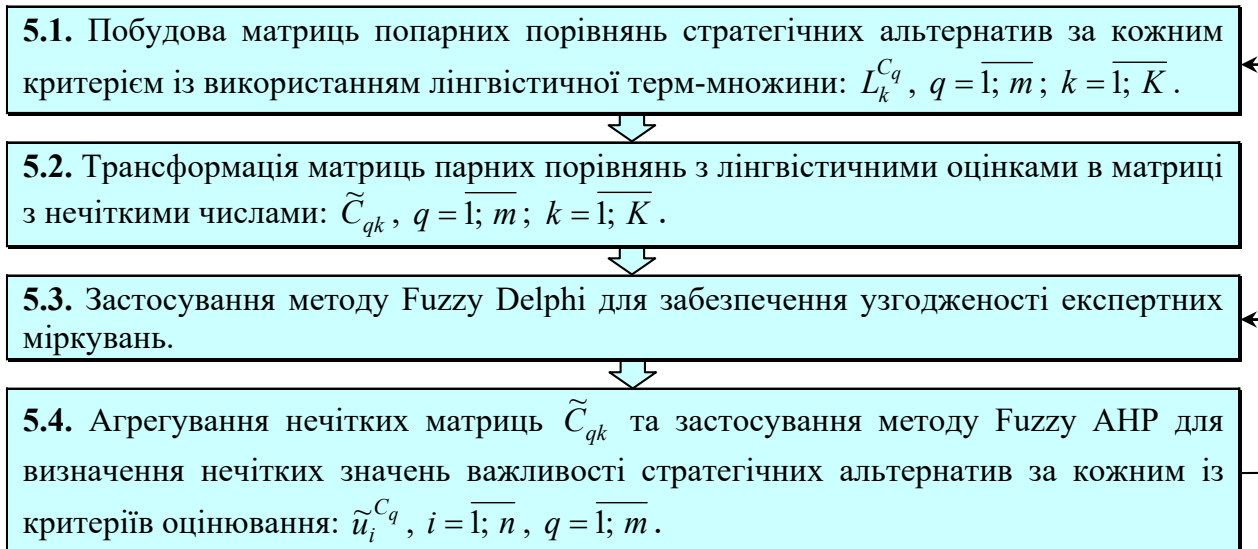


Рис. 5. Структура етапу визначення пріоритетності стратегічних альтернатив за критеріями оцінювання

Джерело: авторська розробка

Таблиця 2

Матриці парних лінгвістичних порівнянь стратегічних альтернатив за кожним критерієм оцінювання та відповідні їм нечіткі матриці

Критерій	Матриці парних лінгвістичних порівнянь стратегічних альтернатив	Нечіткі матриця парних порівнянь стратегічних альтернатив
$C_1$	$L_k^{C_1} = \begin{pmatrix} C_1 & S_1 & S_2 & \dots & S_n \\ S_1 & l_{11k}^{C_1} & l_{12k}^{C_1} & \dots & l_{1nk}^{C_1} \\ S_2 & l_{21k}^{C_1} & l_{22k}^{C_1} & \dots & l_{2nk}^{C_1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ S_n & l_{n1k}^{C_1} & l_{n2k}^{C_1} & \dots & l_{nkk}^{C_1} \end{pmatrix}$	$\tilde{C}_{1k} = \begin{pmatrix} C_1 & S_1 & S_2 & \dots & S_n \\ S_1 & \tilde{a}_{11k}^{C_1} & \tilde{a}_{12k}^{C_1} & \dots & \tilde{a}_{1nk}^{C_1} \\ S_2 & \tilde{a}_{21k}^{C_1} & \tilde{a}_{22k}^{C_1} & \dots & \tilde{a}_{2nk}^{C_1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ S_n & \tilde{a}_{n1k}^{C_1} & \tilde{a}_{n2k}^{C_1} & \dots & \tilde{a}_{nkk}^{C_1} \end{pmatrix}$
$C_2$	$L_k^{C_2} = \begin{pmatrix} C_2 & S_1 & S_2 & \dots & S_n \\ S_1 & l_{11k}^{C_2} & l_{12k}^{C_2} & \dots & l_{1nk}^{C_2} \\ S_2 & l_{21k}^{C_2} & l_{22k}^{C_2} & \dots & l_{2nk}^{C_2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ S_n & l_{n1k}^{C_2} & l_{n2k}^{C_2} & \dots & l_{nkk}^{C_2} \end{pmatrix}$	$\tilde{C}_{2k} = \begin{pmatrix} C_2 & S_1 & S_2 & \dots & S_n \\ S_1 & \tilde{a}_{11k}^{C_2} & \tilde{a}_{12k}^{C_2} & \dots & \tilde{a}_{1nk}^{C_2} \\ S_2 & \tilde{a}_{21k}^{C_2} & \tilde{a}_{22k}^{C_2} & \dots & \tilde{a}_{2nk}^{C_2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ S_n & \tilde{a}_{n1k}^{C_2} & \tilde{a}_{n2k}^{C_2} & \dots & \tilde{a}_{nkk}^{C_2} \end{pmatrix}$
...	...	...
$C_m$	$L_k^{C_m} = \begin{pmatrix} C_m & S_1 & S_2 & \dots & S_n \\ S_1 & l_{11k}^{C_m} & l_{12k}^{C_m} & \dots & l_{1nk}^{C_m} \\ S_2 & l_{21k}^{C_m} & l_{22k}^{C_m} & \dots & l_{2nk}^{C_m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ S_n & l_{n1k}^{C_m} & l_{n2k}^{C_m} & \dots & l_{nkk}^{C_m} \end{pmatrix}$	$\tilde{C}_{mk} = \begin{pmatrix} C_m & S_1 & S_2 & \dots & S_n \\ S_1 & \tilde{a}_{11k}^{C_m} & \tilde{a}_{12k}^{C_m} & \dots & \tilde{a}_{1nk}^{C_m} \\ S_2 & \tilde{a}_{21k}^{C_m} & \tilde{a}_{22k}^{C_m} & \dots & \tilde{a}_{2nk}^{C_m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ S_n & \tilde{a}_{n1k}^{C_m} & \tilde{a}_{n2k}^{C_m} & \dots & \tilde{a}_{nkk}^{C_m} \end{pmatrix}$



Далі для кожної матриці  $\tilde{C}_q$  розрахуємо нечіткі числа:

$$\tilde{s}_i^{C_q} = \left( \sqrt[n]{\alpha_{i1}^{C_q} \times \dots \times \alpha_{in}^{C_q}}; \sqrt[n]{\beta_{i1}^{C_q} \times \dots \times \beta_{in}^{C_q}}; \sqrt[n]{\gamma_{i1}^{C_q} \times \dots \times \gamma_{in}^{C_q}} \right) = (\alpha_i^{C_q}; \beta_i^{C_q}; \gamma_i^{C_q}),$$

$$q = \overline{1; m}; i = \overline{1, n}.$$

Після цього обчислимо

$$\begin{aligned} \tilde{r}^{C_q} &= \tilde{s}_1^{C_q} \oplus \tilde{s}_2^{C_q} \oplus \dots \oplus \tilde{s}_n^{C_q} = \\ &= (\alpha_1^{C_q} + \alpha_2^{C_q} + \dots + \alpha_n^{C_q}; \\ &\beta_1^{C_q} + \beta_2^{C_q} + \dots + \beta_n^{C_q}; \gamma_1^{C_q} + \gamma_2^{C_q} + \dots + \gamma_n^{C_q}) = \\ &(r_\alpha^{C_q}; r_\beta^{C_q}; r_\gamma^{C_q}) \text{ та } (\tilde{r}^{C_q})^{-1} = \left( \frac{1}{r_\gamma^{C_q}}; \frac{1}{r_\beta^{C_q}}; \frac{1}{r_\alpha^{C_q}} \right). \end{aligned}$$

Нечіткі значення пріоритетності стратегічних альтернатив за кожним критерієм оцінювання одержимо на основі таких співвідношень:

$$\begin{aligned} \tilde{U}_i^{C_q} &= (\alpha_i^{C_q}; \beta_i^{C_q}; \gamma_i^{C_q}) \otimes \left( \frac{1}{r_\gamma^{C_q}}; \frac{1}{r_\beta^{C_q}}; \frac{1}{r_\alpha^{C_q}} \right) = \\ &= \left( \frac{\alpha_i^{C_q}}{r_\gamma^{C_q}}; \frac{\beta_i^{C_q}}{r_\beta^{C_q}}; \frac{\gamma_i^{C_q}}{r_\alpha^{C_q}} \right) = (U_{xi}^{C_q}; U_{yi}^{C_q}; U_{zi}^{C_q}). \end{aligned}$$

Після застосування формул нормалізації (11), одержимо шукані нечіткі значення пріоритетності стратегічних альтернатив за кожним критерієм оцінювання:

$$\begin{aligned} \tilde{u}_i^{C_q} &= \left( U_{xi}^{C_q} / \sum_{j=1}^n (\tilde{U}_j^{C_q})^{def}; \right. \\ &\left. U_{yi}^{C_q} / \sum_{j=1}^n (\tilde{U}_j^{C_q})^{def}; U_{zi}^{C_q} / \sum_{j=1}^n (\tilde{U}_j^{C_q})^{def} \right) = \\ &= (u_{xi}^{C_q}; u_{yi}^{C_q}; u_{zi}^{C_q}) \end{aligned} \quad (11)$$

де  $(\tilde{U}_j^{C_q})^{def}$  – дефазифіковане за формулою (8) значення  $\tilde{U}_j^{C_q}$ ,  $i = \overline{1; n}$ ,  $q = \overline{1; m}$ .

**Етап 6.** Для ранжування стратегічних альтернатив скористаємося принципами Белмана-Заде [21], які для даного дослідження переформулюємо таким чином:

Принцип 1. Критерії розглядаються як нечіткі множини, що задані на універсальних множинах варіантів (стратегічних альтернатив) за допомогою функцій належності, причому одержані вагові коефіцієнти критеріїв враховуються як степеневі концен-

трації відповідних функцій належності стратегічних альтернатив.

Принцип 2. Ранжування варіантів здійснюється на основі перетину нечітких множин критеріїв, що відповідає відомій у теорії прийняття рішень схемі Белмана-Заде.

Відповідно до цих принципів побудуємо нечіткі множини критеріїв:

$$\begin{aligned} \tilde{C}_1^* &= \left\{ \frac{(\tilde{u}_1^{C_1})^{\tilde{w}_1^{def}}}{S_1}; \frac{(\tilde{u}_2^{C_1})^{\tilde{w}_1^{def}}}{S_2}; \dots; \frac{(\tilde{u}_n^{C_1})^{\tilde{w}_1^{def}}}{S_n} \right\}; \\ \tilde{C}_2^* &= \left\{ \frac{(\tilde{u}_1^{C_2})^{\tilde{w}_2^{def}}}{S_1}; \frac{(\tilde{u}_2^{C_2})^{\tilde{w}_2^{def}}}{S_2}; \dots; \frac{(\tilde{u}_n^{C_2})^{\tilde{w}_2^{def}}}{S_n} \right\}; \\ \tilde{C}_m^* &= \left\{ \frac{(\tilde{u}_1^{C_m})^{\tilde{w}_m^{def}}}{S_1}; \frac{(\tilde{u}_2^{C_m})^{\tilde{w}_m^{def}}}{S_2}; \dots; \frac{(\tilde{u}_n^{C_m})^{\tilde{w}_m^{def}}}{S_n} \right\}. \end{aligned}$$

Оскільки в теорії нечітких множин операції перерізу відповідає  $\min$ , то позначивши

$$\mu(S_i) = \left( \min_{j=1, \dots, m} (\tilde{u}_i^{C_j})^{\tilde{w}_j^{def}} \right)^{def},$$

одержимо нечітку множину рішень:

$$D = \left\{ \frac{\mu(S_1)}{S_1}; \frac{\mu(S_2)}{S_2}; \dots; \frac{\mu(S_n)}{S_n} \right\}.$$

Згідно з отриманою множиною  $D$  ранжування стратегічних альтернатив здійснюється на основі величини ступеня належності стратегічних альтернатив (чим більше значення, тим більший пріоритет має стратегічна альтернатива).

Для практичної реалізації методичного підходу в обчислювальній системі Matlab (пакет Fuzzy Logic Toolbox) розроблено фреймворк, який дає змогу проводити дослідження впливу вихідних даних на кінцевий результат ранжування. Даний фреймворк містить чотири блоки:  $B_1$  – блок уведення експертної інформації щодо відносної переважності критеріїв при їх парному порівнянні та стратегічних альтернатив за цими критеріями у вигляді лінгвістичних оцінок з подальшою трансформацією у відповідні нечіткі матриці,  $B_2$  – блок обчислення вагових коефіцієнтів критеріїв оцінювання,  $B_3$  – блок обчислення нечітких значень пріоритетності стратегічних альтернатив за цими критеріями та  $B_4$  – блок знаходження перетину одержаних нечітких множин за схемою Белмана-Заде.

**Висновки і пропозиції.** Проблема оцінювання та вибору альтернативних стратегій для досягнення стратегічних цілей є важливою і актуальною в практиці стратегічного управління кожного підприємства. Вона також є досить складною і багатоаспектною, оскільки потребує врахування впливу комбінованої дії різноманітних чинників та вимог, значної кількості критеріїв та нечітких оцінок за ними. Розроблений методичний підхід дає змогу вищому керівництву підприємства визначити пріоритетність розроблених стратегій за наявності лише якісної інформації щодо відносної переважності критеріїв оцінювання й стратегічних альтернатив. Він може бути використаний як і основний метод стратегічного вибору, так і як комплементарний до класичних інструментів з метою підвищення достовірності одержаних результатів.

Подальші розвідки за даною темою можуть бути спрямовані на апробацію даного методичного підходу для підприємств різних галузей шляхом адаптації системи критеріїв оцінювання альтернативних стратегій до особливостей досліджуваних галузей.

### Література:

1. Балан В.Г. Нечітка модель оцінювання та вибору стратегій на основі модифікації квантитативної матриці стратегічного планування. *Проблеми системного підходу в економіці*. 2020. Випуск 3(77). С. 85–93. DOI: <https://doi.org/10.32782/2520-2200/2020-3-12>
2. Ансофф И. Стратегическое управление. Москва : Экономика, 1989. 519 с.
3. Грант Р.М. Современный стратегический анализ: 5-е изд. СПб. : Питер, 2008. 560 с.
4. Томпсон А.А., Стрикленд А.Дж. Стратегический менеджмент: концепции и ситуации для анализа. Москва : Издательский дом «Вильямс», 2006. 928 с.
5. Хасси Д. Стратегия и планирование. СПб. : Питер, 2008. 560 с.
6. Фляйшер К., Бенсуссан Б. Стратегический и конкурентный анализ. Методы и средства конкурентного анализа в бизнесе. Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. 541 с.
7. David M.E., David F.R. The Quantitative Strategic Planning Matrix (QSPM) Applied to a Retail Computer Store. *The Coastal Business Journal*. 2009. Vol. 8 (1). P. 42–52. DOI: <https://doi.org/10.1080/0965254X.2016.1148763>
8. Zadeh L.A. Fuzzy Sets as a Basis for a Theory of Possibility. *Fuzzy Sets and Systems*. Vol. 1. № 1. P. 89–100.
9. Mohammadi A., Mohammadi Ab., Zarifpayam S.V., Mohammadi M. Presentation of Fuzzy Models of EFE, IFE and QSPM. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. 2011. Vol. 5(12). P. 1173–1179.
10. Nasab H.H., Milani A.S. An improvement of quantitative strategic planning matrix using multiple criteria decision making and fuzzy numbers. *Applied Soft Computing*. 2012. Vol. 12. P. 2246–2253.

11. Nasab H.H. An Application of Fuzzy numbers in Quantitative Strategic Planning Method with MCDM / Proceedings of the 2012 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management. Istanbul. 2012. P. 555–561.
12. Jeyaraj K.L., Muralidharan C., Senthilvelan T., Deshmukh S.G. A hybrid business strategy selection process for a Textile company using SWOT and fuzzy ANP – a case study. *International Journal of Management*. 2012. Vol. 3. № 2. P. 124–143.
13. Fouladgar M., Yazdani-Chamzini A., Yakhchali S. A new methodology for prioritizing mining strategies. *International Journal of Innovation, Management and Technology*. 2011. Vol. 2. № 4. P. 342–347. DOI: <https://doi.org/10.7763/IJIMT.2011.V2.156>.
14. Jafari A., Jafarian M., Zareei A., Zaerpoor F. Using Fuzzy Delphi Method in Maintenance Strategy Selection Problem. *Journal of Uncertain Systems*. 2008. Vol. 2(4). P. 289–298.
15. Матвійчук А.В. Штучний інтелект в економіці: нейронні мережі, нечітка логіка : монографія. Київ: КНЕУ, 2011. 439 с.
16. Van Leekwijck W., Kerre E.E. Defuzzification: criteria and classification, *Fuzzy Sets and Systems*. 1999. Vol. 108(2). P. 159–178. [https://doi.org/10.1016/S0165-0114\(97\)00337-0](https://doi.org/10.1016/S0165-0114(97)00337-0).
17. Chang D.Y. Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research*. 1996. Vol. 95 (3). P. 649–655. DOI: [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(95\)00300-2](https://doi.org/10.1016/0377-2217(95)00300-2)
18. Nicholls J. The MCC decision matrix: a tool for applying strategic logic to everyday activity. *Management decision*. 1995. Vol. 33. № 6. P. 4–10.
19. Rumelt R.P. Strategy, Structure, and Economic Performance. Boston : Harvard Business School Press, 1974. 235 p.
20. Chang P.T., Huang L.C., Lin H.J. The fuzzy Delphi via fuzzy statistics and membership function fitting and an application to human resources. *Fuzzy Sets and Systems*. 2000. Vol. 112. P. 511–520. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0165-0114\(98\)00067-0](https://doi.org/10.1016/S0165-0114(98)00067-0).
21. Bellman R.E., Zadeh L.A. Decision-Making in Fuzzy Environment. *Management Science*. 1970. Vol. 17. № 4. P. 141–160.

### References:

1. Balan V.H. (2020) Nechitka model' otsiniuvannia ta vyboru stratehij na osnovi modyfikatsii kvantytatynnoi matrytsi stratehichnoho planuvannia [Fuzzy model of evaluation and selection of strategies based on modification of the quantitative strategic planning matrix]. *Problemy systemnoho pidk-hodu v ekonomitsi*, no. 3(77), pp. 85–93. DOI: <https://doi.org/10.32782/2520-2200/2020-3-12>
2. Ansoff I. (1989) Strategicheskoe upravlenie [Strategic management]. Moscow: Jekonomika, 519 p. (in Russian)
3. Grant R.M. (2008) Sovremennyj strategicheskij analiz: 5-e izd. [Contemporary strategy analysis: fifth edition]. SPb: Piter, 560 p. (in Russian)
4. Tompson A.A., Striklend A.Dzh. (2006) Strategicheskij menedzhment: koncepcii i situacii dlja analiza [Strategic management: concepts and cases]. Moscow: Izdatel'skij dom «Vil'jams», 928 p. (in Russian)
5. Hassi D. (2008) Strategija i planirovanie [Strategy and planning]. SPb.: Piter, 560 p. (in Russian)
6. Fljajsher K., Bensussan B. (2005) Strategicheskij i konkurentnyj analiz. Metody i sredstva konkurentnogo analiza v biznese [Strategic and Competitive Analysis. Methods and Techniques for Analyzing Business Competition]. Moscow: BINOM. Laboratorija znaniy, 541 p. (in Russian)
7. David, M. E., David F. R. (2009) The Quantitative Strategic Planning Matrix (QSPM) Applied to a Retail Computer Store.

- The Coastal Business Journal*, vol. 8, no. 1, pp. 42–52. DOI: <https://doi.org/10.1080/0965254X.2016.1148763>
8. 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.
  9. Mohammadi A., Mohammadi Ab., Zarifpayam S.V., Mohammadi M. (2011) Presentation of Fuzzy Models of EFE, IFE and QSPM. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, vol. 5(12), pp. 1173–1179.
  10. Nasab H. H., Milani A. S. (2012) An improvement of quantitative strategic planning matrix using multiple criteria decision making and fuzzy numbers. *Applied Soft Computing*, vol. 12, pp. 2246–2253.
  11. Nasab H.H. (2012) An Application of Fuzzy numbers in Quantitative Strategic Planning Method with MCDM / Proceedings of the 2012 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management. Istanbul, pp. 555–561.
  12. Jeyaraj K.L., Muralidharan C., Senthilvelan T., Deshmukh S.G. (2012) A hybrid business strategy selection process for a Textile company using SWOT and fuzzy ANP – a case study. *International Journal of Management*, vol. 3, no. 2, pp. 124–143.
  13. Fouladgar M., Yazdani-Chamzini A., Yakhchali S. (2011) A new methodology for prioritizing mining strategies. *International Journal of Innovation, Management and Technology*, vol. 2, no. 4, pp. 342–347.
  14. Jafari A., Jafarian M., Zareei A., Zaerpour F. (2008) Using Fuzzy Delphi Method in Maintenance Strategy Selection Problem. *Journal of Uncertain Systems*, vol. 2(4), pp. 289–298.
  15. Matvijchuk A.V. (2011) Shtuchnyj intelekt v ekonomitsi: nejronni merezhi, nechitka lohika : monohrafia [Artificial intelligence in economics: neural networks, fuzzy logic: a monograph]. Kyiv: KNEU, 439 p. (in Ukrainian)
  16. Van Leekwijck W., Kerre E.E. (1999) Defuzzification: criteria and classification. *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 108(2), pp. 159–178. [https://doi.org/10.1016/S0165-0114\(97\)00337-0](https://doi.org/10.1016/S0165-0114(97)00337-0)
  17. Chang D.Y. (1996) Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research*, vol. 95 (3), pp. 649–655.
  18. Nicholls J. (1995) The MCC decision matrix: a tool for applying strategic logic to everyday activity. *Management decision*, vol. 33, no 6, pp. 4–10.
  19. Rumelt R.P. (1974) Strategy, Structure, and Economic Performance. Boston: Harvard Business School Press, 235 p.
  20. Chang P.T., Huang L.C., Lin H.J. (2000) The fuzzy Delphi via fuzzy statistics and membership function fitting and an application to human resources. *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 112, pp. 511–520. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0165-0114\(98\)00067-0](https://doi.org/10.1016/S0165-0114(98)00067-0)
  21. Bellman R.E., Zadeh L.A. (1970) Decision-Making in Fuzzy Environment. *Management Science*, vol. 17, no 4, pp.141–160.

**Аннотация.** В статье предлагается методический подход к оценке и выбору стратегических альтернатив предприятия на основе их приоритетизации с помощью инструментов нечеткой логики и нечеткого многокритериального анализа. Данный подход базируется на применении нечеткого метода анализа иерархий (Fuzzy AHP) с соответствующими терм-множеством парных сравнений вариантов, треугольными нечеткими числами и треугольными функциями принадлежности для определения важности критериев оценки и для вычисления значений приоритетности стратегических альтернатив по этим критериям. С целью обеспечения согласованности оценок экспертов предлагается использование метода Fuzzy Delphi. Вычисления интегрального значения уровня приоритетности стратегических альтернатив осуществляется на основе схемы Беллмана-Заде. Разработанный методический подход позволяет высшему руководству предприятия определить важность разработанных стратегических альтернатив и расширяет возможности традиционных методов стратегического выбора.

**Ключевые слова:** стратегическое планирование, нечеткая логика, лингвистические переменные, терм-множество, Fuzzy AHP.

**Summary.** The paper developed a methodical approach to the evaluation and selection of strategic alternatives to businesses based on their prioritization using the tools of fuzzy multi-criteria analysis and fuzzy logic. This approach is based on the use of fuzzy Analytic Hierarchy Process (Fuzzy AHP) with a certain term, set for paired comparisons variants and corresponding triangular fuzzy numbers. Evaluation criteria are considered as fuzzy sets defined on universal sets of options (strategic alternatives) using membership functions. Membership functions of fuzzy sets are defined based on expert information on the pairwise comparisons of alternatives using the fuzzy Saaty scale. To ensure the consistency of expert estimates, it is proposed to use the Fuzzy Delphi method. To determine the importance of the evaluation criteria and to calculate fuzzy values priority strategic alternatives for these criteria using the procedure Fuzzy AHP method. The resulting weights of criteria are considered as an appropriate degree of concentration membership functions. The calculation of the integral value of the priority level of strategic alternatives is carried out based on the Bellman-Zade scheme known in the theory of decision-making. For practical implementation of the methodological approach in the Matlab computer system (Fuzzy Logic Toolbox package), a framework is developed, which contains four main blocks: a block of input of expert information on the relative superiority of criteria in pairwise comparison and strategic alternatives to these criteria, a block of calculating weights, criteria a block for calculating fuzzy values of the priority of strategic alternatives according to these criteria and a block for finding the intersection of the obtained fuzzy sets according to the Bellman-Zade scheme. Defuzzification of the obtained fuzzy values is carried out based on the CoA method (Center of Area method). This framework allows you to perform simulations depending on the input data obtained from experts. The developed methodological approach allows the top management of the enterprise to determine the priority of the developed strategies in the presence of only qualitative information on the relative superiority of evaluation criteria and strategic alternatives and expands the possibilities of classical methods of strategic choice.

**Keywords:** strategic planning, fuzzy logic, linguistic variables, term-set, Fuzzy AHP.