

ЗАСТОСУВАННЯ ДИНАМІЧНОГО НЕЧІТКОГО SPACE-АНАЛІЗУ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ СТРАТЕГІЙ ПІДПРИЄМСТВА

В. Г. Балан

Київський національний університет імені Тараса Шевченка
вул. Васильківська, 90а, м. Київ, 03022, Україна
ORCID: 0000-0002-1577-0636, E-mail: balan_v_g@ukr.net

У статті розроблена методика формування стратегій підприємства (його підрозділів – стратегічних бізнес-одиниць (СБО)) за допомогою динамічного SPACE-аналізу із застосуванням теорії нечітких множин, зокрема методів нечіткого багатокритеріального аналізу. Методичний інструментарій стратегічного планування вдосконалено шляхом урахування нечіткості інформації щодо вхідних даних, одержаних від експертів як на етапі визначення вагових коефіцієнтів критеріїв оцінювання, так і при отриманні оцінок за критеріями для поточного та прогнозованого станів підприємства. Зазначено, що для оптимізації системи часткових критеріїв за кожним із узагальнених критеріїв оцінювання стратегічних бізнес-одиниць є доцільним застосування Fuzzy DEMATEL-методу. Для визначення нечітких значень вагових коефіцієнтів часткових критеріїв розроблені три розрахункові схеми: з використанням алгоритмів Fuzzy SMART-методу, нечіткого методу аналізу ієрархій (FAHP) та Fuzzy DEMATEL-методу. Для обчислення нечітких значень рівня кожної СБО за узагальненими критеріями застосовується метод нечіткого простого адитивного зважування (Fuzzy SAW). У випадку суттєвого розходження експертних оцінок для їх узгодження пропонується використовувати Fuzzy Delphi-метод. Для наочного представлення стратегічної позиції кожної СБО в поточному та прогнозованому станах побудовані відповідні вектори стратегій. Уточнення стратегічних позицій бізнес-одиниць підприємства здійснюється за допомогою α -перерізів. На основі аналізу одержаних траєкторій (S-векторів) та суперпозицій базових траєкторій «руху» для кожної стратегічної бізнес-одиниці сформовані відповідні стратегічні рекомендації. З метою практичного застосування запропонованого алгоритму розроблено фреймворк, який здійснює трансформацію лінгвістичних експертних оцінок у нечіткі числа, реалізує повною мірою розрахункову схему і дає змогу провести імітаційне моделювання залежно від коригувань міркувань експертів. Проведено апробацію розробленої методики для вітчизняного підприємства енергетичної галузі. Дана методика може бути використана у стратегічному плануванні діяльності підприємства як інструмент портфельного аналізу в якості основного чи комплементарного підходу.

Ключові слова: стратегія підприємства, динамічний нечіткий SPACE-аналіз, теорія нечітких множин, нечіткий метод аналізу ієрархій, нечітке просте адитивне зважування

APPLICATION OF DYNAMIC FUZZY SPACE-ANALYSIS FOR FORMING ENTERPRISE STRATEGIES

Valeriy Balan

Taras Shevchenko National University of Kyiv
90a Vasylykivska Str., Kyiv, 03022, Ukraine

ORCID: 0000-0002-1577-0636, E-mail: balan_v_g@ukr.net

The article develops a method of forming strategies for the enterprise (its divisions – strategic business units (SBU)) using dynamic SPACE-analysis based on fuzzy set theory, in particular, methods of fuzzy multicriteria analysis. The methodological tools of strategic planning have been improved by considering the vagueness of information related to the input data obtained from experts both at the stage of determining the weights of evaluation criteria and in getting estimates of criteria of the current and predicted state of the enterprise. It is noted that to optimize the system of partial criteria for each of the generalized evaluation criteria of strategic business units, it is advisable to use the Fuzzy DEMATEL method. To determine the fuzzy values of the weights of partial criteria, three calculation schemes have been developed: using the algorithms of the Fuzzy SMART method, the Fuzzy Analytic Hierarchy Process method (FAHP) and the Fuzzy DEMATEL method. The Fuzzy SAW method is used to calculate the fuzzy values of the state of each SBU according to generalized criteria. The Fuzzy Delphi method is proposed to be used in case of significant differences in expert evaluation to concordance them. Strategy vectors have been constructed to visualize the strategic position of each SBU in the current and predicted states. Clarification of the strategic positions of the enterprise's business units is carried out using α -cuts. Strategic recommendations are formed on the basis of the analysis of the received trajectories (S-vectors) and superposition of basic trajectories of "movement" for each strategic business unit. For the purpose of practical application of the proposed algorithm, a framework has been developed that transforms linguistic expert evaluations into fuzzy numbers, fully implements the calculation scheme, and allows realizing simulation modeling depending on the adjustments of expert opinions. Approbation of the developed methodology was carried out at the Ukrainian enterprise of the energy branch. This technique can be used in the enterprise's strategic planning as a tool of portfolio analysis as a primary or complementary approach.

Keywords: *enterprise strategy, dynamic Fuzzy SPACE-analysis, fuzzy set theory, Fuzzy Analytic Hierarchy Process, Fuzzy SAW*

JEL Classification: C51, C63, D04

Вступ

Стратегічне управління підприємством (його підрозділами, стратегічними бізнес-одинацями – СБО) з напрацьованим нині потужним методичним інструментарієм (стратегічного аналізу, стратегічного планування та стратегічного контролю) є невід’ємною складовою забезпечення конкурентоспроможності підприємства та досягнення ним успіху в довгостроковій перспективі. Особливо воно є актуальним у контексті змін умов функціонування сучасних підприємств, пов’язаних із посиленням невизначеності, турбулентності та складності зовнішнього середовища, з наявними тенденціями і загрозами. Відповідно до цього виникає нагальна потреба у трансформації та вдосконаленні методів ведення бізнесу, прийнятті управлінських рішень менеджментом компаній, у суттєвій модернізації класичного інструментарію управління з урахуванням сучасних технологій моделювання, досвіду та напрацювань теоретиків і практиків, задіяних у розбудові фундаментальних засад менеджменту організацій. На думку професора Вігліньського В. В. «... це потребує залучення відповідного економіко-математичного інструментарію, зокрема, топології, функціонального аналізу, теорії нечітких (розпливчастих) множин, а також відповідних інформаційних технологій, що дало б змогу із загальних концептуальних позицій здійснити опис як кількісно, так і якісно поданої інформації щодо об’єктів і процесів, ураховуючи семантичні модальності інформаційних одиниць, нечіткість даних, мультиплікативний вплив чинників невизначеності та конфліктності, синергетичні ефекти, вплив різних видів і типів ризику на його інтегральну оцінку, а також суб’єктивного чинника та низку інших аспектів, які підвищують адекватність і точність відповідних оцінок, прогнозів, планів і рішень» [27, с. 32].

Вищесказане найбільшою мірою стосується стратегічного менеджменту, при застосуванні класичних моделей якого найчастіше використовуються детерміновані підходи, які привносять визначеність у ситуації, які насправді характеризуються неточністю, «розмитістю» та нечіткістю тих чи інших параметрів. Це може слугувати причиною серйозних стратегічних помилок, прорахунків і невдач, оскільки стратегічне управління

найбільшою мірою спрямоване у майбутнє, яке характеризується неясністю, невизначеністю та неоднозначністю, має непередбачуваний характер [3]. На думку видатного вченого і фахівця стратегічного менеджменту І. Ансоффа навіть «стратегії ... існують або як ідеї, або як розмите уявлення про загальну ціль фірми, ... як правило, далеке від чіткого формулювання» [1, с. 34].

Одним із найбільш важливих етапів у стратегічному процесі є формування стратегічних альтернатив розвитку підприємства чи його стратегічних бізнес-одиниць (СБО). Окрім методологічних питань вибору інструментарію стратегічного планування, цей етап характеризується наявністю низки проблемних моментів, пов'язаних як з його феноменологічними особливостями (нечіткість експертних оцінок, вплив різноманітних внутрішніх і зовнішніх чинників, невизначеності та ризиків), так і когнітивними бар'єрами, що виникають через лінгвістичні розбіжності, особливості систем індивідуальних міркувань та уподобань експертів, а також відмінності у їх професійному досвіді. Врахування цих аспектів потребує застосування нечітких технологій і систем, перевагою яких є їхня здатність обробляти лінгвістичну інформацію та враховувати експертні знання [21]. Дійсно, методи та моделі теорії нечітких множин та нечіткої логіки мають високу здатність до врахування експертних даних, до якісного, вербального опису параметрів, що аналізуються, є достатньо гнучкими для встановлення закономірностей між показниками такої природи.

Отже, можна зробити висновок, що розгляд можливостей вдосконалення класичного інструментарію стратегічного планування на основі врахування розпливчастості та нечіткості вхідної інформації, розробка нових інструментів, інноваційних підходів у стратегічному управлінні відповідно до сучасних викликів є нагальною необхідністю.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Вагомий внесок у розробку теоретико-методичних засад стратегічного планування й, зокрема, одного з найбільш відповідальних його етапів – етапу стратегічного аналізу та формування стратегій, зроблено зарубіжними й вітчизняними фахівцями та вченими: І. Ансоффом [1], Т. Віліном, Дж. Хангером, А. Хофманом та С. Бемфордом [28], Р. Грантом [14], Д. Далала, М. Хаяйне та Ф. Батієга [8],

А. Томпсоном та А. Стріклендом [26], К. Фляйшером і Б. Бенсуссаном [10] та іншими.

Сучасним трендом методології стратегічного планування діяльності підприємств є застосування досить потужного інструментарію економіко-математичного моделювання на основі теорії нечітких множин та нечіткої логіки [4, 18, 29]. У даному огляді літературних джерел зробимо акцент на працях, присвячених застосуванню нечітких підходів у стратегічному плануванні діяльності підприємства, й зокрема формуванню його стратегій.

А. Сантос-Кабальєро та Дж. Хіл Лафуенте [24] для стратегічного аналізу зовнішнього оточення та внутрішнього середовища підприємства й формування його стратегій пропонують інтегральний підхід на основі застосування Fuzzy-SWOT-аналізу та методу Fuzzy-Delphi. Використовується триангулярне та трапецієвидне представлення нечітких чисел. У статті [11] для аналізу внутрішніх і зовнішніх факторів також застосовується нечіткий підхід (шляхом залучення нечітких функцій належності), причому представлений алгоритм дає змогу визначити пріоритети та виділити найбільш значущі стратегії підприємства. У [22] обґрунтовується доцільність застосування теорії нечітких множин (зокрема t-норм) для розв'язання проблеми матричного аналізу бізнес-портфеля у стратегічному управлінні підприємством. У дослідженні [20] розроблена інтегрована структура, яка включає нечітку теорію у стратегічний вибір на основі матриці General Electric – McKinsey. Ця структура надає менеджерам гнучку, розширювану та інтерактивну систему підтримки прийняття рішень для управління бізнес-портфелем підприємства.

Досить цікавий підхід було запропоновано авторами [12], де набір стратегій підприємства сформовано на основі значень функції належності до тієї чи іншої області побудованої матриці портфельного аналізу. Особливу увагу приділено як визначенню менш очевидних правил у таблиці нечітких правил, так і формі функцій належності. В статті [16] також зроблений акцент на визначенні оптимальних параметрів функцій належності при формуванні інвестиційної стратегії підприємства в рамках портфельної теорії.

Однак, незважаючи на суттєві досягнення та прогрес в області застосування інструментарію стратегічного планування на нечітко-множинній основі, існують прогалини, що стосуються проблем розробки стратегій підприємства чи його стратегічних підрозділів.

Метою статті є розробка методичного підходу до формування стратегічних рекомендацій діяльності підприємства на основі інструментів нечітко-множинної теорії з урахуванням нечіткості інформації, одержаної від фахівців і експертів, а також апробація цього підходу для формування стратегій розвитку вітчизняного підприємства енергетичної галузі.

Виклад основного матеріалу

Методичним базисом запропонованого автором підходу є інструментарій стратегічного планування діяльності підприємства, зокрема етапів стратегічного аналізу та формування стратегічних альтернатив (матриця SPACE-аналізу), теорія нечітких множин та нечіткого багатокритеріального аналізу. Розглянемо детальніше основні складові методичного забезпечення даного дослідження.

Матриця SPACE-аналізу [23] – це інструмент стратегічного планування, який використовується для аналізу поточної позиції підприємства чи його стратегічних бізнес-одиниць та формулювання стратегічних рекомендацій для них (рис. 1).

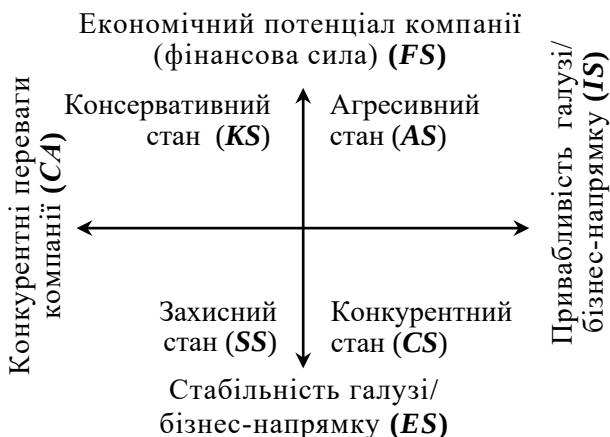


Рис. 1. Матриця SPACE-аналізу

Класична модель SPACE-аналізу має низку недоліків, зокрема:

- наявність лише досить загальних стратегічних рекомендацій щодо подальшого розвитку підприємства (чи його СБО) і відповідних заходів;

- відсутність динамічного аналізу, який би давав змогу використовувати не тільки оцінки для поточного стану підприємства, а й прогнози їх значення (зокрема для різноманітних сценаріїв майбутнього);

- неможливість врахування нечіткості, «розмитості» експертних оцінок (застосування точних оцінок може призвести до серйозних помилок та стратегічних прорахунків).

Приклади застосування матриці SPACE-аналізу наведено у працях [13, 15, 25].

У авторській праці [2] запропоноване суттєве вдосконалення класичного підходу, яке базується на застосуванні динамічного аналізу та формуванні переліку стратегічних рекомендацій для базових траєкторій СБО, причому стратегія для кожної бізнес-одиниці визначається на основі суперпозиції цих рекомендацій. З метою врахування можливих сценаріїв майбутнього запропонована методика динамічної моделі SPACE-аналізу підприємства на основі сценарного підходу.

У даному дослідженні для вирішення поставлених завдань вдосконалення інструментарію стратегічного планування передбачається застосування інструментів теорії нечітких множин, зокрема методів нечіткого багатокритеріального аналізу Fuzzy SAW, Fuzzy SMART, нечіткого методу аналізу ієрархій Fuzzy ANP [5] та Fuzzy DEMATEL-методу [9]. Зазначимо, що операції над нечіткими числами (розглядається їх представлення у триангулярній формі) здійснюються за допомогою так званих «м'яких» обчислень. Розглянемо деякі важливі співвідношення та твердження теорії нечітких множин, які будуть корисними при розв'язанні завдань даного дослідження.

Нехай $\tilde{A} = (a_1; a_2; a_3)$ та $\tilde{B} = (b_1; b_2; b_3)$ – нечіткі числа, записані в триангулярному вигляді, тоді

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

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

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

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

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

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

Зазначимо, що для $\tilde{A} = (a_1; a_2; a_3)$ функція належності буде мати наступний вигляд:

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 0, & x < a_1; \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & x \in [a_1; a_2]; \\ \frac{x - a_3}{a_2 - a_3}, & x \in [a_2; a_3]; \\ 0, & x > a_3. \end{cases}$$

Дефазифіковане значення цього нечіткого числа відповідно до методу CoA [19] обчислюється за формулою:

$$\text{def}(\tilde{A}) = \frac{(a_3 - a_1) + (a_2 - a_1)}{3} + a_1. \quad (7)$$

Будемо використовувати також такі позначення:

$$\bigoplus_{i=1}^n \tilde{A}^i = \tilde{A}^1 \oplus \tilde{A}^2 \oplus \dots \oplus \tilde{A}^n \quad \text{та} \quad \bigotimes_{i=1}^n \tilde{A}^i = \tilde{A}^1 \otimes \tilde{A}^2 \otimes \dots \otimes \tilde{A}^n.$$

Розроблений автором методичний підхід до формування стратегій підприємства на основі інструментарію нечіткої-множинної теорії містить етапи, представлені на рис. 2.

Етап 1 передбачає формування експертної групи з фахівців підприємства та зовнішніх експертів, відібраних на проблемно-орієнтованій основі (наявність відповідних компетенцій, спрямованість на теоретичні й практичні аспекти стратегічного аналізу підприємств, знання логіки підприємництва та логіко-причинних зв'язків галузі).

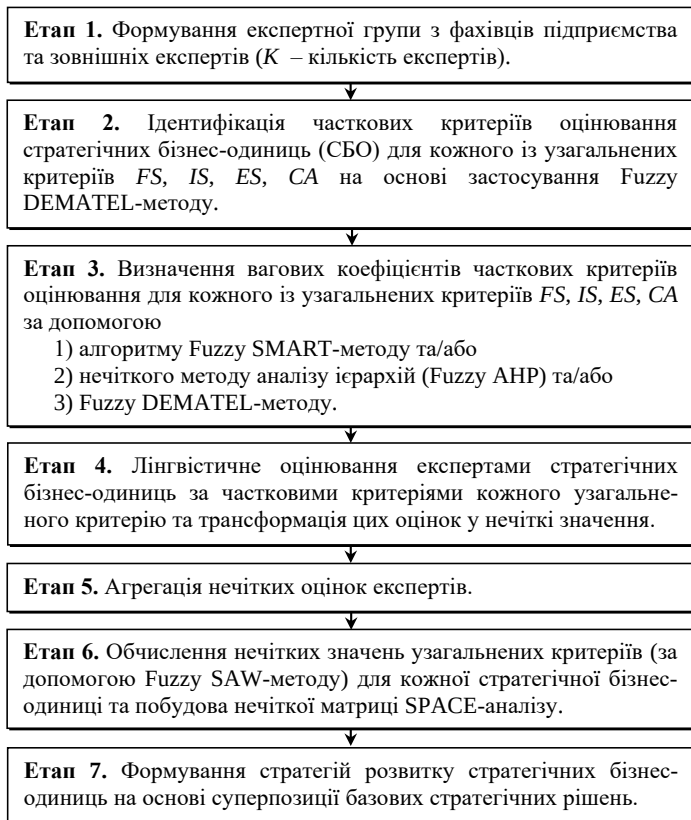


Рис. 2. Етапи застосування динамічного Fuzzy SPACE-аналізу підприємства

На **етапі 2** необхідно ідентифікувати часткові критерії оцінювання для кожного із узагальнених критеріїв SPACE-аналізу. Даний етап здійснюється експертною групою з урахуванням особливостей галузі (сегменту ринку), у якій функціонує підприємство. Він є найбільш важливим із точки зору створення бази процедури оцінювання, оскільки перелік критеріїв має задовольняти низці вимог, основними з яких є повнота, мінімальність та вимірюваність [17]. Слід зазначити, що з цією метою доцільним є використання Fuzzy DEMATEL-методу [9], який дає змогу оптимізувати структуру критеріїв шляхом редукції

вихідної множини часткових критеріїв за рахунок видалення залежних та менш важливих (рис. 3). Окрім цього існує можливість обчислити вагові коефіцієнти (важливості) цих часткових критеріїв, що буде розглянуто на наступному етапі в одній із розрахункових схем.

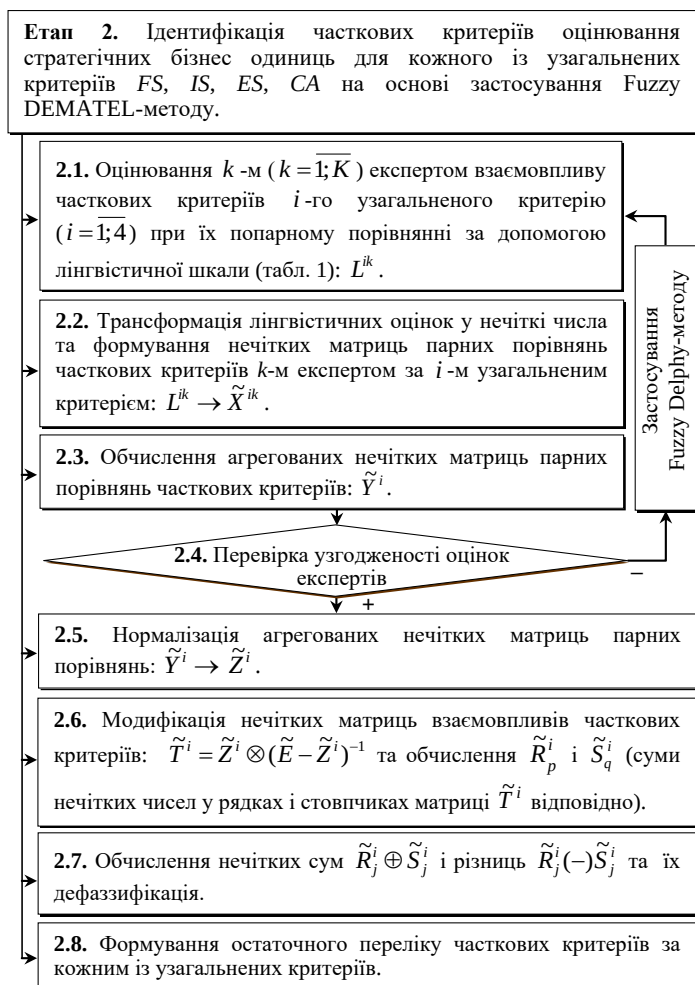


Рис. 3. Алгоритм застосування Fuzzy DEMATEL-методу при формуванні множин часткових критеріїв оцінювання СБО

Позначимо через C^i ($i=1;2;3;4$) початкові множини часткових критеріїв, сформовані експертами за узагальненими критеріями FS , IS , ES , CA , причому $i=1$: FS – фінансова сила підприємства (бізнес-одиниці); $i=2$: IS – привабливість галузі (сектора); $i=3$: ES – стабільність галузі (сектора); $i=4$: CA – конкурентоспроможність підприємства (бізнес-одиниці)), тобто $C^1 = C^{FS} = \{C_1^{FS}; C_2^{FS}; \dots; C_{M^{FS}}^{FS}\}$; $C^2 = C^{IS} = \{C_1^{IS}; C_2^{IS}; \dots; C_{M^{IS}}^{IS}\}$; $C^3 = C^{ES} = \{C_1^{ES}; C_2^{ES}; \dots; C_{M^{ES}}^{ES}\}$; $C^4 = C^{CA} = \{C_1^{CA}; C_2^{CA}; \dots; C_{M^{CA}}^{CA}\}$, де $M^{FS} = M^1$, $M^{IS} = M^2$, $M^{ES} = M^3$, $M^{CA} = M^4$ – кількості часткових критеріїв у початкових множинах відповідних узагальнених критеріїв.

Метою даного етапу є отримання оптимізованих множин часткових критеріїв, які задовольняють зазначеним вище вимогам.

2.1. Оцінювання взаємовпливу часткових критеріїв для кожного з узагальнених критеріїв при попарному порівнянні здійснюється за шкалою нечіткої моделі DEMATEL (табл. 1), яка є модифікацією шкали, запропонованої в [9].

Таблиця 1

НЕЧІТКА ЛІНГВІСТИЧНА ШКАЛА ТА ВІДПОВІДНІ
ТРИАНГУЛЯРНІ НЕЧІТКІ ЧИСЛА

Лінгвістичні терми оцінювання рівня впливу	Позначення	Триангулярне нечітке число
Надзвичайно низький	EL	(0; 0; 1)
Дуже низький	VL	(0; 1; 2)
Низький	L	(1; 2; 3)
Помірний	M	(2; 3; 4)
Високий	H	(3; 4; 5)
Дуже високий	VH	(4; 5; 6)
Надзвичайно високий	EH	(5; 6; 6)

Графічне представлення функцій належності представлених у табл. 1 термів наведено на рис. 4.

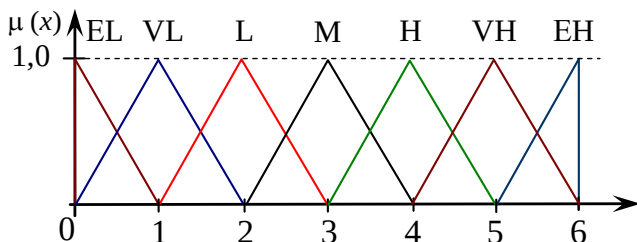


Рис. 4. Терми та відповідні трикутні функції належності

У підсумку одержимо матриці $L^{ik} = \|l_{pq}^{ik}\|_{M^i \times M^i}$, які представляють лінгвістичні оцінки взаємовпливів часткових критеріїв, одержані k -м експертом за i -м узагальненим критерієм.

2.2. Результатом переведення лінгвістичних оцінок експертів у нечіткі числа за шкалою, наведеною у табл. 1, будуть нечіткі матриці оцінювання взаємовпливів часткових критеріїв $\tilde{X}^{ik} = \|\tilde{x}_{pq}^{ik}\|_{M^i \times M^i}$, одержані k -м експертом за i -м узагальненим критерієм, причому $\tilde{x}_{pq}^{ik} = (a_{pq}^{ik}; b_{pq}^{ik}; c_{pq}^{ik})$; $p, q = 1, 2, \dots, M^i$.

2.3. Агрегація нечітких матриць парних порівнянь часткових критеріїв $\tilde{X}^{ik} = \|\tilde{x}_{pq}^{ik}\|_{M^i \times M^i} \rightarrow \tilde{Y}^i = \|\tilde{y}_{pq}^i\|_{M^i \times M^i}$, причому $\tilde{y}_{pq}^i = (a_{pq}^i; b_{pq}^i; c_{pq}^i)$ обчислюється за формулою [7]:

$$a_{pq}^i = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K a_{pq}^{ik}; \quad b_{pq}^i = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K b_{pq}^{ik}; \quad c_{pq}^i = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K c_{pq}^{ik}. \quad (8)$$

2.4. Перевірка узгодженості оцінок експертів та застосування процедури методу Fuzzy Delphy [6] в разі їх неузгодженості. У якості критерію узгодженості може бути використане задане граничне значення відхилення від середнього по групі експертів.

2.5. Нормалізація одержаних агрегованих нечітких матриць: $\tilde{Y}^i = \|\tilde{y}_{pq}^i\|_{M^i \times M^i} \rightarrow \tilde{Z}^i = \|\tilde{z}_{pq}^i\|_{M^i \times M^i}$. Для цього використовується

співвідношення: $\tilde{Z}^i = s^i \times \tilde{Y}^i$, де s^i – коефіцієнт нормалізації, що обчислюється за формулою:

$$s^i = \min \left[1 / \max_{1 \leq p \leq M^i} \sum_{q=1}^{M^i} c_{pq}^i ; 1 / \max_{1 \leq q \leq M^i} \sum_{p=1}^{M^i} c_{pq}^i \right]. \quad (9)$$

Отже, одержимо нечіткі матриці $\tilde{Z}^i = \|\tilde{z}_{pq}^i\|_{M^i \times M^i}$, де $\tilde{z}_{pq}^i$ нечіткі числа, представлені в триангулярній формі $\tilde{z}_{pq}^i = (\alpha_{pq}^i; \beta_{pq}^i; \gamma_{pq}^i)$. Відповідно до цього нечітку матрицю $\tilde{Z}^i$ можна представити у вигляді суперпозиції трьох матриць з чіпкими (crisp) значеннями Z_α^i , Z_β^i та Z_γ^i :

$$Z_\alpha^i = \begin{bmatrix} \alpha_{11}^i & \dots & \alpha_{1n_i}^i \\ \vdots & \dots & \vdots \\ \alpha_{n_i1}^i & \dots & \alpha_{n_i n_i}^i \end{bmatrix}; Z_\beta^i = \begin{bmatrix} \beta_{11}^i & \dots & \beta_{1n_i}^i \\ \vdots & \dots & \vdots \\ \beta_{n_i1}^i & \dots & \beta_{n_i n_i}^i \end{bmatrix}; Z_\gamma^i = \begin{bmatrix} \gamma_{11}^i & \dots & \gamma_{1n_i}^i \\ \vdots & \dots & \vdots \\ \gamma_{n_i1}^i & \dots & \gamma_{n_i n_i}^i \end{bmatrix}.$$

2.6. Відповідно до алгоритму Fuzzy DEMATEL-методу далі необхідно модифікувати матриці Z_α^i , Z_β^i , Z_γ^i . Для цього кожен з цих матриць перетворимо таким чином:

$$T_\alpha^i = Z_\alpha^i \times (E - Z_\alpha^i)^{-1}; T_\beta^i = Z_\beta^i \times (E - Z_\beta^i)^{-1}; T_\gamma^i = Z_\gamma^i \times (E - Z_\gamma^i)^{-1}. \quad (10)$$

У результаті одержимо нечіткі матриці:

$$\tilde{T}^i = \tilde{Z}^i \times (\tilde{E} - \tilde{Z}^i)^{-1} = \|\tilde{t}_{pq}^i\|_{M^i \times M^i}, \quad (11)$$

де $\tilde{E} = \left\| \begin{pmatrix} (1;1;1) & (0;0;0) & \dots & (0;0;0) \\ (0;0;0) & (1;1;1) & \dots & (0;0;0) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ (0;0;0) & (0;0;0) & \dots & (1;1;1) \end{pmatrix} \right\|$ – нечітка одинична матриця.

Після цього необхідно обчислити суми нечітких чисел у рядках

$$\tilde{R}_p^i = \bigoplus_{q=1}^{M^i} \tilde{t}_{pq}^i \quad \text{і стовпчиках} \quad \tilde{S}_q^i = \bigoplus_{p=1}^{M^i} \tilde{t}_{pq}^i \quad \text{нечіткої матриці} \quad \tilde{T}^i$$

($i=1; 2; 3; 4$), які відображають рівні інтегральних взаємовпливів часткових критеріїв для кожного i -го узагальненого критерію як сукупність прямих й опосередкованих впливів та залежностей між ними.

2.7. Далі розраховуємо нечіткі суми $\tilde{R}_j^i \oplus \tilde{S}_j^i$ та різниці $\tilde{R}_j^i(-)\tilde{S}_j^i$ та здійснюємо дефазифікацію цих нечітких чисел, використовуючи CoA-метод [19] за формулою (7).

2.8. Для унаочнення отриманих результатів можна побудувати карту, на якій на горизонтальній осі відображається $def(\tilde{R}_j^i \oplus \tilde{S}_j^i)$, а на вертикальній осі $def(\tilde{R}_j^i(-)\tilde{S}_j^i)$, причому якщо $def(\tilde{R}_j^i(-)\tilde{S}_j^i) > 0$, тоді j -й частковий критерій впливає на інші, а якщо $def(\tilde{R}_j^i(-)\tilde{S}_j^i) < 0$, тоді він є залежним від них.

Далі відповідно до методології Fuzzy DEMATEL-підходу можна сформулювати остаточний перелік часткових критеріїв для кожного із узагальнених критеріїв, отримавши такі множини:

$$c^1 = c^{FS} = \{c_1^{FS}; c_2^{FS}; \dots; c_{N^{FS}}^{FS}\}, N^{FS} \leq M^{FS};$$

$$c^2 = c^{IS} = \{c_1^{IS}; c_2^{IS}; \dots; c_{N^{IS}}^{IS}\}, N^{IS} \leq M^{IS};$$

$$c^3 = c^{ES} = \{c_1^{ES}; c_2^{ES}; \dots; c_{N^{ES}}^{ES}\}, N^{ES} \leq M^{ES};$$

$$c^4 = c^{CA} = \{c_1^{CA}; c_2^{CA}; \dots; c_{N^{CA}}^{CA}\}, N^{CA} \leq M^{CA}.$$

Множини часткових критеріїв для кожного із узагальнених критеріїв, які в даному дослідженні використовуються у SPACE-аналізі вітчизняного підприємства ДТЕК енергетичної галузі, наведені в табл. 2.

Таблиця 2

УЗАГАЛЬНЕНІ ТА ЧАСТКОВІ КРИТЕРІЇ SPACE-АНАЛІЗУ ПІДПРИЄМСТВА

FS (Financial Strength):	IS (Industry Strength):
FS_1 – платоспроможність підприємства	IS_1 – рівень прибутку
FS_2 – рентабельність інвестицій	IS_2 – темпи зростання ринку,
FS_3 – фінансова автономія	IS_3 – стадія життєвого циклу галузі
FS_4 – рентабельність власного капіталу	IS_4 – стан конкуренції в галузі
FS_5 – рівень фінансового ризику	IS_5 – залежність розвитку галузі від кон'юнктури
FS_6 – структура заборгованості	IS_6 – рівень державного впливу на галузь
FS_7 – здатність до підвищення рівня капіталізації і залучення коштів	IS_7 – ефективність використання ресурсів
ES (Environmental Stability):	CA (Competitive Advantage):
ES_1 – стабільність прибутку,	CA_1 – частка ринку
ES_2 – бар'єри входу на ринок	CA_2 – конкурентоспроможність продукції/послуг
ES_3 – рівень технологічних змін (частота оновлення)	CA_3 – рентабельність капіталу
ES_4 – інтенсивність інноваційної діяльності	CA_4 – можливість впливу на рівень цін та витрат
ES_5 – маркетингові та рекламні можливості	CA_5 – чиста рентабельність виробництва
ES_6 – ступінь впливу іноземного капіталу	CA_6 – здатність до інтеграції
ES_7 – рівномірність забезпечення послугами різних територій	CA_7 – використання основних виробничих фондів

Виконання **етапу 3** передбачає визначення вагових коефіцієнтів часткових критеріїв оцінювання виділених бізнес-одиниць підприємства. Для цього можна скористатися такими розрахунковими схемами:

1. На основі застосування алгоритму Fuzzy SMART-методу. Для цього необхідно зробити декілька кроків.

Крок 1. Лінгвістичне оцінювання кожним із K експертів важливості часткових критеріїв оцінювання СБО. Для цього можна скористатися такою терм-множиною: $T = \{\text{надзвичайно низька} - \text{Extremely Low (EL)}; \text{дуже низька} - \text{Very Low (VL)}; \text{низька} - \text{Low (L)}; \text{середня} - \text{Medium (M)}; \text{висока} - \text{High (H)}; \text{дуже висока} - \text{Very High (VH)}; \text{надзвичайно висока} - \text{Extremely High (EH)}\}$. Кожний із визначених термів задається нечіткими числами в триангулярному вигляді на відрізку $[0; 6]$ з відповідними трикутними функціями належності – EL: $(0; 0; 1)$; VL: $(0; 1; 2)$; L: $(1; 2; 3)$; M: $(2; 3; 4)$; H: $(3; 4; 5)$; VH: $(4; 5; 6)$; EH: $(5; 6; 6)$.

Зокрема, для терма «середня важливість часткового критерію» функція належності задається формулою

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x < 2; \\ x - 2, & x \in [2; 3]; \\ 4 - x, & x \in [3; 4]; \\ 0, & x > 4. \end{cases}$$

Таким чином одержимо лінгвістичні оцінки важливості часткових критеріїв:

$$\begin{aligned} &lv_{jk}^{FS} (j=1, \dots, N^{FS}), \quad lv_{jk}^{IS} (j=1, \dots, N^{IS}), \\ &lv_{jk}^{ES} (j=1, \dots, N^{ES}), \quad lv_{jk}^{CA} (j=1, \dots, N^{CA}), \\ &k=1, 2, \dots, K. \end{aligned}$$

Крок 2. Трансформація лінгвістичних оцінок експертів у нечіткі триангулярні числа:

$$lv_{jk}^{FS} \rightarrow \tilde{v}_{jk}^{FS}; \quad lv_{jk}^{IS} \rightarrow \tilde{v}_{jk}^{IS}; \quad lv_{jk}^{ES} \rightarrow \tilde{v}_{jk}^{ES}; \quad lv_{jk}^{CA} \rightarrow \tilde{v}_{jk}^{CA}.$$

Крок 3. Агрегація нечітких оцінок експертів за формулами:

$$\tilde{v}_j^{FS} = \frac{1}{K} \bigoplus_{k=1}^K \tilde{v}_{jk}^{FS} = (\alpha_j^{FS}; \beta_j^{FS}; \gamma_j^{FS});$$

$$\tilde{v}_j^{IS} = \frac{1}{K} \bigoplus_{k=1}^K \tilde{v}_{jk}^{IS} = (\alpha_j^{IS}; \beta_j^{IS}; \gamma_j^{IS});$$

$$\tilde{v}_j^{ES} = \frac{1}{K} \bigoplus_{k=1}^K \tilde{v}_{jk}^{ES} = (\alpha_j^{ES}; \beta_j^{ES}; \gamma_j^{ES});$$

$$\tilde{v}_j^{CA} = \frac{1}{K} \bigoplus_{k=1}^K \tilde{v}_{jk}^{CA} = (\alpha_j^{CA}; \beta_j^{CA}; \gamma_j^{CA}).$$

У даному дослідженні для встановлення лінгвістичних оцінок важливості часткових критеріїв було залучено 5 експертів. Їх результати оцінювання кожного часткового критерію та розрахунків агрегованих нечітких оцінок згідно із запропонованим підходом наведені в табл. 3–6.

Таблиця 3

ЕКСПЕРТНІ ЛІНГВІСТИЧНІ ОЦІНКИ ВАЖЛИВОСТІ ЧАСТКОВИХ КРИТЕРІЇВ ОЦІНЮВАННЯ «ФІНАНСОВОЇ СИЛИ» ТА ЇХ АГРЕГОВАНІ НЕЧІТКІ ОЦІНКИ

	Часткові критерії	Оцінки експертів					Агреговані нечіткі оцінки
		E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	
FS	c_1^{FS}	VH	EH	H	H	VH	(3,0; 4,8; 5,6)
	c_2^{FS}	H	H	VH	M	H	(3,0; 4,0; 5,0)
	c_3^{FS}	H	VH	H	VH	H	(3,4; 4,4; 5,4)
	c_4^{FS}	H	VH	H	H	VH	(3,4; 4,4; 5,4)
	c_5^{FS}	M	M	H	H	M	(2,4; 3,4; 4,4)
	c_6^{FS}	L	M	M	L	M	(1,4; 2,2; 3,0)
	c_7^{FS}	M	M	M	H	H	(2,0; 2,8; 3,6)

Таблиця 4

ЕКСПЕРТНІ ЛІНГВІСТИЧНІ ОЦІНКИ ВАЖЛИВОСТІ ЧАСТКОВИХ КРИТЕРІЇВ ОЦІНЮВАННЯ
«ПРИВАБЛИВОСТІ ГАЛУЗЬ» ТА ЇХ АГРЕГОВАНІ НЕЧІТКІ ОЦІНКИ

	Часткові критерії	Оцінки експертів					Агреговані нечіткі оцінки
		E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	
IS	c_1^{IS}	VH	EH	H	EH	VH	(4,2; 5,2; 5,8)
	c_2^{IS}	H	VH	H	VH	H	(3,4; 4,4; 5,4)
	c_3^{IS}	M	H	M	M	H	(2,4; 3,4; 4,4)
	c_4^{IS}	H	VH	H	H	VH	(3,4; 4,4; 5,4)
	c_5^{IS}	M	M	H	M	M	(2,2; 3,2; 4,2)
	c_6^{IS}	L	M	M	L	M	(1,6; 2,6; 3,6)
	c_7^{IS}	H	H	M	H	M	(2,6; 3,6; 4,6)

Таблиця 5

ЕКСПЕРТНІ ЛІНГВІСТИЧНІ ОЦІНКИ ВАЖЛИВОСТІ ЧАСТКОВИХ КРИТЕРІЇВ ОЦІНЮВАННЯ
«СТАБІЛЬНОСТІ ГАЛУЗЬ» ТА ЇХ АГРЕГОВАНІ НЕЧІТКІ ОЦІНКИ

	Часткові критерії	Оцінки експертів					Агреговані нечіткі оцінки
		E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	
ES	c_1^{ES}	VH	EH	H	VH	VH	(3,2; 4,2; 5,8)
	c_2^{ES}	M	H	H	M	M	(2,4; 3,4; 4,4)
	c_3^{ES}	H	H	VH	M	H	(3,0; 4,0; 5,0)
	c_4^{ES}	VH	VH	H	H	VH	(3,6; 4,6; 5,6)
	c_5^{ES}	H	H	H	M	M	(2,6; 3,6; 4,6)
	c_6^{ES}	M	M	M	L	M	(1,8; 2,8; 3,8)
	c_7^{ES}	L	L	M	L	M	(1,4; 2,4; 3,4)

Таблиця 6

ЕКСПЕРТНІ ЛІНГВІСТИЧНІ ОЦІНКИ ВАЖЛИВОСТІ ЧАСТКОВИХ КРИТЕРІЇВ ОЦІНЮВАННЯ
«КОНКУРЕНТНОЇ СИЛИ» ТА ЇХ АГРЕГОВАНІ НЕЧІТКІ ОЦІНКИ

	Часткові критерії	Оцінки експертів					Агреговані нечіткі оцінки
		E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	
CA	c_1^{CA}	EH	VH	VH	EH	VH	(4,4; 5,4; 6,0)
	c_2^{CA}	VH	VH	H	VH	H	(3,6; 4,6; 5,6)
	c_3^{CA}	H	H	M	M	H	(2,6; 3,6; 4,6)
	c_4^{CA}	M	M	M	H	M	(2,2; 3,2; 4,2)
	c_5^{CA}	M	M	H	H	M	(2,4; 3,4; 4,4)
	c_6^{CA}	M	H	H	M	M	(2,4; 3,4; 4,4)
	c_7^{CA}	M	M	H	L	H	(2,2; 3,2; 4,2)

Крок 4. Дефазифікація одержаних значень вагових коефіцієнтів за формулою (7) та їх нормалізація:

$$w_j^{FS} = \text{def}(\tilde{v}_j^{FS}) / \sum_{t=1}^{N^{FS}} \text{def}(\tilde{v}_t^{FS}); \quad j=1, \dots, N^{FS};$$

$$w_j^{IS} = \text{def}(\tilde{v}_j^{IS}) / \sum_{t=1}^{N^{IS}} \text{def}(\tilde{v}_t^{IS}); \quad j=1, \dots, N^{IS};$$

$$w_j^{ES} = \text{def}(\tilde{v}_j^{ES}) / \sum_{t=1}^{N^{ES}} \text{def}(\tilde{v}_t^{ES}); \quad j=1, \dots, N^{ES};$$

$$w_j^{CA} = \text{def}(\tilde{v}_j^{CA}) / \sum_{t=1}^{N^{CA}} \text{def}(\tilde{v}_t^{CA}); \quad j=1, \dots, N^{CA}.$$

2. На основі Fuzzy АНР-методу. Проілюструємо застосування даного методу для визначення нечітких значень вагових коефіцієнтів часткових критеріїв для узагальненого критерію *FS*. Для інших критеріїв (*IS*, *ES*, *CA*) використовується аналогічна процедура.

Крок 1. Парні порівняння часткових критеріїв на основі нечіткої шкали відносної важливості (табл. 7) з використанням відповідних функцій належності (рис. 5). Зазначимо, що нечіткі числа представляються в триангулярній формі.

Таблиця 7

ШКАЛА ПЕРЕВЕДЕННЯ ЛІНГВІСТИЧНИХ ТЕРМІВ У НЕЧІТКІ ТРИАНГУЛЯРНІ ЧИСЛА

Лінгвістичні терми для визначення відносної важливості критеріїв (i-го критерію з j-м)	Позн.	$\tilde{a}_{ij}$	$\tilde{a}_{ji}$
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 у межах між E та M	E_M	(1; 2; 3)	(1/3; 1/2; 1)
Перевага у межах між M та S	M_S	(3; 4; 5)	(1/5; 1/4; 1/3)
Сильна перевага у межах між S та VS	S_VS	(5; 6; 7)	(1/7; 1/6; 1/5)
Дуже сильна перевага у межах між VS та ES	VS_ES	(7; 8; 9)	(1/9; 1/8; 1/7)

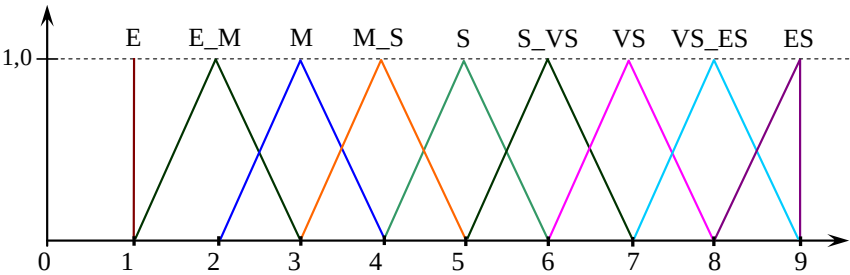


Рис. 5. Функції належності термів Fuzzy АНР-методу

Таким чином одержимо матриці лінгвістичних оцінок парних порівнянь часткових критеріїв кожного експерта.

Крок 2. Переведення лінгвістичних оцінок кожного експерта у нечіткі числа в триангулярному представленні. На даному етапі здійснюється побудова нечітких матриць

$$\tilde{W}_k^{FS} = \|(a_{ijk}^{FS}; b_{ijk}^{FS}; c_{ijk}^{FS})\|_{N^{FS} \times N^{FS}}.$$

Крок 3. Агрегація нечітких матриць, одержаних на основі лінгвістичних оцінок, за допомогою співвідношення:

$$\begin{aligned} \tilde{W}^{FS} &= \|r_{ij}^{FS}\|_{N^{FS} \times N^{FS}} = \left\| \left(\frac{1}{K} \sum_{k=1}^K a_{ijk}^{FS}; \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K b_{ijk}^{FS}; \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K c_{ijk}^{FS} \right) \right\| = \\ &= \|(a_{ij}^{FS}; b_{ij}^{FS}; c_{ij}^{FS})\|_{N^{FS} \times N^{FS}}. \end{aligned}$$

Крок 4. На цьому кроці здійснюють розрахунок нечітких вагових коефіцієнтів часткових критеріїв. Відповідно до методології ФАНР для одержаної матриці $\tilde{W}^{FS} = \|r_{ij}^{FS}\|_{N^{FS} \times N^{FS}}$ необхідно розрахувати нечіткі числа:

$$\begin{aligned} \tilde{s}_i^{FS} &= ({}^{N^{FS}}\sqrt{a_{i1}^{FS} \times \dots \times a_{iN^{FS}}^{FS}}; {}^{N^{FS}}\sqrt{b_{i1}^{FS} \times \dots \times b_{iN^{FS}}^{FS}}; \\ &{}^{N^{FS}}\sqrt{c_{i1}^{FS} \times \dots \times c_{iN^{FS}}^{FS}}) = (a_i^{FS}; b_i^{FS}; c_i^{FS}), \quad i = 1, 2, \dots, N^{FS}. \end{aligned}$$

Далі необхідно обчислити $\tilde{r}^{FS} = \tilde{s}_1^{FS} \oplus \dots \oplus \tilde{s}_{N^{FS}}^{FS} =$
 $= (a_1^{FS} + \dots + a_{N^{FS}}^{FS}; b_1^{FS} + \dots + b_{N^{FS}}^{FS}; c_1^{FS} + \dots + c_{N^{FS}}^{FS}) = (r_a^{FS}; r_b^{FS}; r_c^{FS})$ та
 $(\tilde{r}^{FS})^{-1} = (1/r_c^{FS}; 1/r_b^{FS}; 1/r_a^{FS}).$

Нечіткі коефіцієнти важливості часткових критеріїв оцінювання за критерієм «фінансова сила» одержимо на основі таких співвідношень:

$$\tilde{V}_j^{FS} = (a_j^{FS}; b_j^{FS}; c_j^{FS}) \otimes \left(\frac{1}{r_c^{FS}}; \frac{1}{r_b^{FS}}; \frac{1}{r_a^{FS}} \right) =$$

$$= \left(\frac{a_j^{FS}}{r_c^{FS}}; \frac{b_j^{FS}}{r_b^{FS}}; \frac{c_j^{FS}}{r_a^{FS}} \right) = (x_j^{FS}; y_j^{FS}; z_j^{FS}), \quad j=1, \dots, N^{FS}.$$

Крок 5. Нормалізація цих значень за формулою

$$\begin{aligned} \tilde{w}_j^{FS} &= \left(x_j^{FS} / \sum_{k=1}^{N_{FS}} def(\tilde{V}_k^{FS}); y_j^{FS} / \sum_{k=1}^{N_{FS}} def(\tilde{V}_k^{FS}); z_j^{FS} / \sum_{k=1}^{N_{FS}} def(\tilde{V}_k^{FS}) \right) = \\ &= (\alpha_j^{FS}; \beta_j^{FS}; \gamma_j^{FS}), \quad j=1, 2, \dots, N^{FS}, \end{aligned}$$

де $def(\tilde{V}_k^{FS})$ – дефаззифіковане значення $\tilde{V}_k^{FS}$, яке обчислюється за формулою (7).

Діючи аналогічним чином для узагальнених критеріїв IS , ES , CA , одержимо нечіткі вагові коефіцієнти їх часткових критеріїв:

$$\tilde{w}_j^{IS} = (\alpha_j^{IS}; \beta_j^{IS}; \gamma_j^{IS}), \quad j=1, 2, \dots, N^{IS};$$

$$\tilde{w}_j^{ES} = (\alpha_j^{ES}; \beta_j^{ES}; \gamma_j^{ES}), \quad j=1, 2, \dots, N^{ES};$$

$$\tilde{w}_j^{CA} = (\alpha_j^{CA}; \beta_j^{CA}; \gamma_j^{CA}), \quad j=1, 2, \dots, N^{CA}.$$

Застосовуючи формулу (7), можна одержати відповідні дефаззифіковані значення w_j^{FS} , w_j^{ES} , w_j^{IS} , w_j^{CA} .

3. На основі результатів застосування Fuzzy DEMATEL-методу, одержаних на етапі 2. Для обчислення вагових коефіцієнтів часткових критеріїв окрім самих значень $def(\tilde{R}_j^i \oplus \tilde{S}_j^i)$, які розглядаються у багатьох працях як величини, що визначають важливість відповідних критеріїв, у [8] пропонується використовувати такі формули розрахунку:

$$w_j^{FS} = \sqrt{(def(\tilde{R}_j^{FS} \oplus \tilde{S}_j^{FS}))^2 + (def(\tilde{R}_j^{FS}(-)\tilde{S}_j^{FS}))^2};$$

$$w_j^{IS} = \sqrt{(def(\tilde{R}_j^{IS} \oplus \tilde{S}_j^{IS}))^2 + (def(\tilde{R}_j^{IS}(-)\tilde{S}_j^{IS}))^2};$$

$$w_j^{ES} = \sqrt{(\text{def}(\tilde{R}_j^{ES} \oplus \tilde{S}_j^{ES}))^2 + (\text{def}(\tilde{R}_j^{ES}(-)\tilde{S}_j^{ES}))^2};$$

$$w_j^{CA} = \sqrt{(\text{def}(\tilde{R}_j^{CA} \oplus \tilde{S}_j^{CA}))^2 + (\text{def}(\tilde{R}_j^{CA}(-)\tilde{S}_j^{CA}))^2}.$$

Етап 4 передбачає оцінювання стратегічних бізнес-одиниць підприємства за визначеними частковими критеріями. Для цього пропонується використовувати більш деталізовану терм-множину [7]: $T_1 = \{\text{вкрай низький рівень} - \text{Extremely Low (EL)}; \text{дуже низький} - \text{Very Low (VL)}; \text{низький} - \text{Low (L)}; \text{низький-середній} - \text{Low-Medium (LM)}; \text{середній} - \text{Medium (M)}; \text{високий-середній} - \text{High-Medium (HM)}; \text{високий} - \text{High (H)}; \text{дуже високий} - \text{Very High (VH)}; \text{надзвичайно високий} - \text{Extremely High (EH)}\}$. Відповідні трикутні функції належності – EL: (0; 0; 1); VL: (0; 1; 2); L: (1; 2; 3); LM: (2; 3; 4); M: (3; 4; 5); MH: (4; 5; 6); H: (5; 6; 7); VH: (6; 7; 8); EH: (7; 8; 8), що зображені на рис. 6.

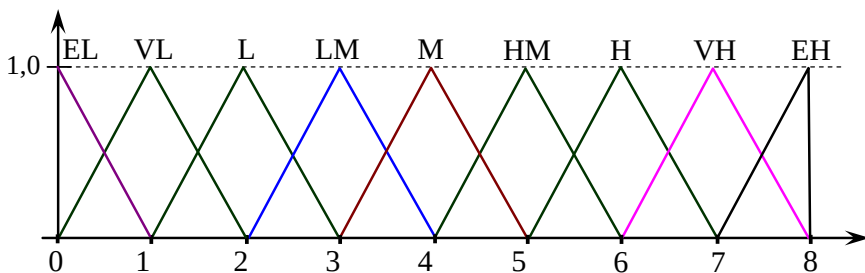


Рис. 6. Функції належності термів лінгвістичного оцінювання СБО за частковими критеріями

Результати лінгвістичного оцінювання стратегічних бізнес-одиниць досліджуваного підприємства ДТЕК: СБО₁ – ДТЕК RENEWABLES (відновлювана енергетика) та СБО₂ – ДТЕК ENERGY (видобуток та збагачення вугілля, генерація електроенергії) наведені в табл. 8 та 9.

Таблиця 8

РЕЗУЛЬТАТИ ЛІНГВІСТИЧНОГО ЕКСПЕРТНОГО ОЦІНЮВАННЯ СБО, ПІДПРИЄМСТВА
ЗА ЧАСТКОВИМИ КРИТЕРІЯМИ УЗАГАЛЬНЕНИХ КРИТЕРІЇВ *FS*, *IS*, *ES*, *CA*

Узагальнені критерії	Часткові критерії	Експертні лінгвістичні оцінки									
		для поточного стану					для прогнозованого стану				
		<i>E</i> ₁	<i>E</i> ₂	<i>E</i> ₃	<i>E</i> ₄	<i>E</i> ₅	<i>E</i> ₁	<i>E</i> ₂	<i>E</i> ₃	<i>E</i> ₄	<i>E</i> ₅
<i>FS</i>	<i>FS</i> ₁	М	НМ	Н	НМ	Н	Н	Н	ВН	ВН	ВН
	<i>FS</i> ₂	М	ЛМ	М	НМ	НМ	Н	М	НМ	ВН	ВН
	<i>FS</i> ₃	ЛМ	М	М	НМ	М	НМ	Н	Н	ВН	Н
	<i>FS</i> ₄	НМ	НМ	НМ	М	М	ВН	ВН	ВН	ВН	Н
	<i>FS</i> ₅	М	ЛМ	Н	Н	Н	Н	М	ВН	ВН	ЕН
	<i>FS</i> ₆	НМ	М	М	М	Н	ВН	ВН	Н	Н	ВН
	<i>FS</i> ₇	М	НМ	НМ	М	М	ВН	ВН	ЕН	ВН	Н
<i>IS</i>	<i>IS</i> ₁	М	ЛМ	М	М	ЛМ	Н	М	Н	Н	М
	<i>IS</i> ₂	Н	М	НМ	НМ	Н	Н	Н	Н	ВН	ВН
	<i>IS</i> ₃	М	НМ	НМ	М	НМ	Н	ВН	ВН	Н	Н
	<i>IS</i> ₄	НМ	М	М	НМ	Н	Н	Н	НМ	Н	ВН
	<i>IS</i> ₅	Н	НМ	НМ	НМ	М	ВН	Н	ВН	Н	Н
	<i>IS</i> ₆	М	М	М	НМ	НМ	НМ	НМ	НМ	Н	ВН
	<i>IS</i> ₇	НМ	М	Н	НМ	М	Н	НМ	ВН	НМ	Н
<i>ES</i>	<i>ES</i> ₁	М	ЛМ	Н	Н	Н	Н	М	ВН	ВН	ЕН
	<i>ES</i> ₂	НМ	М	М	М	Н	ВН	ВН	Н	Н	ВН
	<i>ES</i> ₃	НМ	М	М	НМ	М	НМ	Н	Н	ВН	Н
	<i>ES</i> ₄	НМ	НМ	НМ	М	М	ВН	ВН	ВН	ВН	Н
	<i>ES</i> ₅	М	ЛМ	М	НМ	НМ	Н	М	НМ	ВН	ВН
	<i>ES</i> ₆	М	НМ	НМ	М	М	ВН	ВН	ЕН	ВН	Н
	<i>ES</i> ₇	НМ	НМ	Н	НМ	Н	Н	Н	ВН	ВН	ВН
<i>CA</i>	<i>CA</i> ₁	НМ	М	М	М	НМ	Н	Н	НМ	НМ	ВН
	<i>CA</i> ₂	М	М	НМ	НМ	М	НМ	НМ	Н	ВН	Н
	<i>CA</i> ₃	НМ	НМ	НМ	Н	Н	Н	Н	Н	ВН	ВН
	<i>CA</i> ₄	НМ	Н	М	М	НМ	Н	ВН	Н	Н	ВН
	<i>CA</i> ₅	М	М	НМ	НМ	М	НМ	НМ	Н	Н	Н
	<i>CA</i> ₆	НМ	НМ	НМ	Н	Н	Н	Н	ВН	ВН	ВН
	<i>CA</i> ₇	М	НМ	М	НМ	Н	Н	Н	НМ	НМ	Н

Таблиця 9

РЕЗУЛЬТАТИ ЛІНГВІСТИЧНОГО ЕКСПЕРТНОГО ОЦІНЮВАННЯ СБО₂ ПІДПРИЄМСТВА
ЗА ЧАСТКОВИМИ КРИТЕРІЯМИ УЗАГАЛЬНЕНИХ КРИТЕРІЇВ FS, IS, ES, CA

Узагальнені критерії	Часткові критерії	Експертні лінгвістичні оцінки									
		для поточного стану					для прогнозованого стану				
		E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅
FS	FS ₁	HM	H	VH	VH	HM	HM	HM	HM	H	HM
	FS ₂	VH	H	VH	H	H	H	H	HM	HM	M
	FS ₃	HM	HM	H	H	HM	M	M	HM	M	M
	FS ₄	VH	HM	HM	H	VH	H	HM	HM	HM	HM
	FS ₅	VH	VH	H	H	VH	M	M	M	HM	HM
	FS ₆	HM	HM	M	VH	HM	M	M	M	HM	H
	FS ₇	VH	H	H	H	VH	H	LM	M	H	H
IS	IS ₁	M	L	LM	LM	M	M	LM	L	LM	LM
	IS ₂	M	M	M	LM	LM	LM	LM	LM	L	L
	IS ₃	L	LM	LM	M	M	VL	L	L	LM	LM
	IS ₄	HM	M	HM	M	M	LM	LM	LM	LM	L
	IS ₅	M	M	LM	LM	M	LM	LM	L	L	LM
	IS ₆	LM	LM	LM	LM	M	LM	L	L	LM	L
	IS ₇	M	LM	M	M	VL	L	L	L	LM	VL
ES	ES ₁	H	HM	HM	M	M	HM	M	LM	M	M
	ES ₂	HM	HM	H	H	H	M	M	HM	HM	HM
	ES ₃	H	H	HM	HM	H	M	HM	M	HM	H
	ES ₄	H	HM	H	H	HM	HM	HM	HM	HM	M
	ES ₅	HM	HM	HM	H	H	M	M	M	HM	HM
	ES ₆	H	VH	H	VH	VH	H	H	HM	HM	HM
	ES ₇	VH	H	VH	H	H	H	HM	HM	H	H
CA	CA ₁	LM	M	LM	LM	M	L	LM	LM	LM	LM
	CA ₂	M	LM	M	M	LM	LM	VL	L	LM	L
	CA ₃	M	M	LM	LM	M	M	L	M	L	L
	CA ₄	LM	LM	M	M	VL	L	L	LM	LM	VL
	CA ₅	HM	LM	M	M	LM	M	L	LM	LM	L
	CA ₆	LM	M	LM	LM	M	LM	LM	L	LM	L
	CA ₇	M	LM	LM	LM	M	LM	L	L	L	LM

Етап 5. Для агрегації нечітких оцінок експертів за узагальненими критеріями аналізу стану стратегічних бізнес-одиниць підприємства скористаємося наступними співвідношеннями:

$$F\tilde{S}_{ij} = \frac{1}{K} \bigoplus_{k=1}^K F\tilde{S}_{ijk} = \left(\frac{1}{K} \sum_{k=1}^K A_{ijk}^{FS}; \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K B_{ijk}^{FS}; \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K C_{ijk}^{FS} \right) = (A_{ij}^{FS}; B_{ij}^{FS}; C_{ij}^{FS});$$

$$I\tilde{S}_{ij} = \frac{1}{K} \bigoplus_{k=1}^K I\tilde{S}_{ijk} = \left(\frac{1}{K} \sum_{k=1}^K A_{ijk}^{IS}; \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K B_{ijk}^{IS}; \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K C_{ijk}^{IS} \right) = (A_{ij}^{IS}; B_{ij}^{IS}; C_{ij}^{IS});$$

$$E\tilde{S}_{ij} = \frac{1}{K} \bigoplus_{k=1}^K E\tilde{S}_{ijk} = \left(\frac{1}{K} \sum_{k=1}^K A_{ijk}^{ES}; \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K B_{ijk}^{ES}; \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K C_{ijk}^{ES} \right) = (A_{ij}^{ES}; B_{ij}^{ES}; C_{ij}^{ES});$$

$$C\tilde{A}_{ij} = \frac{1}{K} \bigoplus_{k=1}^K C\tilde{A}_{ijk} = \left(\frac{1}{K} \sum_{k=1}^K A_{ijk}^{CA}; \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K B_{ijk}^{CA}; \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K C_{ijk}^{CA} \right) = (A_{ij}^{CA}; B_{ij}^{CA}; C_{ij}^{CA}).$$

Етап 6. «Зважування» експертних оцінок у межах кожної групи часткових критеріїв для кожної i -ї СБО здійснюється за допомогою Fuzzy SAW-методу за формулами:

$$F\tilde{S}_i = \bigoplus_{j=1}^{N^{FS}} w_j^{FS} \times F\tilde{S}_{ij} = \bigoplus_{j=1}^{N^{FS}} (w_j^{FS} \times A_{ij}^{FS}; w_j^{FS} \times B_{ij}^{FS}; w_j^{FS} \times C_{ij}^{FS}); \quad (12)$$

$$\begin{aligned} E\tilde{S}_i &= \bigoplus_{j=1}^{N^{ES}} w_j^{ES} \times E\tilde{S}_{ij} (-)(8; 8; 8) = \\ &= \bigoplus_{j=1}^{N^{ES}} (w_j^{ES} \times A_{ij}^{ES} - 8; w_j^{ES} \times B_{ij}^{ES} - 8; w_j^{ES} \times C_{ij}^{ES} - 8); \end{aligned} \quad (13)$$

$$I\tilde{S}_i = \bigoplus_{j=1}^{N^{IS}} w_j^{IS} \times I\tilde{S}_{ij} = \bigoplus_{j=1}^{N^{IS}} (w_j^{IS} \times A_{ij}^{IS}; w_j^{IS} \times B_{ij}^{IS}; w_j^{IS} \times C_{ij}^{IS}); \quad (14)$$

$$C\tilde{A}_i = \bigoplus_{j=1}^{N^{CA}} w_j^{CA} \times C\tilde{A}_{ij} (-)(8; 8; 8) =$$

$$= \bigoplus_{j=1}^{N^{CA}} (w_j^{CA} \times A_{ij}^{CA} - 8; w_j^{CA} \times B_{ij}^{CA} - 8; w_j^{CA} \times C_{ij}^{CA} - 8). \quad (15)$$

Зазначимо, що застосування для визначення рівнів «стабільності галузі» та «конкурентоспроможності підприємства (бізнес-одиниці)» формул (13) і (15), відповідно, дає змогу уникнути низки методичних помилок, які зустрічаються в дослідженнях з цього напрямку та які пов'язані з необхідністю оцінювання цих параметрів за від'ємною шкалою [23]. Ці помилки в подальшому призводять до застосування хибних співвідношень для обчислення координат кожної СБО на SPACE-матриці й, відповідно, до неправильних висновків щодо стратегій розвитку підприємства чи його стратегічних бізнес-одиниць [2].

Для уточнення одержаних нечітких оцінок можна використати α -переріз нечіткого числа [19]. Зазначимо, що якщо задане нечітке число $\tilde{u} = (a, b, c)$, то його α -переріз визначається таким чином: $\tilde{u}_\alpha = (a(1-\alpha) + \alpha b, b, c(1-\alpha) + \alpha b)$. У даному дослідженні значення параметрів розраховані для $\alpha = 0$, $\alpha = 0,5$, $\alpha = 0,7$ (табл. 10, 11), а матриця SPACE-аналізу побудована для $\alpha = 0,5$.

Таблиця 10

**РЕЗУЛЬТАТИ ОЦІНЮВАННЯ СБО_i ПІДПРИЄМСТВА
ДЛЯ ПОТОЧНОГО ТА ПРОГНОЗОВАНОГО СТАНІВ**

	α	поточний стан	прогноз	$\tilde{\Delta}$
$\tilde{FS}$	0,0	(3,57; 4,57; 5,57)	(5,42; 6,42; 7,38)	(-0,15; 1,85; 3,81)
	0,5	(4,07; 4,57; 5,07)	(5,92; 6,42; 6,90)	(0,85; 1,85; 2,83)
	0,7	(4,27; 4,57; 4,87)	(6,12; 6,42; 6,71)	(1,25; 1,85; 2,44)
$\tilde{IS}$	0,0	(3,60; 4,60; 5,60)	(4,95; 5,95; 6,95)	(-0,65; 1,35; 3,35)
	0,5	(4,10; 4,60; 5,10)	(5,45; 5,95; 6,45)	(0,35; 1,35; 2,35)
	0,7	(4,30; 4,60; 4,90)	(5,65; 5,95; 6,25)	(0,75; 1,35; 1,95)

Закінчення табл. 10

	α	поточний стан	прогноз	$\tilde{\Delta}$
$E\tilde{S}$	0,0	(-4,37; -3,37; -2,37)	(-2,56; -1,56; -0,62)	(-0,20; 1,80; 3,74)
	0,5	(-3,87; -3,37; -2,87)	(-2,06; -1,56; -1,12)	(0,80; 1,80; 2,77)
	0,7	(-3,67; -3,37; -3,07)	(-2,06; -1,56; -1,12)	(1,20; 1,80; 2,38)
$C\tilde{A}$	0,0	(-4,24; -3,24; -2,24)	(-2,99; -1,99; -0,99)	(-0,75; 1,25; 3,25)
	0,5	(-3,74; -3,24; -2,74)	(-2,49; -1,99; -1,49)	(0,25; 1,25; 2,25)
	0,7	(-3,54; -3,24; -2,94)	(-2,29; -1,99; -1,69)	(0,65; 1,25; 1,85)

Таблиця 11

РЕЗУЛЬТАТИ ОЦІНЮВАННЯ СБО₂ ПІДПРИЄМСТВА
ДЛЯ ПОТОЧНОГО ТА ПРОГНОЗОВАНОГО СТАНІВ

	α	поточний стан	прогноз	$\tilde{\Delta}$
$F\tilde{S}$	0,0	(5,01; 6,01; 7,01)	(3,85; 4,85; 5,85)	(-3,16; -1,16; 0,84)
	0,5	(5,51; 6,01; 6,51)	(4,35; 4,85; 5,35)	(-2,16; -1,16; -0,16)
	0,7	(5,71; 6,01; 6,31)	(4,55; 4,85; 5,15)	(-1,76; -1,16; -0,56)
$I\tilde{S}$	0,0	(2,51; 3,51; 4,51)	(1,56; 2,56; 3,56)	(-2,95; -0,95; 1,05)
	0,5	(3,01; 3,51; 4,01)	(2,06; 2,56; 3,06)	(-1,95; -0,95; 0,05)
	0,7	(3,21; 3,51; 3,81)	(2,26; 2,56; 2,86)	(-1,55; -0,95; -0,35)
$E\tilde{S}$	0,0	(-3,38; -2,38; -1,38)	(-4,28; -3,28; -2,28)	(-2,90; -0,90; 1,10)
	0,5	(-2,88; -2,38; -1,88)	(-3,78; -3,28; -2,78)	(-1,90; -0,90; 0,10)
	0,7	(-2,68; -2,38; -2,08)	(-2,56; -3,28; -2,98)	(-1,50; -0,90; -0,30)
$C\tilde{A}$	0,0	(-5,54; -4,54; -3,54)	(-6,45; -5,45; -4,45)	(-2,91; -0,91; 1,09)
	0,5	(-5,04; -4,54; -4,04)	(-5,95; -5,45; -4,95)	(-1,91; -0,91; 0,09)
	0,7	(-4,84; -4,54; -4,24)	(-5,75; -5,45; -5,15)	(-1,51; -0,91; -0,31)

На основі даних табл. 10, 11 для кожної стратегічної бізнес-одиниці будуємо вектори з координатами:

$$\tilde{x}_i = I\tilde{S}_i + C\tilde{A}_i ; \tilde{y}_i = F\tilde{S}_i + E\tilde{S}_i \quad (16)$$

для поточного та прогнозованого станів (див. табл. 12, 13).

Таблиця 12

РОЗРАХОВАНІ НЕЧІТКІ ЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ ДЛЯ СБО₁

α	Поточний стан СБО ₁		Прогнозований стан СБО ₁	
	$\tilde{x}_i$	$\tilde{y}_i$	$\tilde{x}_i$	$\tilde{y}_i$
0,0	(-0,64; 1,36; 3,36)	(-0,80; 1,21; 3,21)	(1,95; 3,95; 5,95)	(2,86; 4,86; 6,75)
0,5	(0,36; 1,36; 2,36)	(0,21; 1,21; 2,21)	(2,95; 3,95; 4,95)	(3,86; 4,86; 5,81)
0,7	(0,76; 1,36; 1,96)	(0,61; 1,21; 1,81)	(3,35; 3,95; 4,55)	(4,26; 4,86; 5,43)

Таблиця 13

РОЗРАХОВАНІ НЕЧІТКІ ЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ ДЛЯ СБО₂

α	Поточний стан СБО ₂		Прогнозований стан СБО ₂	
	$\tilde{x}_i$	$\tilde{y}_i$	$\tilde{x}_i$	$\tilde{y}_i$
0,0	(-3,02; -1,02; 0,98)	(1,63; 3,63; 5,63)	(-4,89; -2,89; -0,89)	(-0,43; 1,57; 3,57)
0,5	(-2,02; -1,02; -0,02)	(2,63; 3,63; 4,63)	(-3,89; -2,89; -1,89)	(0,57; 1,57; 2,57)
0,7	(-1,62; -1,02; -0,42)	(3,03; 3,63; 4,23)	(-3,49; -2,89; -2,29)	(0,97; 1,57; 2,17)

Матриця нечіткого SPACE-аналізу передбачає розподіл станів СБО за чотирма квадрантами: «агресивний стан», «конкурентний стан», «захисний стан», «консервативний стан». На рис. 7 наведені «траєкторії» на цій матриці стратегічних бізнес-одиниць підприємства ДТЕК: $U_1U'_1$ – для СБО₁, $U_2U'_2$ – для СБО₂, які враховують оцінки їх поточного та прогнозованого станів з табл. 12, 13.

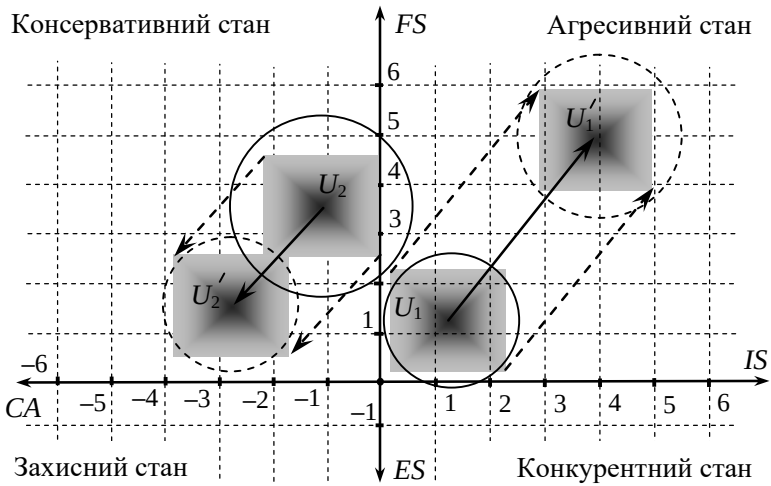


Рис. 7. Матриця нечіткого SPACE-аналізу (при $\alpha = 0,5$)

Етап 7. Для формулювання стратегічних рекомендацій для кожної бізнес-одиниці з урахуванням прогнозованих траєкторій розглянемо 4 можливі базові траєкторії у вигляді одиничних векторів. Проаналізуємо кожну з базових траєкторій, наприклад, для випадку коли і поточний, і прогнозований вектори, розміщені в агресивному стані SPACE-матриці (рис. 8–11).

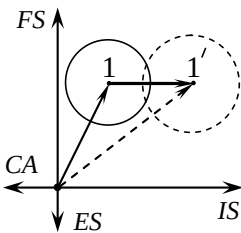


Рис. 8. «Траєкторія» $\vec{a}$

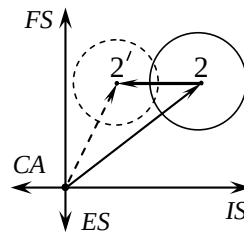
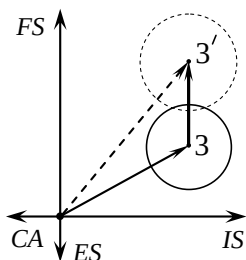
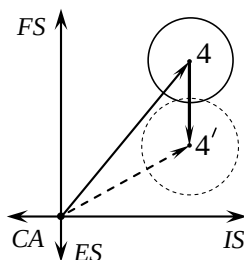


Рис. 9. «Траєкторія» $\vec{b}$

Рис. 10. «Траєкторія» $\vec{c}$ Рис. 11. «Траєкторія» $\vec{d}$

Зазначимо, що окремий розгляд протилежно направлених базових векторів (траєкторій), наприклад, $\vec{a}$ і $\vec{b}$, $\vec{c}$ і $\vec{d}$ зумовлений необхідністю формування в подальшому базових стратегічних рішень, які є радикально протилежними, а також зручністю проведення заключного етапу з розробки стратегічних рекомендацій шляхом суперпозиції базових рішень. Як слідує з рис. 8–11:

1) траєкторія « $\rightarrow$ » (одиничний вектор $\vec{a}$) може бути результатом $def(\Delta \tilde{CA} + \Delta \tilde{IS}) > 0$, причому:

а) якщо $def(\Delta \tilde{CA}) > 0$ і $def(\Delta \tilde{IS}) > 0$, то застосовується такий загальний стратегічний підхід: використання зростаючих конкурентних переваг підприємства (чи СБО) для завоювання ринку, привабливості якого збільшується (відповідні базові стратегічні рекомендації залежно від квадранту: AS_{11} , CS_{11} , SS_{11} , KS_{11} , приклад яких наведений у табл. 14, а повний перелік для підприємств енергетичної галузі міститься у праці [2]);

б) якщо $def(\Delta \tilde{CA}) > 0$ і $def(\Delta \tilde{IS}) \leq 0$, то загальний стратегічний підхід: використання зростаючих конкурентних переваг підприємства (чи СБО) для реагування на зменшення привабливості ринку (AS_{12} , CS_{12} , SS_{12} , KS_{12});

в) якщо $def(\Delta \tilde{CA}) \leq 0$ і $def(\Delta \tilde{IS}) > 0$, то загальний стратегічний підхід: використання можливостей ринку, привабливість якого збільшується, для посилення конкурентоспроможності підприємства (чи СБО) (AS_{13} , CS_{13} , SS_{13} , KS_{13}).

2) траєкторія « $\leftarrow$ » (одиничний вектор $\vec{b}$) може бути результатом $def(\Delta \tilde{CA} + \Delta \tilde{IS}) < 0$, причому:

а) якщо $def(\Delta \tilde{CA}) < 0$ і $def(\Delta \tilde{IS}) < 0$, то загальний стратегічний підхід: пошук перспективних напрямів діяльності на ринку, привабливість якого зменшується, з метою посилення конкурентних переваг підприємства (чи СБО) (AS_{21} , CS_{21} , SS_{21} , KS_{21});

б) якщо $def(\Delta \tilde{CA}) < 0$ і $def(\Delta \tilde{IS}) \geq 0$, то загальний стратегічний підхід: використання можливостей ринку, привабливість якого збільшується, для посилення конкурентоспроможності підприємства (чи СБО) (AS_{22} , CS_{22} , SS_{22} , KS_{22});

в) якщо $def(\Delta \tilde{CA}) \geq 0$ і $def(\Delta \tilde{IS}) < 0$, то загальний стратегічний підхід: використання зростаючих конкурентних переваг підприємства (чи СБО) для ринку, привабливість якого зменшується (AS_{23} , CS_{23} , SS_{23} , KS_{23}).

3) траєкторія « $\uparrow$ » (одиничний вектор $\vec{c}$) може бути результатом $def(\Delta \tilde{FS} + \Delta \tilde{ES}) > 0$, причому:

а) якщо $def(\Delta \tilde{FS}) > 0$ і $def(\Delta \tilde{ES}) > 0$, то загальний стратегічний підхід: використання фінансових можливостей підприємства на ринку, що стабілізується (AS_{31} , CS_{31} , SS_{31} , KS_{31});

б) якщо $def(\Delta \tilde{FS}) > 0$ і $def(\Delta \tilde{ES}) \leq 0$, то загальний стратегічний підхід: використання фінансового потенціалу підприємства для пошуку можливостей на ринку, що дестабілізується (AS_{32} , CS_{32} , SS_{32} , KS_{32});

в) якщо $\text{def}(\Delta \tilde{F\tilde{S}}) \leq 0$ і $\text{def}(\Delta \tilde{E\tilde{S}}) > 0$, то загальний стратегічний підхід: використання можливостей ринку, що стабілізується, для посилення фінансового потенціалу підприємства (СБО) (AS_{33} , CS_{33} , SS_{33} , KS_{33}).

4) траєкторія « $\downarrow$ » (одиничний вектор $\vec{c}$) може бути результатом $\text{def}(\Delta \tilde{F\tilde{S}} + \Delta \tilde{E\tilde{S}}) < 0$, причому:

а) якщо $\text{def}(\Delta \tilde{F\tilde{S}}) < 0$ і $\text{def}(\Delta \tilde{E\tilde{S}}) < 0$, то загальний стратегічний підхід: пошук фінансових можливостей підприємства для пошуку й використання можливостей ринку, що дестабілізується (AS_{41} , CS_{41} , SS_{41} , KS_{41});

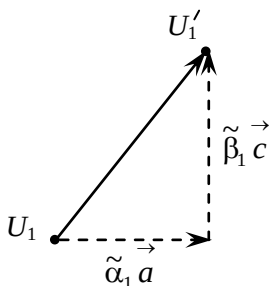
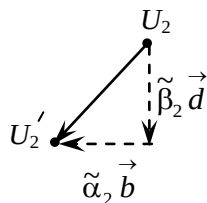
б) якщо $\text{def}(\Delta \tilde{F\tilde{S}}) \geq 0$ і $\text{def}(\Delta \tilde{E\tilde{S}}) < 0$, то загальний стратегічний підхід: використання фінансових можливостей підприємства для пошуку можливостей на ринку, що дестабілізується (AS_{42} , CS_{42} , SS_{42} , KS_{42});

в) якщо $\text{def}(\Delta \tilde{F\tilde{S}}) < 0$ і $\text{def}(\Delta \tilde{E\tilde{S}}) \geq 0$, то загальний стратегічний підхід: використання можливостей ринку, що стабілізується, для посилення фінансового потенціалу підприємства (AS_{43} , CS_{43} , SS_{43} , KS_{43}).

Для СБО₁ (рис. 12) та СБО₂ (рис. 13) відповідні траєкторії, назовемо їх S-траєкторіями або S-векторами (від англ. Strategy), можуть бути представлені як лінійні комбінації двох векторів (векторів базових траєкторій):

$$U_1 \vec{U}'_1 = \tilde{\alpha}_1 \cdot \vec{a} + \tilde{\beta}_1 \cdot \vec{c} \quad (\text{def}(\Delta \tilde{C\tilde{A}} + \Delta \tilde{I\tilde{S}}) > 0, \quad \text{причому} \\ \text{def}(\Delta \tilde{C\tilde{A}}) > 0 \text{ і } \text{def}(\Delta \tilde{I\tilde{S}}) > 0; \text{def}(\Delta \tilde{F\tilde{S}} + \Delta \tilde{E\tilde{S}}) > 0, \text{ причому} \\ \text{def}(\Delta \tilde{F\tilde{S}}) > 0 \text{ і } \text{def}(\Delta \tilde{E\tilde{S}}) > 0) \text{ для СБО}_1;$$

$$U_2 \vec{U}'_2 = \tilde{\alpha}_2 \cdot \vec{b} + \tilde{\beta}_2 \cdot \vec{d} \quad (\text{def}(\Delta \tilde{C\tilde{A}} + \Delta \tilde{I\tilde{S}}) < 0, \quad \text{причому} \\ \text{def}(\Delta \tilde{C\tilde{A}}) < 0 \text{ і } \text{def}(\Delta \tilde{I\tilde{S}}) < 0; \text{def}(\Delta \tilde{F\tilde{S}} + \Delta \tilde{E\tilde{S}}) < 0, \text{ причому} \\ \text{def}(\Delta \tilde{F\tilde{S}}) < 0 \text{ і } \text{def}(\Delta \tilde{E\tilde{S}}) < 0) \text{ для СБО}_2.$$


 Рис. 12. S-траєкторія СБО₁

 Рис. 13. S-траєкторія СБО₂

Числа $\tilde{\alpha}$ і $\tilde{\beta}$ – нечіткі коефіцієнти інтенсивності застосування відповідних базових траєкторій ($\tilde{\alpha} = \Delta F\tilde{S} + \Delta E\tilde{S}$, $\tilde{\beta} = \Delta I\tilde{S} + \Delta C\tilde{A}$), оскільки їх величини визначають ступінь внеску кожної з цих базових траєкторій в інтегральний S-вектор, який є вектором стратегічного набору даної СБО для досягнення стратегічних цілей, переведених у числовий вигляд за частковими критеріями через експертне прогнозне оцінювання.

Таким чином, використовуючи суперпозицію відповідних траєкторій, враховуючи вектори початкового та прогнозованого станів (напрямок та величину), а також беручи до уваги знаки виразів $def(\Delta F\tilde{S})$, $def(\Delta E\tilde{S})$, $def(\Delta I\tilde{S})$, $def(\Delta C\tilde{A})$, з використанням матриці стратегічних рішень [2] можна сформулювати перелік стратегічних рекомендацій для СБО (табл. 14), які можуть слугувати основою для розробки стратегії розвитку кожної стратегічної бізнес-одиниці й підприємства в цілому.

Так, у табл. 14 наведено такі стратегічні рекомендації для двох СБО, які у якості прикладу було проаналізовано вище на етапах 4–6 запропонованого методичного підходу до формування стратегій підприємства.

Таблиця 14

СТРАТЕГІЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ БІЗНЕС-ОДИНИЦЬ ПІДПРИЄМСТВА

СБО	Загальний стратегічний підхід	Стратегічні рекомендації
1	Використання зростаючих конкурентних переваг стратегічної бізнес-одиниці та її фінансових можливостей для завоювання стабільного ринку, привабливості якого збільшується.	AS_{11} : посилення позицій на ринку, завоювання ринку через маркетингові заходи; AS_{31} : поглинання або інший спосіб контролю над постачальниками; організація отримання, регулювання та контроль коротко- та довгострокових кредитів.
2	Пошук фінансових можливостей та перспективних напрямів діяльності на ринку, що дестабілізується, і привабливості якого зменшується, з метою посилення конкурентних переваг СБО.	KS_{21} : підвищення кваліфікації менеджменту підприємства – системи неперервного навчання; KS_{41} : програми зі скорочення виробництва за рахунок оновлення технологій; баланс «життєвих циклів» продуктів/послуг з метою отримання синергійного ефекту.

Зазначимо, що для практичного застосування запропонованого алгоритму (рис. 1) модель була реалізована у вигляді фреймворку в Excel, який містить такі основні блоки:

- **блок 1:** уведення експертної інформації у вигляді лінгвістичних оцінок експертів;
 - **блок 2:** трансформація лінгвістичних оцінок експертів у нечіткі числа в триангулярному вигляді;
 - **блок 3:** агрегування нечітких оцінок експертів;
 - **блок 4:** обчислення вагових коефіцієнтів часткових критеріїв оцінювання стратегічних бізнес-одиниць;
 - **блок 5:** розрахунок параметрів нечіткої матриці SPACE-аналізу.
- Розроблений фреймворк дає змогу провести імітаційне моделювання залежно від коригувань міркувань експертів.

Висновки

Потреба у вдосконаленні існуючого інструментарію стратегічного планування діяльності підприємства зумовлена всезростаючою складністю та турбулентністю процесів, які відбуваються у більшості галузей національних економік, та необхідністю більш повного врахування суб'єктивних, неформалізованих, нечітких вхідних даних, думок і суджень експертів. В останній час досить перспективним напрямом у стратегічному менеджменті для вирішення проблем формування стратегій підприємства стало застосування теорії нечітких множин, які розширили можливості класичних інструментів, підвищили їх ефективність і гнучкість. У даній статті розроблено методичний підхід до стратегічної діагностики позицій підприємства (його СБО) та формування стратегічних рекомендацій щодо поведінки на ринку на основі класичної матриці SPACE-аналізу, яка суттєво допрацьована й удосконалена в контексті:

а) ідентифікації часткових критеріїв оцінювання підприємства (його СБО), де пропонується застосовувати Fuzzy DEMATEL-метод для оптимізації складу початкових множин цих критеріїв;

б) визначення вагових коефіцієнтів часткових критеріїв із використанням трьох розрахункових схем (на основі алгоритмів Fuzzy SMART-методу, нечіткого методу аналізу ієрархій (Fuzzy AHP) та Fuzzy DEMATEL-методу);

в) забезпечення узгодженості оцінок експертів (у випадку суттєвого їх розходження пропонується використовувати Fuzzy Delphi-метод);

г) формування стратегій підприємства (його СБО) на основі аналізу одержаних траєкторій (S-векторів) та суперпозиції базових траєкторій «руху».

Реалізація методичного підходу у вигляді фреймворку дає змогу варіювати вхідні експертні дані у вигляді лінгвістичних оцінок та здійснювати імітаційне моделювання з метою дослідження чутливості одержаних результатів.

Подальші розвідки за темою даного дослідження можуть бути спрямовані на:

- апробацію розробленого методичного підходу для диверсифікованих підприємств різних галузей;
- розробку фреймворку, що реалізує даний підхід, з використанням спеціалізованих програмних засобів, які забезпечують можливості нечіткого моделювання (Fuzzy Control Design Toolbox, fuzzyTECH, пакет Fuzzy Logic Toolbox обчислювальної системи Matlab тощо);
- застосування лінгвістичних термів, що описуються трапецієвидними чи іншими функціями належності;
- компаративний аналіз результатів, отриманих із використанням запропонованих трьох розрахункових схем для обчислення вагових коефіцієнтів часткових критеріїв.

References

1. Ansoff, I. (1979). *Strategic Management*. Palgrave Macmillan. <https://doi.org/10.1007/978-1-349-02971-6>
2. Balan, V., & Tymchenko, I. (2016). Formuvannya stratehii rozvytku pidpryemstva na osnovi dynamichnoho SPACE-analizu [Creation of the development strategy in enterprise based on dynamic SPACE-analysis]. *Skhid (East)*, 4(144), 5-16. http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/Skhid_2016_4_2.pdf [in Ukrainian]
3. Balan, V. H. (2020). Instrumentarij nechitkoi lohiky u formuvanni stratehichnykh tsilej pidpryemstva [Fuzzy logic tools in the formation of enterprise strategic goals] *Prychornomors'ki ekonomichni studii (Black Sea Economic Studies)*, 53, 47-54. <https://doi.org/10.32843/bses.53-7> [in Ukrainian]
4. Bellman, R.E., & Zadeh, L.A. (1970). Decision-Making in Fuzzy Environment. *Management Science*, 17(4), B141-B164. <https://doi.org/10.1287/mnsc.17.4.B141>
5. Chang, D.Y. (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research*, 95(3), 649-655. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(95\)00300-2](https://doi.org/10.1016/0377-2217(95)00300-2)
6. Chang, P., Huang, L., & Lin, H. (2000). The fuzzy Delphi method via fuzzy statistics and membership function fitting and an application to the human resources. *Fuzzy Sets and Systems*, 112(3), 511-520. [https://doi.org/10.1016/S0165-0114\(98\)00067-0](https://doi.org/10.1016/S0165-0114(98)00067-0)

7. Chen, S.J., & Hwang, C.L. (1992). Fuzzy Multiple Attribute Decision Making Methods. In *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems: Vol. 375. Fuzzy Multiple Attribute Decision Making. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems* (pp. 289-486). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-46768-4_5
8. Dalalah, D., Hayajneh, M., & Batieha, F. (2011). A Fuzzy Multi-Criteria Decision Making Model for Supplier Selection. *Expert Systems with Applications*, 38(7), 8384-8391. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.01.031>
9. Deng, Q., Liu, X., & Liao, H. (2015). Identifying Critical Factors in the Eco-Efficiency of Remanufacturing Based on the Fuzzy DEMATEL Method. *Sustainability*, 7(11), 15527-15547. <https://doi.org/10.3390/su71115527>
10. Fleisher, C.S., & Bensoussan, B. (2002). *Strategic and Competitive Analysis. Methods and Techniques for Analyzing Business Competition*. Pearson College Div.
11. Ghazinoory, S., Zadeh, A.E., & Memariani, A. (2007). Fuzzy SWOT analysis. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 18, 99-108. https://www.researchgate.net/publication/220256472_Fuzzy_SWOT_analysis
12. Ghazinoory, S., Zadeh, E.A., & Kheirkhah, A.S. (2010). Application of fuzzy calculations for improving portfolio matrices. *Information Sciences*, 180(9), 1582-1590. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2010.01.012>
13. Ghochani, S. M., Kazami, F., & Alavije, M.K. (2012). Application of SPACE Matrix. *Developing Country Studies*, 2(8), 50-59. <https://www.iiste.org/Journals/index.php/DCS/article/view/2689>
14. Grant, R. (2016). *Contemporary Strategy Analysis: Text and Cases* (9th ed.). Wiley.
15. Gürbüz, T. (2019). Strategy Formulation Using a Hybrid Multi Criteria Decision Making Approach for Strategic Position and Action Evaluation (SPACE) Matrix Method. *Journal of Aeronautics and Space Technologies*, 12(1), 1-17. <https://jast.hho.msu.edu.tr/index.php/JAST/article/view/340>
16. Kasyanchuk, T. (2016). Modeliuvannia optymalnoho investytsiynoho portfelia dyversyfikovanoi biznes-hrupy v umovakh nevyznachenosti [Modelling of optimal investment portfolio of diversified business-group under uncertainty]. *Neiro-Nechitki Tekhnolohii Modelyuvannya v Ekonomitsi (Neuro-Fuzzy Modeling Techniques in Economics)*, 6, 24-59. <https://doi.org/10.33111/nfmte.2016.024> [In Ukrainian]
17. Keeney, R.L., & Raiffa, H. (1976). *Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs*. John Wiley.
18. Kosko, B. (1993). *Fuzzy Thinking: The New Science of Fuzzy Logic*. Hyperion.

19. Leekwijck, W., & Kerre, E.E. (1999). Defuzzification: criteria and classification. *Fuzzy Sets and Systems*, 108(2), 159-178. [https://doi.org/10.1016/S0165-0114\(97\)00337-0](https://doi.org/10.1016/S0165-0114(97)00337-0)
20. Lin, C., & Hsieh, P.-J. (2004). A fuzzy decision support system for strategic portfolio management, *Decision Support Systems*, 38(3), 383-398. [https://doi.org/10.1016/S0167-9236\(03\)00118-0](https://doi.org/10.1016/S0167-9236(03)00118-0)
21. Matviychuk, A. (2010). Bankruptcy prediction in transformational economy: discriminant and fuzzy logic approaches. *Fuzzy economic review*, 15(1), 21-38. <https://doi.org/10.25102/fer.2010.01.02>
22. Pap, E., Bosnjak, Z., & Bosnjak, S. (2000). Application of fuzzy sets with different t-norms in the interpretation of portfolio matrices in strategic management. *Fuzzy Sets and Systems*, 114(1), 123-131. [https://doi.org/10.1016/S0165-0114\(98\)00196-1](https://doi.org/10.1016/S0165-0114(98)00196-1)
23. Radder, L., & Louw, L. (1998). The SPACE Matrix: A Tool for Calibrating Competition. *Long Range Planning*, 31(4), 549-559. [https://doi.org/10.1016/S0024-6301\(98\)80048-4](https://doi.org/10.1016/S0024-6301(98)80048-4)
24. Santos-Caballero, A., & Gil Lafuente, J. (2017). The New Fuzzy SWOT: Empirical Application with Expertons. *Esic Market Economics and Business Journal*, 48(1), 9-29. <https://doi.org/10.7200/esicm.156.0481.3ee>
25. Tafti, S.F., Jalili, E., & Yahyaieian, L. (2013). Assessment and Analysis Strategies according to SPACE Matrix-case Study: Petrochemical and Banking Industries in Tehran Stock Exchange (TSE). *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 99, 893-901. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.10.562>
26. Thompson, A. A., & Strickland, A.J. (2003). *Strategic Management: Concepts and Cases* (13th ed.). McGraw Hill.
27. Vitlinskyj, V.V. (2006). Aktualni pytannja rozvytku teoriji ryzyku. [Current issues of risk theory development] *Modeljuvannja ta informacijni systemy v ekonomici (Modeling and Information Systems in Economics)*, 74, 30-38. [in Ukrainian]
28. Wheelen, T.L., Hunger, J.D., Hoffman, A. N., & Bamford, C.E. (2018). *Strategic Management and Business Policy. Globalization, Innovation, and Sustainability* (15th ed.). Pearson Education Limited.
29. Zadeh, L.A. (1978). Fuzzy Sets as a Basis for a Theory of Possibility. *Fuzzy Sets and Systems*, 1(1), 3-28. [https://doi.org/10.1016/0165-0114\(78\)90029-5](https://doi.org/10.1016/0165-0114(78)90029-5)

Стаття надійшла до редакції 11.08.2020