

РОЗДІЛ 3

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВАМИ

УДК 37.07:005.2

DOI: <https://doi.org/10.32782/2304-0920/1-95-4>Балан В. Г.
Козленко А. С.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ОЦІНЮВАННЯ ФАКТОРІВ SWOT-АНАЛІЗУ ДОСЛІДНИЦЬКОГО УНІВЕРСИТЕТУ НА ОСНОВІ НЕЧІТКИХ ДАНИХ

У статті запропоновано методичний підхід до оцінювання SWOT-факторів організації на основі застосування інструментарію стратегічної діагностики діяльності підприємства та нечітко-множинної теорії. Для досягнення поставлених цілей у роботі застосовуються класичні методи стратегічного аналізу та нечіткий метод багатокритерійного оцінювання Fuzzy Extension of Simplified Best-Worst Method (F-SBWM). У розробленій моделі використовуються експертні лінгвістичні оцінки за визначеною 8-рівневою терм-множиною, які трансформуються у нечіткі числа з триангулярною формою представлення та трикутними функціями належності. Для комп'ютерної підтримки методичного підходу розроблено фреймворк у програмному додатку Excel. Методичний підхід дає змогу вищому керівництву підприємства ідентифікувати SWOT-фактори підприємства, обчислити на основі нечіткої експертної інформації вагові коефіцієнти цих факторів та розширити можливості їх застосування у стратегічному процесі.

Ключові слова: дослідницький університет, стратегічний аналіз, SWOT-фактори, теорія нечітких множин, лінгвістичні змінні, Fuzzy SBWM.

Постановка проблеми. Стан розвитку вищої освіти в період воєнного стану в Україні є вкрай важким: скорочення державного фінансування, руйнування наявної інфраструктури закладів вищої освіти (ЗВО) та об'єктів енергетичної інфраструктури, відтік висококваліфікованих кадрів зумовлюють зниження рівня конкурентоспроможності українських закладів вищої освіти у світі. Зменшення кількості абітурієнтів в українських ЗВО спричинене масовою міграцією українців за кордон, зменшенням кількості іноземних абітурієнтів, а також створенням привабливих умов для вступу в закордонні ЗВО українцям (право на безкоштовне навчання та проживання, стипендіальні програми, безкоштовні мовні курси тощо). Пошук нових стратегічних рішень щодо підвищення рівня привабливості ЗВО на вітчизняному та світовому ринках є нагальним завданням для керівництва закладів вищої освіти. Особливу роль тут мають відігравати дослідницькі університети, які в усьому світі є флагманами науки та отримують найбільшу підтримку з боку держави, є ключовими партнерами для бізнесу в сфері досліджень та розробок, успішно комерціалізують отримані знання на ринку та вибудовують навколо себе інноваційну інфраструктуру (наукові парки, бізнес інкубатори та технопарки).

Складність ринкового середовища, його динамічність і важкопрогнозований характер зумовлюють необхідність розробки науково-обґрунтованих методик аналізу зовнішніх та внутрішніх факторів впливу на дослідницькі університети. Формування стратегій розвитку дослідницьких університетів вимагає розуміння глобальних тенденцій, конкурентного середовища та очікувань зацікавлених сторін. Якісний аналіз факторів є фундаментом для побудови вдалої стратегії розвитку дослідницького університету та допомагає керівникам визначити наявні ресурси та можливості дослідницьких університетів для подальшого ефективного функціонування. Пошук нових

можливостей, передбачення нових викликів та вміння швидко адаптуватись до поточних викликів є вирішальним чинником успішного функціонування на ринку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теоретичним та методичним аспектам стратегічного планування діяльності підприємств присвячена велика кількість досліджень, зокрема таких відомих зарубіжних учених як І. Ансофф [1], Ф. Р. Девід [2], Фляйшер, Б. Бенсуссан [3], Грант [3], Дж. Ламбен [4], А. Томпсон, А. Стрікленд [5], Т. Л. Вілін, Д. Л. Хангер, А. Н. Хофман, К. Е. Бемфорд [6]. Суттєвий внесок у розвиток методології стратегічного управління зроблено вітчизняними вченими Л. Довгань, А. Наливайком, Н. Подольчаком, З. Шершньовою, А. Шегдою та ін.

Більш детально проблематикою стратегічного управління дослідницькими університетами в Україні займалися А. Ф. Павленко [7], Д. Г. Лук'яненко, Л. Л. Антонюк [8], Д. М. Бабенко [9], О. І. Жилінська [10], В. І. Сади́к [11], М. В. Ситницький [12] та ін. Разом з тим, виникає необхідність більш ретельного вивчення окремих аспектів, зокрема тих, що стосуються оцінювання та ранжування факторів SWOT-аналізу дослідницького університету. У своєму дослідженні Ю. Скиба [13] використовує SWOT-аналіз як інструмент для виявлення науково-педагогічного потенціалу дослідницьких університетів, а М. М. Гладченко [14] зазначає, що SWOT-аналіз – це один із етапів стратегічного менеджменту закладів вищої освіти країн Європейського Союзу (ЄС), який сприяє якісному прийняттю управлінських рішень на основі великого масиву даних, а також сприяє легітимізації управлінських рішень. З метою вдосконалення інструментарію SWOT-аналізу в наукових працях досить широко використовується комбінування SWOT-аналізу з різноманітними методами багатокритерійного аналізу, зокрема з методом нечіткого аналітичного ієрархічного процесу (Fuzzy Analytical Hierarchy Process – FAHP).

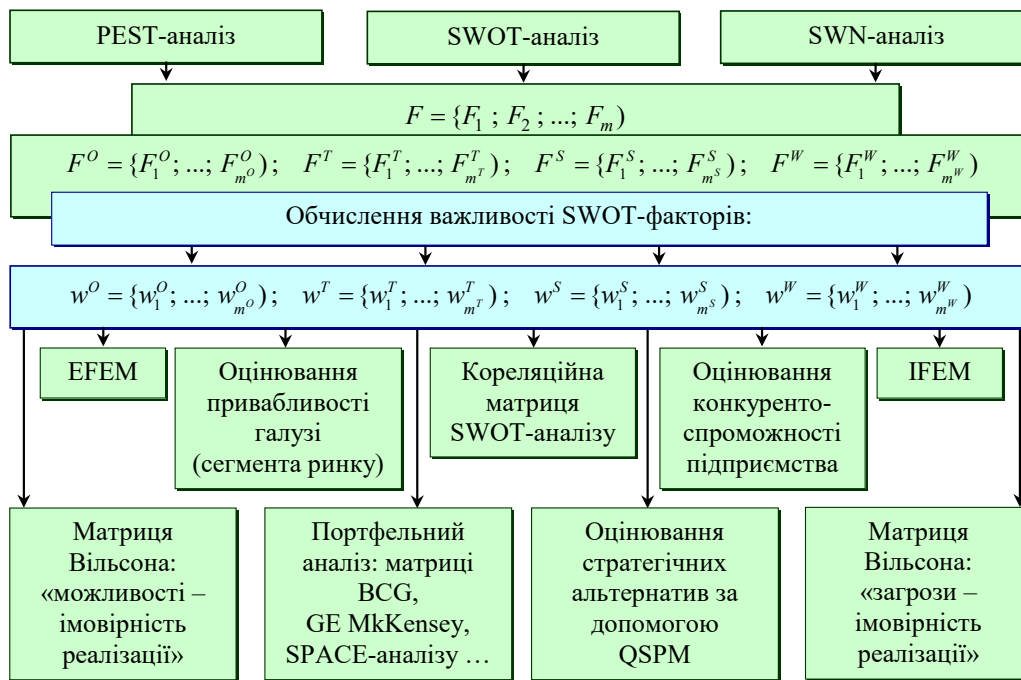


Рис. 1. Застосування вагових коефіцієнтів SWOT-факторів у стратегічному процесі
 Джерело: розроблено авторами

У своїх дослідженнях дані підходи використовували О. Х. Кузу [15], С. А. Малік [16], С. Ю [17], С. А. Баніхашемі, М. Сагафі [18] М. Фрідріхсен, Х. Зареа, А. Тайебі та Асаді Саїд Абад Ф. [19] та інші. У [19] зокрема побудована гібридна модель на основі SWOT-аналізу та Fuzzy AHP, причому критерії та підкритерії оцінювання визначаються за допомогою SWOT-аналізу, а Fuzzy AHP-метод використовується для оцінювання та ранжування внутрішніх і зовнішніх факторів, які впливають на конкуренцію іранських університетів. Одержані оцінки використовуються у подальшому для стратегічного вибору, який здійснюється на основі стратегій, одержаних на основі матриці ІЕ, та стратегій, розроблених на основі SWOT-аналізу.

Незважаючи на ґрунтовність й чисельність проведених досліджень залишаються недостатньо проаналізованими проблеми оцінювання вагових коефіцієнтів SWOT-факторів дослідницьких університетів в умовах нечіткості та невизначеності, особливостей їх ранжування та ідентифікації напрямів і можливостей застосування у стратегічному управлінні організаціями.

Метою статті є розробка методичного підходу до оцінювання важливості SWOT-факторів організації з урахуванням нечіткості даних, одержаних від експертів, на основі застосування інструментарію стратегічної діагностики діяльності підприємства, теорії нечітких множин та нечіткого багатокритерійного аналізу, зокрема методу Fuzzy Extension of Simplified Best-Worst Method (F-SBWM) [20].

Виклад основного матеріалу дослідження. SWOT-аналіз – це потужний інструмент, який дає змогу визначити зовнішні та внутрішні фактори, які впливають на дослідницький університет, систематизувати основні сильні та слабкі сторони ЗВО, а також проаналізувати можливості та загрози і визначити можливі перспективи для подальшого розвитку ЗВО. SWOT-аналіз допомагає приймати більш обґрунтовані рішення, оскільки дає змогу дослідити не лише наявний стан ЗВО,

але й визначити ті аспекти, які необхідно посилити й удосконалити, та сформувані стратегії розвитку з урахуванням різних сценаріїв майбутнього.

На рис. 1 наведені основні напрями застосування вагових коефіцієнтів SWOT-факторів у стратегічному управлінні організаціями.

Відзначимо, що найбільшою мірою вагові коефіцієнти SWOT-факторів можуть бути корисними в стратегічному аналізі підприємства (організації) при побудові матриць EFEM (External Factors Evaluation Matrix), IFEM (Internal Factors Evaluation Matrix) та відповідно матриці IEM (Internal-External Matrix) й кореляційної матриці SWOT-аналізу для формування стратегічних альтернатив, при застосуванні квантитативної матриці стратегічного планування (Quantitative Strategic Planning Matrix – QSPM) для оцінювання стратегічних альтернатив та здійснення стратегічного вибору.

Оскільки розробка методичного підходу до оцінювання важливості SWOT-факторів організації передбачає урахування нечіткості даних, одержаних від експертів, то необхідно розглянути деякі важливі співвідношення та твердження теорії нечітких множин [21; 22], які будуть корисними при вирішенні завдань даного дослідження.

У даній роботі використовується триангулярне представлення нечіткого числа $A = (a_1; a_2; a_3)$ (рис. 2) з відповідними функціями належності (1).

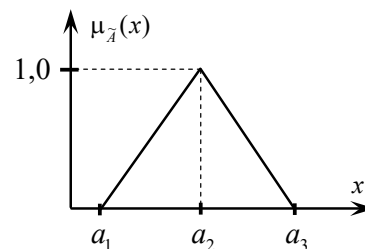


Рис. 2. Графічне представлення нечіткого числа з трикутною функцією належності (TFN)

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 0, & x < a_1; \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & x \in [a_1; a_2]; \\ \frac{x - a_3}{a_2 - a_3}, & x \in [a_2; a_3]; \\ 0, & x > a_3. \end{cases} \quad (1)$$

Якщо $\tilde{A} = (a_1; a_2; a_3)$ та $\tilde{B} = (b_1; b_2; b_3)$ – нечіткі числа, то відповідно до [23]:

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

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

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

$$\tilde{A}(\div)\tilde{B} = (a_1; a_2; a_3)(\div)(b_1; b_2; b_3) = (a_1 / b_3; a_2 / b_2; a_3 / b_1), \quad (5)$$

$$\frac{1}{\tilde{A}} = \frac{1}{(a_1, a_2, a_3)} = \left(\frac{1}{a_3}, \frac{1}{a_2}, \frac{1}{a_1} \right) \quad (6)$$

$$c \times \tilde{A} = c \times (a_1; a_2; a_3) = (ca_1; ca_2; ca_3), \quad c \geq 0, \quad c - const, \quad (7)$$

$$c \times \tilde{A} = c \times (a_1; a_2; a_3) = (ca_3; ca_2; ca_1), \quad c < 0, \quad c - const. \quad (8)$$

Якщо $\tilde{A}_i = (a_{1i}; a_{2i}; a_{3i})$, $i = \overline{1, n}$, то

$$\bigoplus_{i=1}^n \tilde{A}_i = \bigoplus_{i=1}^n (a_{1i}; a_{2i}; a_{3i}) = \left(\sum_{i=1}^n a_{1i}; \sum_{i=1}^n a_{2i}; \sum_{i=1}^n a_{3i} \right) \quad (9)$$

Відповідно до [23] для дефазифікації (defuzzification) нечіткого трикутного числа $\tilde{A} = (a_1; a_2; a_3)$ використовується співвідношення методу COA (Centre Of Area) (10):

$$\tilde{A}^{def} = \frac{(a_3 - a_1) + (a_2 - a_1)}{3} + a_1. \quad (10)$$

З метою урахування нечіткості даних, одержаних від експертів на етапі стратегічного аналізу зовнішнього оточення та внутрішнього середовища організації, авторами розроблено методичний підхід до оцінювання важливості SWOT-факторів організації на основі теорії нечітких множин та нечіткого методу багатокритерійного оцінювання Fuzzy Extension of Simplified Best-Worst Method (F-SBWM) [20], основні етапи якого наведені на рис. 3.

На етапі 1 здійснюється ґрунтовний стратегічний аналіз організації з метою ідентифікації фак-

торів впливу зовнішнього оточення (формування загальних переліків загроз та можливостей) та факторів внутрішнього середовища (сильних та слабких сторін), які наведені для Київського національного університету імені Тараса Шевченка у табл. 1 та 2.

На етапі 2 здійснюється формування робочої групи із K експертів, які мають фахові навички, знання та досвід. Доцільно також включити зовнішніх експертів, які мають відповідні компетенції у проблемній області та кваліфікацію.

Основою розробленого методичного підходу є 3-й етап, на якому для оцінювання важливості ідентифікованих факторів за кожним напрямом аналізу реалізується процедура Fuzzy Extension of Simplified Best-Worst Method [20].

Розглянемо основні кроки застосування цього методу (рис. 3), адаптувавши його до специфіки та особливостей проблеми дослідження.

На кроці 1 на основі досягнення групою експертів консенсусу за кожним напрямом аналізу необхідно визначити

а) найбільш важливий («best») і б) найменш важливий («worst») фактори.

У загальному випадку позначимо їх так: F_{best} та F_{worst} .

На кроці 2 передбачається лінгвістичне оцінювання кожним із K експертів за допомогою термів, наведених у табл. 1, важливості (пріоритетності)

а) «best»-фактора порівняно з кожним із інших факторів. Результатом цього будуть лінгвістичні оцінки L_{jk}^{best} ($j = \overline{1, m}$; $k = \overline{1, K}$);

б) кожного з факторів порівняно з найменш важливим фактором (worst-фактором) (результат позначимо: L_{jk}^{worst} , $j = \overline{1, m}$; $k = \overline{1, K}$).

На кроці 3 необхідно за шкалою табл. 1 трансформувати одержані оцінки

а) L_{jk}^{best} у відповідні нечіткі числа з трикутними функціями належності (рис. 4) у формі $\tilde{a}_{jk}^{best} = (\alpha_{jk}^{best}; \beta_{jk}^{best}; \gamma_{jk}^{best})$, $j = \overline{1, m}$; $k = \overline{1, K}$ та

б) L_{jk}^{worst} у відповідні нечіткі трикутні числа (рис. 4) у формі $\tilde{a}_{jk}^{worst} = (\alpha_{jk}^{worst}; \beta_{jk}^{worst}; \gamma_{jk}^{worst})$, $j = \overline{1, m}$; $k = \overline{1, K}$.

Таблиця 1

Основні фактори внутрішнього середовища Київського національного університету імені Тараса Шевченка

Сильні сторони (Strength)		Слабкі сторони (Weakness)	
F_1^S	Високий рівень репутації в Україні та присутність у світових рейтингах університетів.	F_1^W	Залежність від рівня державного фінансування та відсутність додаткових джерел фінансування.
F_2^S	Висококваліфікований науково-педагогічний персонал.	F_2^W	Застаріла матеріально-технічна база для проведення провідних наукових досліджень.
F_3^S	Наявність програм мобільності для студентів та викладачів.	F_3^W	Високий рівень бюрократії та застаріла система управління ЗВО.
F_4^S	Автономність дослідницького університету.	F_4^W	Низька частка іноземних студентів у загальній кількості студентів ЗВО.
F_5^S	Широкий асортимент освітніх послуг.	F_5^W	Висока вартість навчання порівняно з конкурентами.
F_6^S	Високий рівень публікаційної активності в Україні.	F_6^W	Недостатнє впровадження результатів наукових досліджень у реальний сектор економіки.
F_7^S	Налагоджена система міжнародних зв'язків.	F_7^W	Відсутність ефективної системи мотивації і стимулювання науково-педагогічних кадрів.
F_8^S	Найбільші обсяги наукових досліджень серед університетів на українському ринку.	F_8^W	Недостатня кількість гуртожитків.
F_9^S	Налагоджені партнерські відносини з українськими роботодавцями	F_9^W	Низький відсоток індексації видань Київського національного університету імені Тараса Шевченка в наукометричних базах
F_{10}^S	Розгалужена інфраструктура закладу вищої освіти.	F_{10}^W	Відсутня налагоджена інноваційна екосистема університету

Джерело: розроблено авторами

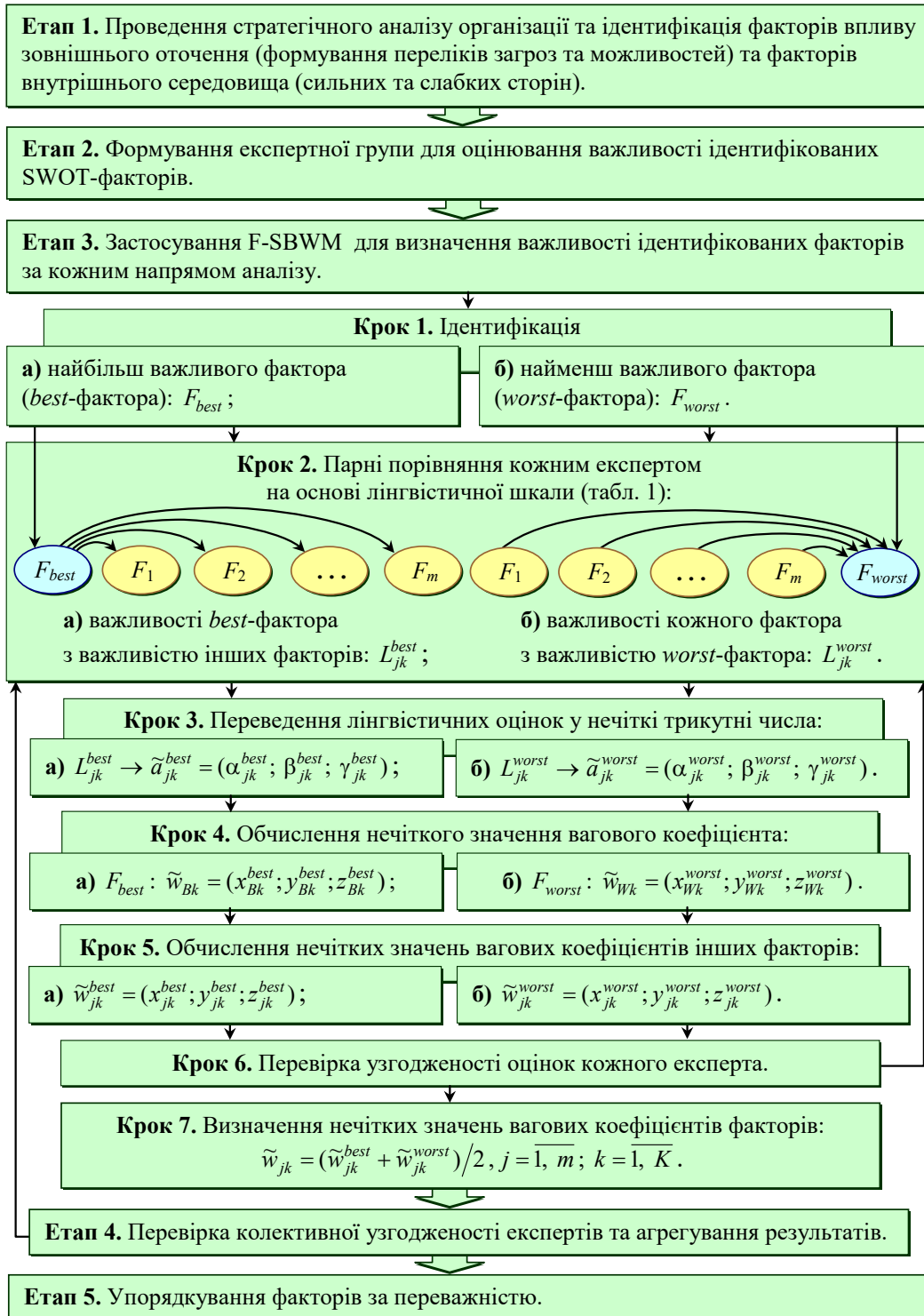


Рис. 3. Модель ранжування SWOT-факторів на основі Fuzzy Extension of Simplified Best-Worst Method (F-SBWM)

Джерело: розроблено авторами

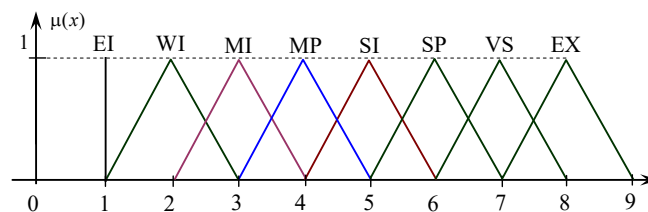


Рис. 4. Функції належності термів оцінювання

Джерело: [24]

Таблиця 2

**Основні фактори зовнішнього оточення
Київського національного університету імені Тараса Шевченка**

Можливості (Opportunities)		Загрози (Threats)	
F_1^O	Посилення інтеграції в європейський та світовий освітній та науковий простір.	F_1^T	Подальше скорочення державного фінансування закладів вищої освіти.
F_2^O	Реалізація програм додаткового фінансування з державних і недержавних джерел фінансування.	F_2^T	Погіршення воєнно-політичної ситуації в Україні.
F_3^O	Збільшення грантової підтримки наукових та освітніх проєктів закладів вищої освіти.	F_3^T	Відтік висококваліфікованих кадрів та абітурієнтів за кордон.
F_4^O	Впровадження заходів щодо вдосконалення законодавчої та нормативної бази в сфері вищої освіти, наукової та науково-технічної діяльності.	F_4^T	Руйнування інфраструктури закладів вищої освіти.
F_5^O	Покращення механізмів академічної мобільності в умовах воєнного стану.	F_5^T	Зниження платоспроможності населення.
F_6^O	Цифровізація освітнього процесу та електронного документообігу закладів вищої освіти.	F_6^T	Доступність послуг освіти в режимі online (Coursera, EdX, Udemy, Prometheus тощо).
F_7^O	Налагодження механізмів співпраці між державою, закладами вищої освіти та бізнесом (спільні наукові дослідження, проходження практики студентами, спільні публікації, проведення конференцій тощо).	F_7^T	Несприятлива демографічна ситуація в Україні (зменшення кількості абітурієнтів).
F_8^O	Створення нових спеціальностей, які є затребуваними на ринку.	F_8^T	Диспропорції між попитом та пропозицією на ринку освітніх послуг.
F_9^O	Запровадження програм державного пільгового довгострокового кредитування на здобуття освіти.	F_9^T	Несприятливі зміни в законодавстві в Україні.
F_{10}^O	Зростання суспільного інтересу до освіти впродовж життя.	F_{10}^T	Посилення конкуренції між закордонними та українськими закладами вищої освіти.

Джерело: розроблено авторами

Таблиця 3

Лінгвістичні терми оцінювання важливості (importance) факторів та відповідні нечіткі числа в триангулярній (TFN) формі

Лінгвістичні терми для оцінювання важливості факторів	Позначення	Нечіткі значення (TFN)
Однакова (Equally)	EI	(1; 1; 1)
Слабка (Weakly)	WI	(1; 2; 3)
Помірна (Moderate)	MI	(2; 3; 4)
Помірна плюс (Moderate plus)	MP	(3; 4; 5)
Сильна (Strong)	SI	(4; 5; 6)
Сильна плюс (Strong plus)	SP	(5; 6; 7)
Дуже сильна (Very strong)	VS	(6; 7; 8)
Надзвичайна (Extreme)	EX	(7; 8; 9)

Джерело: [24]

На кроці 4

а) за допомогою рівняння (11) спочатку обчислюють важливість (пріоритетність) \tilde{w}_{Bk}^{best} «best»-фактора:

$$\left(\bigoplus_{j=1}^m \frac{1}{\tilde{a}_{jk}^{best}} \right) \otimes \tilde{w}_{Bk}^{best} = 1, \quad k = \overline{1, K}. \quad (11)$$

Звідси

$$\begin{aligned} \tilde{w}_{Bk}^{best} &= 1 / \left(\bigoplus_{j=1}^m \frac{1}{\tilde{a}_{jk}^{best}} \right) = \frac{1}{\frac{1}{(\alpha_{1k}^{best}, \beta_{1k}^{best}, \gamma_{1k}^{best})} + \frac{1}{(\alpha_{2k}^{best}, \beta_{2k}^{best}, \gamma_{2k}^{best})} + \dots + \frac{1}{(\alpha_{mk}^{best}, \beta_{mk}^{best}, \gamma_{mk}^{best})}} = \\ &= \frac{1}{\left(\frac{1}{\gamma_{1k}^{best}}; \frac{1}{\beta_{1k}^{best}}; \frac{1}{\alpha_{1k}^{best}} \right) + \left(\frac{1}{\gamma_{2k}^{best}}; \frac{1}{\beta_{2k}^{best}}; \frac{1}{\alpha_{2k}^{best}} \right) + \dots + \left(\frac{1}{\gamma_{mk}^{best}}; \frac{1}{\beta_{mk}^{best}}; \frac{1}{\alpha_{mk}^{best}} \right)} = \\ &= \frac{1}{\left(\sum_{j=1}^m \frac{1}{\gamma_{jk}^{best}}; \sum_{j=1}^m \frac{1}{\beta_{jk}^{best}}; \sum_{j=1}^m \frac{1}{\alpha_{jk}^{best}} \right)} = \left(1 / \sum_{j=1}^m \frac{1}{\alpha_{jk}^{best}}; 1 / \sum_{j=1}^m \frac{1}{\beta_{jk}^{best}}; 1 / \sum_{j=1}^m \frac{1}{\gamma_{jk}^{best}} \right) = (x_{Bk}^{best}; y_{Bk}^{best}; z_{Bk}^{best}). \end{aligned} \quad (12)$$

б) за допомогою співвідношення (13) розраховують важливість «worst»-фактора \tilde{w}_{Wk}^{worst} :

$$\left(\bigoplus_{j=1}^m \tilde{a}_{jk}^{worst} \right) \otimes \tilde{w}_{Wk}^{worst} = 1, \quad (13)$$

Отже,

$$\begin{aligned} \tilde{w}_{Wk}^{worst} &= 1 / \bigoplus_{j=1}^m \tilde{a}_{jk}^{worst} = \frac{1}{(\alpha_{1k}^{worst}; \beta_{1k}^{worst}; \gamma_{1k}^{worst}) + (\alpha_{2k}^{worst}; \beta_{2k}^{worst}; \gamma_{2k}^{worst}) + \dots + (\alpha_{mk}^{worst}; \beta_{mk}^{worst}; \gamma_{mk}^{worst})} = \\ &= \frac{1}{(\alpha_{1k}^{worst}; \beta_{1k}^{worst}; \gamma_{1k}^{worst}) + (\alpha_{2k}^{worst}; \beta_{2k}^{worst}; \gamma_{2k}^{worst}) + \dots + (\alpha_{mk}^{worst}; \beta_{mk}^{worst}; \gamma_{mk}^{worst})} = \\ &= \frac{1}{\left(\sum_{j=1}^m \alpha_{jk}^{worst}; \sum_{j=1}^m \beta_{jk}^{worst}; \sum_{j=1}^m \gamma_{jk}^{worst} \right)} = \left(\frac{1}{\sum_{j=1}^m \alpha_{jk}^{worst}}; \frac{1}{\sum_{j=1}^m \beta_{jk}^{worst}}; \frac{1}{\sum_{j=1}^m \gamma_{jk}^{worst}} \right) = (x_{Wk}^{worst}; y_{Wk}^{worst}; z_{Wk}^{worst}). \end{aligned} \quad (14)$$

На кроці 5 обчислюють вагові коефіцієнти інших факторів (крім «best» та «worst»-факторів, які вже розраховані вище (формули (12) та (14)):

а) для «best»-підходу оскільки мають виконуватися співвідношення $\tilde{w}_{Bk}^{best} - \tilde{a}_{jk}^{best} \otimes \tilde{w}_{jk}^{best} = 0$, то для довільного $j=1, m$ маємо:

$$w_{jk}^{best} = \frac{\tilde{w}_{Bk}^{best}}{\tilde{a}_{jk}^{best}} = \frac{(x_{Bk}^{best}; y_{Bk}^{best}; z_{Bk}^{best})}{(\alpha_{jk}^{best}; \beta_{jk}^{best}; \gamma_{jk}^{best})} = \left(\frac{x_{Bk}^{best}}{\alpha_{jk}^{best}}; \frac{y_{Bk}^{best}}{\beta_{jk}^{best}}; \frac{z_{Bk}^{best}}{\gamma_{jk}^{best}} \right) = (x_{jk}^{best}; y_{jk}^{best}; z_{jk}^{best}) \quad (15)$$

б) для «worst»-підходу, підставляючи ваговий коефіцієнт найменш важливого фактора (14) в рівняння (16)

$$\tilde{w}_{jk}^{worst} (-) \tilde{a}_{jk}^{worst} \otimes \tilde{w}_{Wk}^{worst} = 0 \quad (16)$$

(для довільного $j=1, m$), обчислюють вагові коефіцієнти інших факторів (17).

$$= (\alpha_{jk}^{worst} x_{Wk}^{worst}; \beta_{jk}^{worst} y_{Wk}^{worst}; \gamma_{jk}^{worst} z_{Wk}^{worst}) = (x_{jk}^{worst}; y_{jk}^{worst}; z_{jk}^{worst}). \quad (17)$$

Крок 6. Для перевірки узгодженості оцінок кожного експерта можна скористатися [20; 24] коефіцієнтом CR_k , який розраховується за наступним співвідношенням (18):

$$CR_k = def \left(\bigoplus_{j=1}^m (\tilde{w}_{jk}^{best} (-) \tilde{w}_{jk}^{worst})^2 \right), \quad (18)$$

або коефіцієнтом девіації за формулою (19):

$$TD_k = def \left(\bigoplus_{j=1}^m \left(\left(\frac{\tilde{a}_{jk}^{best} (-) \tilde{w}_{Bk}^{best}}{\tilde{w}_{jk}^{best}} \right)^2 \oplus \left(\frac{\tilde{a}_{jk}^{worst} (-) \tilde{w}_{Wk}^{worst}}{\tilde{w}_{jk}^{worst}} \right)^2 \right) \right). \quad (19)$$

Якщо значення розрахованих коефіцієнтів є досить значними, експертам необхідно переглянути свої оцінки переважності при попарних порівняннях, щоб досягти для цих коефіцієнтів прийнятнього діапазону.

Крок 7. У випадку задовільних значень коефіцієнтів CR_k та TD_k , розраховують середні значення вагових коефіцієнтів факторів із урахуванням «best»-підходу та «worst»-підходу за допомогою формул (20):

$$\begin{aligned} \tilde{w}_{jk} &= \frac{1}{2} (\tilde{w}_{jk}^{best} + \tilde{w}_{jk}^{worst}) = \frac{1}{2} ((x_{jk}^{best}; y_{jk}^{best}; z_{jk}^{best}) \oplus (x_{jk}^{worst}; y_{jk}^{worst}; z_{jk}^{worst})) = \\ &= \left(\frac{1}{2} (x_{jk}^{best} + x_{jk}^{worst}); \frac{1}{2} (y_{jk}^{best} + y_{jk}^{worst}); \frac{1}{2} (z_{jk}^{best} + z_{jk}^{worst}) \right) = \\ &= (x_{jk}; y_{jk}; z_{jk}). \end{aligned} \quad (20)$$

На етапі 4 здійснюється перевірка групової узгодженості оцінок експертів на основі розрахунку коефіцієнтів конкордації за кожним напрямом аналізу. У разі суттєвого розходження цих оцінок може бути застосована процедура нечіткого Delphi-методу [25].

Позначимо розраховані за оцінками кожного експерта вагові коефіцієнти факторів за напрямом S, W, O, T відповідно: $\tilde{w}_{jk}^S = (x_{jk}^S; y_{jk}^S; z_{jk}^S)$, $\tilde{w}_{jk}^W = (x_{jk}^W; y_{jk}^W; z_{jk}^W)$, $\tilde{w}_{jk}^O = (x_{jk}^O; y_{jk}^O; z_{jk}^O)$, $\tilde{w}_{jk}^T = (x_{jk}^T; y_{jk}^T; z_{jk}^T)$.

У разі задовільної узгодженості оцінок експертів агрегування вагових коефіцієнтів факторів здійснюється за формулами (21) – (24):

$$\tilde{w}_j^S = \frac{1}{K} \bigoplus_{k=1}^K \tilde{w}_{jk}^S = \frac{1}{K} \bigoplus_{k=1}^K (x_{jk}^S; y_{jk}^S; z_{jk}^S) = (x_j^S; y_j^S; z_j^S), \quad j = \overline{1, m^S}; \quad (21)$$

$$\tilde{w}_j^W = \frac{1}{K} \bigoplus_{k=1}^K \tilde{w}_{jk}^W = \frac{1}{K} \bigoplus_{k=1}^K (x_{jk}^W; y_{jk}^W; z_{jk}^W) = (x_j^W; y_j^W; z_j^W), \quad j = \overline{1, m^W}; \quad (22)$$

$$\tilde{w}_j^O = \frac{1}{K} \bigoplus_{k=1}^K \tilde{w}_{jk}^O = \frac{1}{K} \bigoplus_{k=1}^K (x_{jk}^O; y_{jk}^O; z_{jk}^O) = (x_j^O; y_j^O; z_j^O), \quad j = \overline{1, m^O}; \quad (23)$$

$$\tilde{w}_j^T = \frac{1}{K} \bigoplus_{k=1}^K \tilde{w}_{jk}^T = \frac{1}{K} \bigoplus_{k=1}^K (x_{jk}^T; y_{jk}^T; z_{jk}^T) = (x_j^T; y_j^T; z_j^T), \quad j = \overline{1, m^T}. \quad (24)$$

Етап 5. Для ранжування факторів за напрямом S, W, O, T , можна скористатися дефазифікованими (за формулою (10)) значеннями одержаних вагових коефіцієнтів: $(\tilde{w}_j^S)^{def}$, $(\tilde{w}_j^W)^{def}$, $(\tilde{w}_j^O)^{def}$, $(\tilde{w}_j^T)^{def}$.

Розглянемо застосування розробленого методичного підходу до оцінювання та ранжування SWOT-факторів Київського національного університету імені Тараса Шевченка. У табл. 3–6 наведені експертні лінгвістичні оцінки факторів, представлених у табл. 1 та 2.

У табл. 7–10 наведено трансформовані (за шкалою табл. 1) лінгвістичні оцінки експертів у трикутні нечіткі числа за кожним із напрямів аналізу.

Через великий обсяг проміжних (розрахованих за формулами (12), (14), (15) та (17) результатів), наведемо кінцеві нечіткі й дефазифіковані значення вагових коефіцієнтів за кожним із напрямів аналізу та їх відповідні ранги (табл. 10 та 11).

Слід зазначити, що для розгляду різних рівнів невизначеності («уточнення одержаних нечітких оцінок») можна скористатися α -перерізом нечіткого числа [23].

На основі одержаних результатів можна зробити висновок, що найбільш важливою серед загроз є подальше скорочення державного фінансування закладів вищої освіти (F_1^T). Аналіз факторів конкурентоспроможності дослідницьких університетів світового класу показує, що надважливим фактором є високий рівень державного фінансування дослідницьких університетів, що в результаті дає змогу проводити інноваційні дослідження та дає змогу утримувати найбільш фахових професорів [7, с. 32]. Пошук нових джерел фінансування є нагальним завданням для керівництва дослідницьких університетів в Укра-

Таблиця 4

Лінгвістичні оцінки експертами Strength-факторів

F \ E	E ₁		E ₂		E ₃		E ₄		E ₅	
	best	worst	best	worst	best	worst	best	worst	best	worst
F ₁ ^S	MP	WI	MP	WI	MI	WI	MP	EI	MP	EI
F ₂ ^S	best	SI	best	SI	best	MP	best	MP	best	MP
F ₃ ^S	MP	WI	MI	MI	MI	WI	MP	EI	WI	MI
F ₄ ^S	MP	WI	MI	MI	MP	EI	MP	EI	MI	WI
F ₅ ^S	EI	SI	WI	MP	WI	MI	WI	MI	EI	MP
F ₆ ^S	MI	MI	MI	MI	WI	MI	WI	MI	WI	MI
F ₇ ^S	MP	WI	MP	WI	MI	WI	MI	WI	MI	WI
F ₈ ^S	WI	MP	EI	SI	WI	MI	WI	MI	EI	MP
F ₉ ^S	MI	MI	MP	WI	MI	WI	MI	WI	WI	MI
F ₁₀ ^S	SI	worst	SI	worst	MP	worst	MP	worst	MP	worst

Таблиця 5

Лінгвістичні оцінки експертами Weakness-факторів

F \ E	E ₁		E ₂		E ₃		E ₄		E ₅	
	best	worst	best	worst	best	worst	best	worst	best	worst
F ₁ ^W	best	SI	best	SI	best	MP	best	MP	best	MP
F ₂ ^W	WI	MP	EI	SI	WI	MI	EI	MP	WI	MI
F ₃ ^W	MI	MI	WI	MP	WI	MI	EI	MP	WI	MI
F ₄ ^W	EI	SI	WI	MP	WI	MI	EI	MP	EI	MP
F ₅ ^W	SI	EI	MP	WI	MP	EI	MP	EI	MI	WI
F ₆ ^W	MI	MI	MI	MI	MP	EI	MI	WI	MI	WI
F ₇ ^S	WI	MP	MI	MI	MI	WI	EI	MP	WI	MI
F ₈ ^W	SI	worst	SI	worst	MP	worst	MP	worst	MP	worst
F ₉ ^W	MP	WI	MI	MI	MP	EI	WI	MI	WI	MI
F ₁₀ ^W	MI	MI	MI	MI	MP	EI	WI	MI	MI	WI

Таблиця 6

Лінгвістичні оцінки експертами Opportunities-факторів

F \ E	E ₁		E ₂		E ₃		E ₄		E ₅	
	best	worst	best	worst	best	worst	best	worst	best	worst
F ₁ ^O	MI	EI	MP	WI	SI	EI	MI	EI	SI	EI
F ₂ ^O	best	MI	best	SI	best	SI	best	MI	best	SI
F ₃ ^O	EI	MI	WI	MP	MI	MI	EI	MI	WI	MP
F ₄ ^O	MI	EI	MI	MI	MI	MI	WI	WI	MP	WI
F ₅ ^O	WI	WI	MP	WI	MI	MI	MI	EI	SI	EI
F ₆ ^O	WI	WI	MI	MI	MP	WI	MI	EI	MP	WI
F ₇ ^O	WI	WI	WI	MP	MI	MI	WI	WI	MI	MI
F ₈ ^O	EI	MI	MI	MI	WI	MP	EI	MI	MI	MI
F ₉ ^O	WI	WI	MP	WI	MP	WI	MI	EI	SI	EI
F ₁₀ ^O	MI	worst	SI	worst	SI	worst	MI	worst	SI	worst

Таблиця 7

Лінгвістичні оцінки експертами Threats-факторів

F \ E	E ₁		E ₂		E ₃		E ₄		E ₅	
	best	worst	best	worst	best	worst	best	worst	best	worst
F ₁ ^T	best	SI	best	SI	best	MI	best	SI	best	SI
F ₂ ^T	EI	SI	WI	MP	EI	MI	WI	MP	WI	MP
F ₃ ^T	EI	SI	WI	MP	EI	MI	EI	SI	EI	SI
F ₄ ^T	EI	SI	EI	MP	EI	MI	WI	MP	EI	SI
F ₅ ^T	MP	WI	MP	EI	MI	EI	SI	EI	MP	WI
F ₆ ^T	SI	worst	MP	worst	MI	worst	SI	worst	SI	worst
F ₇ ^T	WI	MP	MI	MI	WI	WI	MI	MI	WI	MP
F ₈ ^T	MP	WI	MP	EI	MI	EI	MP	WI	SI	EI
F ₉ ^T	MI	MI	MI	MI	MI	EI	MP	WI	MP	WI
F ₁₀ ^T	MP	WI	MI	MI	MI	EI	MP	WI	MP	WI

Таблиця 8

Нечіткі оцінки Strength-факторів

F \ E	E ₁		E ₂		E ₃		E ₄		E ₅	
	best	worst	best	worst	best	worst	best	worst	best	worst
F ₁ ^S	(3;4;5)	(1;2;3)	(3;4;5)	(1;2;3)	(2;3;4)	(1;2;3)	(3;4;5)	(1;1;1)	(3;4;5)	(1;1;1)
F ₂ ^S	(1;1;1)	(4;5;6)	(1;1;1)	(4;5;6)	(1;1;1)	(3;4;5)	(1;1;1)	(3;4;5)	(1;1;1)	(3;4;5)
F ₃ ^S	(3;4;5)	(1;2;3)	(2;3;4)	(2;3;4)	(2;3;4)	(1;2;3)	(3;4;5)	(1;1;1)	(1;2;3)	(2;3;4)
F ₄ ^S	(3;4;5)	(1;2;3)	(2;3;4)	(2;3;4)	(3;4;5)	(1;1;1)	(3;4;5)	(1;1;1)	(2;3;4)	(1;2;3)
F ₅ ^S	(1;1;1)	(4;5;6)	(1;2;3)	(3;4;5)	(1;2;3)	(2;3;4)	(1;2;3)	(2;3;4)	(1;1;1)	(3;4;5)
F ₆ ^S	(2;3;4)	(2;3;4)	(2;3;4)	(2;3;4)	(1;2;3)	(2;3;4)	(1;2;3)	(2;3;4)	(1;2;3)	(2;3;4)
F ₇ ^S	(3;4;5)	(1;2;3)	(3;4;5)	(1;2;3)	(2;3;4)	(1;2;3)	(2;3;4)	(1;2;3)	(2;3;4)	(1;2;3)
F ₈ ^S	(1;2;3)	(3;4;5)	(1;1;1)	(4;5;6)	(1;2;3)	(2;3;4)	(1;2;3)	(2;3;4)	(1;1;1)	(3;4;5)
F ₉ ^S	(2;3;4)	(2;3;4)	(3;4;5)	(1;2;3)	(2;3;4)	(1;2;3)	(2;3;4)	(1;2;3)	(1;2;3)	(2;3;4)
F ₁₀ ^S	(4;5;6)	(1;1;1)	(4;5;6)	(1;1;1)	(3;4;5)	(1;1;1)	(3;4;5)	(1;1;1)	(3;4;5)	(1;1;1)

Таблиця 9

Нечіткі оцінки Weakness-факторів

F \ E	E ₁		E ₂		E ₃		E ₄		E ₅	
	best	worst	best	worst	best	worst	best	worst	best	worst
F ₁ ^W	(1;1;1)	(4;5;6)	(1;1;1)	(4;5;6)	(1;1;1)	(3;4;5)	(1;1;1)	(3;4;5)	(1;1;1)	(3;4;5)
F ₂ ^W	(1;2;3)	(3;4;5)	(1;1;1)	(4;5;6)	(1;2;3)	(2;3;4)	(1;1;1)	(3;4;5)	(1;2;3)	(2;3;4)
F ₃ ^W	(2;3;4)	(2;3;4)	(1;2;3)	(3;4;5)	(1;2;3)	(2;3;4)	(1;1;1)	(3;4;5)	(1;2;3)	(2;3;4)
F ₄ ^W	(1;1;1)	(4;5;6)	(1;2;3)	(3;4;5)	(1;2;3)	(2;3;4)	(1;1;1)	(3;4;5)	(1;1;1)	(3;4;5)
F ₅ ^W	(4;5;6)	(1;1;1)	(3;4;5)	(1;2;3)	(3;4;5)	(1;1;1)	(3;4;5)	(1;1;1)	(2;3;4)	(1;2;3)
F ₆ ^W	(2;3;4)	(2;3;4)	(2;3;4)	(2;3;4)	(3;4;5)	(1;1;1)	(2;3;4)	(1;2;3)	(2;3;4)	(1;2;3)
F ₇ ^S	(1;2;3)	(3;4;5)	(2;3;4)	(2;3;4)	(2;3;4)	(1;2;3)	(1;1;1)	(3;4;5)	(1;2;3)	(2;3;4)
F ₈ ^W	(4;5;6)	(1;1;1)	(4;5;6)	(1;1;1)	(3;4;5)	(1;1;1)	(3;4;5)	(1;1;1)	(3;4;5)	(1;1;1)
F ₉ ^W	(3;4;5)	(1;2;3)	(2;3;4)	(2;3;4)	(3;4;5)	(1;1;1)	(1;2;3)	(2;3;4)	(1;2;3)	(2;3;4)
F ₁₀ ^W	(2;3;4)	(2;3;4)	(2;3;4)	(2;3;4)	(3;4;5)	(1;1;1)	(1;2;3)	(2;3;4)	(2;3;4)	(1;2;3)

Таблиця 10

Нечіткі оцінки Opportunities-факторів

F \ E	E ₁		E ₂		E ₃		E ₄		E ₅	
	best	worst	best	worst	best	worst	best	worst	best	worst
F ₁ ^O	(2;3;4)	(1;1;1)	(3;4;5)	(1;2;3)	(4;5;6)	(1;1;1)	(2;3;4)	(1;1;1)	(4;5;6)	(1;1;1)
F ₂ ^O	(1;1;1)	(2;3;4)	(1;1;1)	(4;5;6)	(1;1;1)	(4;5;6)	(1;1;1)	(2;3;4)	(1;1;1)	(4;5;6)
F ₃ ^O	(1;1;1)	(2;3;4)	(1;2;3)	(3;4;5)	(2;3;4)	(2;3;4)	(1;1;1)	(2;3;4)	(1;2;3)	(3;4;5)
F ₄ ^O	(2;3;4)	(1;1;1)	(2;3;4)	(2;3;4)	(2;3;4)	(2;3;4)	(1;2;3)	(1;2;3)	(3;4;5)	(1;2;3)
F ₅ ^O	(1;2;3)	(1;2;3)	(3;4;5)	(1;2;3)	(2;3;4)	(2;3;4)	(2;3;4)	(1;1;1)	(4;5;6)	(1;1;1)
F ₆ ^O	(1;2;3)	(1;2;3)	(2;3;4)	(2;3;4)	(3;4;5)	(1;2;3)	(2;3;4)	(1;1;1)	(3;4;5)	(1;2;3)
F ₇ ^O	(1;2;3)	(1;2;3)	(1;2;3)	(3;4;5)	(2;3;4)	(2;3;4)	(1;2;3)	(1;2;3)	(2;3;4)	(2;3;4)
F ₈ ^O	(1;1;1)	(2;3;4)	(2;3;4)	(2;3;4)	(1;2;3)	(3;4;5)	(1;1;1)	(2;3;4)	(2;3;4)	(2;3;4)
F ₉ ^O	(1;2;3)	(1;2;3)	(3;4;5)	(1;2;3)	(3;4;5)	(1;2;3)	(2;3;4)	(1;1;1)	(4;5;6)	(1;1;1)
F ₁₀ ^O	(2;3;4)	(1;1;1)	(4;5;6)	(1;1;1)	(4;5;6)	(1;1;1)	(2;3;4)	(1;1;1)	(4;5;6)	(1;1;1)

Таблиця 11

Нечіткі оцінки Threats-факторів

F \ E	E ₁		E ₂		E ₃		E ₄		E ₅	
	best	worst	best	worst	best	worst	best	worst	best	worst
F ₁ ^T	(1;1;1)	(4;5;6)	(1;1;1)	(4;5;6)	(1;1;1)	(2;3;4)	(1;1;1)	(4;5;6)	(1;1;1)	(4;5;6)
F ₂ ^T	(1;1;1)	(4;5;6)	(1;2;3)	(3;4;5)	(1;1;1)	(2;3;4)	(1;2;3)	(3;4;5)	(1;2;3)	(3;4;5)
F ₃ ^T	(1;1;1)	(4;5;6)	(1;2;3)	(3;4;5)	(1;1;1)	(2;3;4)	(1;1;1)	(4;5;6)	(1;1;1)	(4;5;6)
F ₄ ^T	(1;1;1)	(4;5;6)	(1;1;1)	(3;4;5)	(1;1;1)	(2;3;4)	(1;2;3)	(3;4;5)	(1;1;1)	(4;5;6)
F ₅ ^T	(3;4;5)	(1;2;3)	(3;4;5)	(1;1;1)	(2;3;4)	(1;1;1)	(4;5;6)	(1;1;1)	(3;4;5)	(1;2;3)
F ₆ ^T	(4;5;6)	(1;1;1)	(3;4;5)	(1;1;1)	(2;3;4)	(1;1;1)	(4;5;6)	(1;1;1)	(4;5;6)	(1;1;1)
F ₇ ^T	(1;2;3)	(3;4;5)	(2;3;4)	(2;3;4)	(1;2;3)	(1;2;3)	(2;3;4)	(2;3;4)	(1;2;3)	(3;4;5)
F ₈ ^T	(3;4;5)	(1;2;3)	(3;4;5)	(1;1;1)	(2;3;4)	(1;1;1)	(3;4;5)	(1;2;3)	(4;5;6)	(1;1;1)
F ₉ ^T	(2;3;4)	(2;3;4)	(2;3;4)	(2;3;4)	(2;3;4)	(1;1;1)	(3;4;5)	(1;2;3)	(3;4;5)	(1;2;3)
F ₁₀ ^T	(3;4;5)	(1;2;3)	(2;3;4)	(2;3;4)	(2;3;4)	(1;1;1)	(3;4;5)	(1;2;3)	(3;4;5)	(1;2;3)

Таблиця 12

Вагові коефіцієнти Strength та Weakness факторів

F	Strength			F	Weakness		
	TFN	def	Ранг		TFN	def	Ранг
F ₁ ^S	(0,032; 0,060; 0,110)	0,067	8	F ₁ ^W	(0,113; 0,180; 0,259)	0,184	1
F ₂ ^S	(0,129; 0,195; 0,284)	0,203	1	F ₂ ^W	(0,081; 0,136; 0,242)	0,153	3
F ₃ ^S	(0,040; 0,077; 0,149)	0,089	6	F ₃ ^W	(0,065; 0,115; 0,220)	0,133	4
F ₄ ^S	(0,035; 0,064; 0,115)	0,071	9	F ₄ ^W	(0,093; 0,149; 0,247)	0,163	2
F ₅ ^S	(0,088; 0,148; 0,266)	0,167	2	F ₅ ^W	(0,029; 0,051; 0,088)	0,056	9
F ₆ ^S	(0,059; 0,106; 0,220)	0,128	4	F ₆ ^W	(0,034; 0,069; 0,128)	0,077	8
F ₇ ^S	(0,042; 0,072; 0,143)	0,086	7	F ₇ ^S	(0,047; 0,106; 0,198)	0,117	5
F ₈ ^S	(0,087; 0,138; 0,266)	0,164	3	F ₈ ^W	(0,028; 0,036; 0,062)	0,042	10
F ₉ ^S	(0,040; 0,084; 0,167)	0,097	5	F ₉ ^W	(0,041; 0,077; 0,149)	0,089	6
F ₁₀ ^S	(0,030; 0,045; 0,068)	0,048	10	F ₁₀ ^W	(0,040; 0,075; 0,141)	0,085	7

Вагові коефіцієнти Opportunities та Threats факторів

Opportunities				Threats			
F	TFN	def	Ранг	F	TFN	def	Ранг
F_1^O	(0,034; 0,054; 0,089)	0,059	9	F_1^T	(0,125; 0,177; 0,244)	0,182	1
F_2^O	(0,135; 0,204; 0,297)	0,212	1	F_2^T	(0,086; 0,136; 0,230)	0,151	4
F_3^O	(0,083; 0,144; 0,259)	0,162	2	F_3^T	(0,112; 0,163; 0,239)	0,172	2
F_4^O	(0,043; 0,085; 0,163)	0,097	5	F_4^T	(0,109; 0,159; 0,234)	0,168	3
F_5^O	(0,039; 0,073; 0,138)	0,083	7	F_5^T	(0,030; 0,049; 0,079)	0,052	9
F_6^O	(0,040; 0,079; 0,152)	0,090	6	F_6^T	(0,029; 0,041; 0,059)	0,043	10
F_7^O	(0,041; 0,107; 0,221)	0,123	4	F_7^T	(0,038; 0,097; 0,184)	0,106	5
F_8^O	(0,078; 0,124; 0,237)	0,146	3	F_8^T	(0,030; 0,046; 0,080)	0,052	8
F_9^O	(0,035; 0,067; 0,127)	0,077	8	F_9^T	(0,037; 0,066; 0,115)	0,073	6
F_{10}^O	(0,033; 0,050; 0,076)	0,053	10	F_{10}^T	(0,034; 0,062; 0,108)	0,068	7

іні, зокрема оцінювання показало, що реалізація програм додаткового фінансування з державних і недержавних джерел фінансування (F_2^O) є найвагомим фактором можливостей дослідницького університету. Сильною стороною Київського національного університету є наявність висококваліфікованого науково-педагогічного персоналу (F_2^S), що є визначальним чинником у розвитку дослідницького університету. Ф. Альтбах у своєму дослідженні наголошував, що «серцевиною дослідницького університету є його академічний персонал, який повинен бути відданий ідеї безкорисливих досліджень – заради знань – так само, як і більш практичним елементам досліджень та їхнього використання в сучасному суспільстві» [7, с. 31]. Також однією з найсильніших сторін Київського національного університету імені Тараса Шевченка є широкий асортимент освітніх послуг (F_5^S): 79 спеціальностей – ОС «Бакалавр» спеціальностей та 73 спеціальностей – ОС «Магістр», що дає змогу проводити міждисциплінарні наукові дослідження, а також приваблює велику кількість абітурієнтів. Київський національний університет імені Тараса Шевченка має найбільші обсяги наукових досліджень (F_8^S) серед університетів на українському ринку, що є надважливим фактором для дослідницького університету, оскільки основною місією усіх дослідницьких університетів є здійснення провідних наукових досліджень. Проте оцінювання також показало, що однією з найбільш слабких сторін Київського національного університету є застаріла матеріально-технічна база для проведення провідних наукових досліджень (F_2^W), що змушує науковців шукати можливості для проведення спільних досліджень з іноземними науковцями, здійснювати пошук грантового фінансування (F_3^O). Проте, незважаючи на виклики, з якими зіштовхнулись заклади вищої освіти в Україні, заклади вищої освіти продовжили виконувати покладені на них освітні та науково-дослідні функції. До рейтингу QS World University Rankings 2022 увійшли 11 закладів вищої освіти. Незважаючи на руйнування інфраструктури, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна продовжив функціонувати та зайняв найвищу сходинку серед українських ЗВО – 541-550 [26]. У рейтинг World

University Rankings 2023 журналу Times Higher Education потрапили 10 закладів вищої освіти. Найвищу сходинку займає Сумський державний університет – 401-500, Національний університет «Львівська політехніка» посідає 601-800 місце, Харківський національний університет радіоелектроніки – 1001-1200 місце, інші університети посідають сходинки – 1201-1500 [27]. Одним із найважливіших критеріїв в оцінюванні ЗВО є частка іноземних студентів. У Київському національному університеті – низька частка іноземних студентів у загальній кількості студентів ЗВО (F_4^W), на чому акцентували увагу усі експерти, тому проведення маркетингової кампанії задля залучення іноземних студентів є надважливим сьогодні. Однією із найвагомимих можливостей для дослідницьких університетів є створення нових спеціальностей, які є затребуваними на ринку (F_8^O) та налагодження механізмів співпраці між державою, закладами вищої освіти та бізнесом (F_7^O), а саме проведення спільних наукових досліджень та конференцій, проходження практики студентами, спільні публікації тощо. Пошук рішень щодо зменшення відтоку висококваліфікованих кадрів та абітурієнтів закордон (F_3^T) є нагальним питанням для дослідницьких університетів та представників держави. В умовах війни загроза руйнування інфраструктури закладів вищої освіти (F_4^T) є надзвичайно суттєвою для всіх закладів освіти, проте на жаль вплинути на це неможливо, тому керівництву закладів вищої освіти необхідно адаптуватися до наявних умов та шукати нові рішення для забезпечення безпеки освітнього та наукового процесу.

Для зменшення трудомісткості аналітичних розрахунків, а також з метою проведення імітаційного моделювання залежно від корекції міркувань експертів у Excell авторами розроблено фреймворк, основні блоки якого наведено на рис. 5.

Висновки з проведеного дослідження. У статті розглянуто можливості й напрями застосування у стратегічному управлінні організаціями вагових коефіцієнтів SWOT-факторів із урахуванням нечіткості експертної інформації та розроблено методичний підхід до їх оцінювання з використанням інструментарію нечіткого багатокритерійного аналізу, зокрема новітнього методу Fuzzy Extension of Simplified Best-Worst Method (F-SBWM).



Рис. 5. Основні блоки фреймворку оцінювання важливості SWOT-факторів

Джерело: розроблено авторами

Валідність розрахункової моделі запропонованого методичного підходу забезпечується застосуванням процедур перевірки:

- досягнення експертною групою консенсусу щодо вибору best- та worst-факторів за кожним напрямом аналізу;

- узгодженості індивідуальних міркувань експертів при інтеграції best- та worst-підходів за кожним напрямом аналізу;

- групової узгодженості оцінок експертів на основі розрахунку коефіцієнтів конкордації за кожним напрямом аналізу.

Авторами сформовано перелік найбільш важливих SWOT-факторів дослідницького університету (Київського національного університету імені Тараса Шевченка) та апробовано розроблений методичний підхід для оцінювання їх важливості в нечіткому триангулярному представленні. Розроблений в Excel фреймворк, що реалізує

методичний підхід, значно спрощує трудомісткість аналітичних розрахунків, дає змогу оцінити достовірність одержаних результатів та реалізувати імітаційне моделювання залежно від корекції міркувань експертів.

Подальші дослідження за даною темою можуть бути спрямовані на:

- вдосконалення інструментарію ідентифікації SWOT-факторів організації на основі застосування експертних процедур колективного обговорення та використання Fuzzy DEMATEL-методу чи методики SAST (Strategic Assumption Surfacing and Testing);

- адаптацію даного методичного підходу до оцінювання вагових коефіцієнтів SWOT-факторів організацій різного типу (промислових, комерційних тощо);

- розробку фреймворку оцінювання SWOT-факторів із використанням спеціалізованих додатків, які реалізують можливості нечіткого моделювання.

Список використаних джерел:

1. Ansoff I. Strategic Management. Palgrave Macmillan, UK, 1979. 236 p.
2. David Fred R. Strategic management: concepts and cases. 13th ed. Prentice Hall, 2011. 290 p.
3. Fleisher C. S., Bensoussan B. Strategic and Competitive Analysis. Methods and Techniques for Analyzing Business Competition. Pearson College Div, 2002. 457 p.
4. Lambin J. J. Strategic Marketing Management. McGraw-Hill, 1996. 692 p.
5. Thompson A. A., Strickland A.J. Strategic Management: Concepts and Cases, 13th Edition, 2003. 450 p.
6. Wheelen T.L. et al Strategic Management and Business Policy. Globalization, innovation, and sustainability. Pearson Education Limited, 2018. 851 p.
7. Дослідницькі університети: світовий досвід та перспективи розвитку в Україні : монографія / А. Ф. Павленко та інші; за заг. ред. А. Ф. Павленка та Л. Л. Антонюк. Київ : КНЕУ, 2014. 550 с.
8. Конкурентні моделі управління якістю вищої освіти у XXI столітті : монографія / за ред. Д. Г. Лук'яненка, Л. Л. Антонюк. Київ : КНЕУ, 2019. 380 с.

9. Бабенко Д. М. Формування стратегій посилення конкурентоспроможності дослідницького університету. *Економіка та держава*. 2021. № 1. С. 164–170. DOI: 10.32702/2306-6806.2021.1.164
10. Жилінська О.І. Дослідницькі університети у комерціалізації результатів ДіР. Сучасна наука та технології: від фундаментальних досліджень до комерціалізації результатів НДДКР : матеріали міжнар. наук.-практ. конф. 10 березня 2010 р. Київ : Фенікс, 2010. С. 171–173.
11. Сазик В. І. Сучасні моделі дослідницьких університетів: витоки, стратегії розвитку та перспективи розбудови в Україні. *Ідеологія і політика*. 2012. № 2. С. 25–39. URL: https://ideopol.org/wp-content/uploads/2014/03/8_UKR-Satsyk-.pdf (дата звернення: 10.01.2023).
12. Ситницький М.В. Стратегічне управління розвитком дослідницьких університетів : монографія. Київ : Ліра-К, 2018. 302 с.
13. Скиба Ю. SWOT-аналіз як інструмент виявлення науково-педагогічного потенціалу українських університетів. *Освітологічний дискурс*. 2020. № 3. С. 86–91. URL: <https://od.kubg.edu.ua/index.php/journal/article/view/737> (дата звернення: 01.12.2022).
14. Гладченко М. М. SWOT-аналіз – складова частина стратегічного менеджменту вищих навчальних закладів країн ЄС. *Педагогічні науки*. 2013. № 109. С. 33–40. URL: <http://enpuir.npu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/7518/Gladchenko.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (дата звернення: 05.12.2022).
15. Ömir Nakan Kuzu. Strategy Selection in the Universities via Fuzzy AHP Method : A Case Study. *International Journal of Higher Education*. 2020. № 9 (2). P. 107–117. DOI: <https://doi.org/10.5430/ijhe.v9n2p107>
16. Malik S. A. Integrating AHP, SWOT and QSPM in strategic planning- an application to college of business administration in Saudi Arabia. *International Journal of the Analytic Hierarchy Process*. 2013. № 13. P. 1–13. DOI: <https://doi.org/10.13033/isahp.y2013.049>
17. Yu S. Quantitative SWOT Analysis on Factors Influencing the Sustainable Development of Non-Academic Education in China's Open Universities: A Case Study of Beijing Open University. *Sustainability*. 2022. Vol. 14. № 20. P. 13–16. DOI: <https://doi.org/10.3390/su142013016>
18. Banihashemi S. A., Saghafi M. Strategic Planning in University with use the SWOT Model and Decision-Making Process. *Sylwan*. 2015. Vol. 159. №1. P. 292–305.
19. Friedrichsen M. et al. Competitive strategies of knowledge and innovation commercialization: a unified SWOT and FUZZY AHP approach. *AD-minister*. 2017. Vol. 30. P. 45–72. DOI: <https://doi.org/10.17230/ad-minister.30.3>
20. Amiri M., et al. A Fuzzy Extension of Simplified Best-Worst Method (F-SBWM) and Its Applications to Decision-Making Problems. *Symmetry*. 2023. Vol. 15. № 81. P. 1–30. DOI: <https://doi.org/10.3390/sym15010081>
21. Bellman R. E., Zadeh L. A. Decision-Making in Fuzzy Environment. *Management Science*. 1970. Vol. 17. № 4. P. 141–160. DOI: <https://doi.org/10.1287/mnsc.17.4.B141>
22. Zadeh L. A. Fuzzy Sets as a Theory of Possibility. *Fuzzy Sets and Systems*. 1978. Vol. 1(1). P. 89–100.
23. Leekwijck W., Kerre E. E. Defuzzification: criteria and classification. *Fuzzy Sets and Systems*. 1999. Vol. 108. № 2. P. 159–178.
24. Amiri M. et al. A new fuzzy approach based on BWM and fuzzy preference programming for hospital performance evaluation: A case study. *Appl. Soft Comput*. 2020. Vol. 92. № 106279. P. 1–13.
25. 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.
26. QS World University Rankings 2022. URL: <https://www.topuniversities.com/university-rankings/world-university-rankings/2022> (дата звернення: 02.12.2022).
27. The Times Higher Education World University Rankings 2023. URL: https://www.timeshighereducation.com/world-university-rankings/2023/world-ranking#!/page/0/length/25/locations/UKR/sort_by/rank/sort_order/asc/cols/scores (дата звернення: 02.12.2022).

References:

1. Ansoff, I. (1979) *Strategic Management*. Palgrave Macmillan, UK.
2. David, Fred R. (2011) *Strategic management: concepts and cases*. 13th ed. Prentice Hall.
3. Fleisher, C. S., Bensoussan, B. (2002) *Strategic and Competitive Analysis. Methods and Techniques for Analyzing Business Competition*. Pearson College Div.
4. Lambin, J. J. (1996) *Strategic Marketing Management*. McGraw-Hill.
5. Thompson, A. A., Strickland, A.J. (2003) *Strategic Management: Concepts and Cases*. 13th ed. McGraw-Hill College.
6. Wheelen, T. L. et al (2018) *Strategic Management and Business Policy. Globalization, innovation, and sustainability*. Pearson Education Limited.
7. Pavlenko, A. F. et al (2014) *Doslidnytski universytety: svitoviy dosvid ta perspektyvy rozvytku v Ukraini: monografiya* [Research universities: world experience and development prospects in Ukraine: monograph]. Kyiv: KNEU. (in Ukrainian)
8. Lukianenko, D. H., Antoniuk, L. L. (2019) *Konkurentni modeli upravlinnia yakistiu vyshchoi osvity u XXI stolitti* [Competitive Models of Quality Management in Higher Education in the XXI Century]. Kyiv: KNEU. (in Ukrainian)
9. Babenko, D. (2021) *Formuvannya stratehii posylenia konkurentospromozhnosti doslidnytskoho universytetu* [Formation of strategies to strengthen the competitiveness of the research university]. *Ekonomika ta derzhava* [Economics and Government], vol. 1, pp. 164–170.
10. Zhylinska, O. I. (2010) *Doslidnytski universytety u komertsializatsii rezultativ DiR* [Research universities in the commercialization of R&D results]. *Suchasna nauka ta tekhnolohii: vid fundamental'nykh doslidzhen' do komertsializatsii rezul'tativ NDDKR* [Modern science and technologies: from fundamental research to commercialization of R&D results]. Kyiv: Feniks.
11. Satsyk, V. I. (2012) *Suchasni modeli doslidnytskykh universytetiv: vytoky, stratehii rozvytku ta perspektyvy rozbudovy v Ukraini* [Modern models of research universities: origins, development strategies and development prospects in Ukraine]. *Ideolohiia i polityka* [Ideology and politics], no. 2, pp. 23–39. Available at: https://ideopol.org/wp-content/uploads/2014/03/8_UKR-Satsyk-.pdf (accessed 10 January 2023).
12. Sytnytskyi, M. V. (2018) *Stratehichne upravlinnia rozvytkom doslidnytskykh universytetiv* [Strategic Development Management of Research Universities]. Kyiv: Lira-K.
13. Skyba, Yu. (2020) *SWOT-analiz yak instrument vyvchennia naukovo-pedahohichnoho potentsialu ukrainskykh universytetiv* [SWOT analysis as a tool for identifying the scientific and pedagogical potential of Ukrainian universities]. *Osvitohichnyi dyskurs* [Educational discourse], no. 3, pp. 86–91. Available at: <https://od.kubg.edu.ua/index.php/journal/article/view/737> (accessed 1 December 2022).
14. Hladchenko, M. M. (2020) *SWOT-analiz – skladova chastyna stratehichnoho menedzhmentu vyshchyykh navchalnykh zakladiv krain YeS* [SWOT analysis is a component of strategic management of higher educational institutions of the EU countries]. *Pedahohichni nauky* [Pedagogical sciences], no. 109, pp. 33–40. Available at: <http://enpuir.npu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/7518/Gladchenko.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (accessed 5 December 2022).

15. Ömür Hakan Kuzu (2020) Strategy Selection in the Universities via Fuzzy AHP Method: A Case Study. *International Journal of Higher Education*, no. 9 (2), pp. 107–117. DOI: <https://doi.org/10.5430/ijhe.v9n2p107>
16. Friedrichsen, M. et al (2017) Competitive strategies of knowledge and innovation commercialization: a unified SWOT and FUZZY AHP approach. *AD-minister*, no. 30, pp. 45–72. DOI: <https://doi.org/10.17230/ad-minister.30.3>
17. Malik, S. A. (2013) Integrating AHP, SWOT and QSPM in strategic planning- an application to college of business administration in Saudi Arabia. *International Journal of the Analytic Hierarchy Process*, no. 13, pp. 1–13. DOI: <https://doi.org/10.13033/isahp.y2013.049>.
18. Yu, S. (2022) Quantitative SWOT Analysis on Factors Influencing the Sustainable Development of Non-Academic Education in China's Open Universities: A Case Study of Beijing Open University. *Sustainability*, no. 14(20), pp. 13–16. DOI: <https://doi.org/10.3390/su142013016>
19. Banihashemi, S. A., Saghafi, M. (2015) Strategic Planning in University with use the SWOT Model and Decision-Making Process. *Sylwan*, vol. 159, no. 1, pp. 292–305.
20. Friedrichsen, M. et al. (2017) Competitive strategies of knowledge and innovation commercialization: a unified SWOT and FUZZY AHP approach. *AD-minister*, vol. 30, pp. 45–72. DOI: <https://doi.org/10.17230/ad-minister.30.3>
21. Amiri, M., et al. (2023) A Fuzzy Extension of Simplified Best-Worst Method (F-SBWM) and Its Applications to Decision-Making Problems. *Symmetry*. vol. 15, no. 81, pp. 1–30. DOI: <https://doi.org/10.3390/sym15010081>
22. Bellman, R. E., Zadeh, L. A. (1970) Decision-Making in Fuzzy Environment. *Management Science*. vol. 17, no. 4, pp. 141–160. DOI: <https://doi.org/10.1287/mnsc.17.4.B141>
23. 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.
24. Leekwijck, W., Kerre, E. E. (1999) Defuzzification: criteria and classification. *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 108, no. 2, pp. 159–178.
25. Amiri, M. et al. (2020) A new fuzzy approach based on BWM and fuzzy preference programming for hospital performance evaluation: A case study. *Appl. Soft Comput*, vol. 92, no. 106279, pp. 1–13.
26. 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.
27. QS. World University Rankings 2022. Available at: <https://www.topuniversities.com/university-rankings/world-university-rankings/2022> (accessed 2 December 2022).
28. The Times Higher Education. World University Rankings 2023. Available at: https://www.timeshighereducation.com/world-university-rankings/2023/world-ranking#!/page/0/length/25/locations/UKR/sort_by/rank/sort_order/asc/cols/scores (accessed 2 December 2022).

**Balan Valeriy
Kozlenko Anastasiia**

Taras Shevchenko National University of Kyiv

EVALUATION OF THE SWOT-ANALYSIS FACTORS OF THE RESEARCH UNIVERSITY BASED ON FUZZY DATA

Summary

The article proposes a methodical approach to the evaluation of SWOT factors of the organization based on the application of the toolkit of strategic diagnostics of the company's activity and the fuzzy-multiple theory. To achieve the set goals, the work uses classic methods of strategic analysis (PESTEL, SNW, SWOT, Wilson matrices – to form a list of factors for each direction of analysis) and a fuzzy method of multi-criteria evaluation Fuzzy Extension of Simplified Best-Worst Method (F-SBWM) – for calculation of the weight coefficients of the identified factors. The developed model uses expert linguistic assessments based on a defined 8-level term set, which is transformed into fuzzy numbers with a triangular representation and triangular membership functions. The validity of the proposed model is ensured by the application of procedures for checking the achievement of consensus by the expert group regarding the selection of the best and worst factors for each direction of analysis, the consistency of the individual opinions of experts and the consistency of expert assessments for the best and worst approaches for each direction of analysis. In case of inconsistency between experts' assessments, it is suggested to use the Fuzzy Delphi method. An approach based on the \square -intersection of fuzzy numbers is used to consider different levels of uncertainty and obtain interval values for factor estimation. For computer support of the methodological approach, a framework was developed in the Excel software application, which contains the following components: a block for entering linguistic expert information for each direction of analysis, a block for transforming linguistic data into fuzzy numbers in a triangular form, blocks for calculating the weighting coefficients of factors for best- and worst-approaches, a unit for checking the consistency of individual opinions of experts, a unit for calculating fuzzy integral values of factor weighting coefficients and their defuzzification. The methodical approach enables the top management of the enterprise to identify the SWOT factors of the enterprise, to determine the weighting factors of these factors based on vague expert information, and to expand the opportunities of their application in the strategic process.

Keywords: research university, strategic analysis, SWOT factors, fuzzy set theory, linguistic variables, Fuzzy SBWM.