

Д. М. Бабенко,
магістрант, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ
ORCID ID: 0000-0002-6513-5497

DOI: 10.32702/2306-6814.2022.7—8.33

НЕЧІТКО-МНОЖИННА МОДЕЛЬ ФОРМУВАННЯ СТРАТЕГІЙ РОЗВИТКУ ІННОВАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ДОСЛІДНИЦЬКИХ УНІВЕРСИТЕТІВ

D. Babenko,
student, Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv

FUZZY-MULTIPLE MODEL OF FORMATION OF STRATEGIES FOR THE DEVELOPMENT
OF INNOVATION ACTIVITIES OF RESEARCH UNIVERSITIES

У статті розроблено модель інноваційного процесу дослідницького університету, яка містить два напрями: освітній та науково-дослідний. Запропоновано методичний підхід до формування стратегій розвитку інноваційної діяльності дослідницьких університетів, який складається з п'яти етапів: формування системи критеріїв оцінювання інноваційної діяльності дослідницького університету за виділеними напрямками; вибір методів багатокритерійного аналізу, які ґрунтуються на теорії нечітких множин; реалізація алгоритму обраних методів для визначення інтегрованих оцінок інноваційної діяльності за виділеними напрямками; побудова матриці інноваційної діяльності дослідницького університету та формування стратегій розвитку. Розроблено систему критеріїв оцінювання інноваційної діяльності дослідницького університету, яка містить 10 критеріїв, що характеризують науково-дослідний напрям, та 10 критеріїв, що характеризують освітній напрям. Представлено алгоритм для розрахунку вагових коефіцієнтів критеріїв, лінгвістичного оцінювання та розрахунку інтегральних оцінок рівня інноваційної діяльності дослідницького університету за науково-дослідним та освітнім напрямками. У роботі використана семирівнева терм-множина для лінгвістичного оцінювання, нечіткі числа у триангулярній формі з трикутними функціями належності для представлення лінгвістичних оцінок та метод нечіткого багатокритерійного аналізу Fuzzy SAW для розрахунку інтегральних оцінок рівня інноваційної діяльності дослідницького університету за науково-дослідним та освітнім напрямками. На основі одержаних нечітких оцінок рівня інноваційної діяльності за кожним напрямом побудована матриця інноваційної діяльності дослідницького університету, яка складається з 9 квадрантів (кожному квадранту відповідає певний рівень інноваційної діяльності (низький, середній, високий) в освітньому та науково-дослідному напрямках) і дає змогу сформулювати стратегічні рекомендації і заходи для розвитку інноваційної діяльності дослідницького університету та посилення його конкурентоспроможності. Надано детальну характеристику кожної області матриці інноваційної діяльності дослідницького університету та розроблені відповідні стратегічні рекомендації. Наведено застосування матриці інноваційної діяльності на прикладі Київського національного університету імені Тараса Шевченка та розроблено відповідні стратегічні рекомендації. Дана методика може бути використана для забезпечення розвитку інноваційної діяльності дослідницьких університетів в Україні та частково для компаративного аналізу інноваційної діяльності українських і світових закладів вищої освіти.

In the article is developed a model of the innovation process of a research university, which includes two areas: educational and research. A methodical approach to the formation of strategies for the development of innovative activities of research universities, which consists of five stages: the formation of a system of criteria for evaluating the innovative activities of research universities in selected areas; choice of methods of multicriteria analysis based on fuzzy set theory; implementation of the algorithm of selected methods for determining integrated assessments of innovation activities in selected areas; building a matrix of innovative activities of the research university and the formation of development strategies. A system of criteria for evaluating the innovative activity of a research university has been developed, which contains 10 criteria that characterize the research direction and 10 criteria that characterize the educational direction. An algorithm for calculating the weights of criteria, linguistic evaluation and calculation of integrated estimates of the level of innovation activity of the research university in research and educational areas is presented. The paper uses a seven-level term set for linguistic evaluation, fuzzy numbers in triangular form with triangular membership functions to represent linguistic evaluations and the method of fuzzy multicriteria analysis Fuzzy SAW to calculate integrated estimates of innovation activity of research university in research and development. Based on the obtained fuzzy estimates of innovation in each area, a matrix of innovation activities of the research university is built, which consists of 9 areas (each area corresponds to a certain level of innovation (low, medium, high) in educational and research areas) and allows to form strategic recommendations and measures for the development of innovative activities of the research university and increase its competitiveness. A detailed description of each quadrant of the research activity matrix of the research university is given and the corresponding strategic recommendations are given. This technique can be used to ensure the development of innovative activities of research universities in Ukraine and partly for a comparative analysis of innovative activities of Ukrainian and world higher education institutions.

Ключові слова: дослідницький університет, інноваційна діяльність, теорія нечітких множин, Fuzzy SAW.
Key words: research university, innovation, fuzzy set theory, Fuzzy SAW.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Умовах формування інформаційного суспільства бурхливий темп розвитку передових національних економік вибудовується завдяки дії економіки знань. Людські знання давно визнано найпотужнішим фактором економічного зростання, оскільки його частка серед інших факторів (сукупного капіталу та природних ресурсів) становить більше 60 %. Драйверами росту постіндустріальних економік стали сучасні динамічні дослідницькі університети, які здатні акумулювати результати інтелектуальної діяльності й сприяти оперативному впровадженню передових досягнень у науці та техніці у виробництво.

На початку 2021 р. науково-технічний потенціал України, що являє собою сукупність усіх засобів науково-технічної діяльності та її ресурсів, містив: матеріально-технічну дослідницьку базу, що складалася з 768 організацій, які виконують наукові дослідження й розробки, висококваліфіковане кадрове забезпечення у загальній кількості 51,4 тис осіб, інформаційну систему (наукові прогнози, банк патентів, авторських свідоцтв, банк відомостей про світові досягнення в галузі конкретних наук тощо), інституційну систему [4].

Актуальність розкриття комерційно-технологічного потенціалу української науки визначається критичною

необхідністю формування конкурентоздатної економіки. Як і в інших розвинутих країнах світу, інституційно-організаційними каталізаторами інноваційного та економічного розвитку в Україні можуть та мають стати дослідницькі університети.

У звіті "Горизонт 2020" асоціації EDUCAUSEK визначено найбільш впливові тенденції, що формують нині й будуть формувати в найближчому майбутньому вищу освіту, викладання та навчання, а саме: розвиток штучного інтелекту, формування цифрового навчального середовища наступного покоління, проблеми аналітики даних та питання конфіденційності. Крім того, зростання зовнішніх викликів у сфері надання послуг вищої освіти (пандемія COVID-19, формування суспільства, орієнтованого переважно на мультимедійний формат сприйняття інформації) вимагає від дослідницьких університетів швидкого впровадження інновацій у освітній процес.

Однак постає проблема відсутності сформованих підходів до оцінювання інноваційної діяльності дослідницьких університетів та до формування стратегій розвитку інноваційної діяльності, спроможних врахувати нечіткість інформації, що ускладнює ефективне управління дослідницькими університетами. Дієвими інструментами в цьому можуть стати методи засновані на теорії нечітких множин.

АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Значний внесок у дослідження питань інноваційної діяльності дослідницьких університетів зробили вітчизняні та іноземні вчені.

У [8] стверджується, що сучасний університет має не просто йти в ногу з часом, а хоча б на крок попереду, аби вказувати напрям руху й забезпечувати його виконання, оскільки університети виконують надзвичайно важливу соціально-економічну функцію — готують інтелектуальний потенціал нації. Однак, навчаючи, вони повинні ще й заробляти, зокрема на стимулюванні пошуку наукових ідей, що приваблюють ринок.

Прикладами успішних концептуальних підходів до комерціалізації результатів наукових досліджень шляхом створення ефективної інноваційної екосистеми є трактати Іцковіца Г. [16].

У [14] зазначається, що в контексті активізації комерціалізації українських академічних розробок важливе значення мають мати університетські офіси управління інтелектуальною власністю.

Питання, пов'язані з проблемами розвитку інноваційного бізнесу в університетах розкрито у роботі відомого українського дослідника Жилінської О. [9; 20].

Ситницький М. [13] визначає комерціалізацію вагомим здобутків науково-технічної діяльності дослідницького університету на ринку трансферу технологій та участь у реалізації міжнародних проектів і програм основним чинником забезпечення автономії навчальної, дослідницької та інноваційної діяльності дослідницького університету.

Ніколлс А. [18] визначає інновацію в освіті як процес, що має життєвий цикл від зародження ідеї та створення нововведень до її широкого розповсюдження в галузі освіти.

Балан В. [5, 6] окреслив основні перспективні напрями застосування інструментів нечіткого моделювання у стратегічному управлінні та запропонував загальні методичні підходи й рекомендації щодо вирішення проблем удосконалення систем із використанням теорії нечітких множин, нечіткого багатокритерійного аналізу, нечіткої логіки, стохастичних моделей із нечіткими параметрами, нечіткого когнітивного моделювання та нечіткого кластерного аналізу. Також питаннями розробки методичного апарату багатокритерійного вибору займалися Сааті Т., Хван Ц., Ву Х. та інші [17; 19].

За сучасних умов одним із елементів компаративного аналізу дослідницьких університетів є рейтингове оцінювання, яке дає змогу ідентифікувати слабкі та сильні сторони й сформулювати перелік заходів, спрямованих на покращення своїх конкурентних позицій. Рейтингування університетів здійснюється відповідно до принципів, які були запропоновані Міжнародною організацією IREG Observatory on Academic Ranking and Excellence (Брюссель) 20 травня 2006 року. Найбільш авторитетними світовими рейтингами є Шанхайський рейтинг, Рейтинг Quacquarelli Symonds світових університетів, Рейтинг світових університетів "Times Higher Education" [22—24]. Серед вітчизняних методик рейтингового оцінювання закладів вищої освіти слід відзначи-

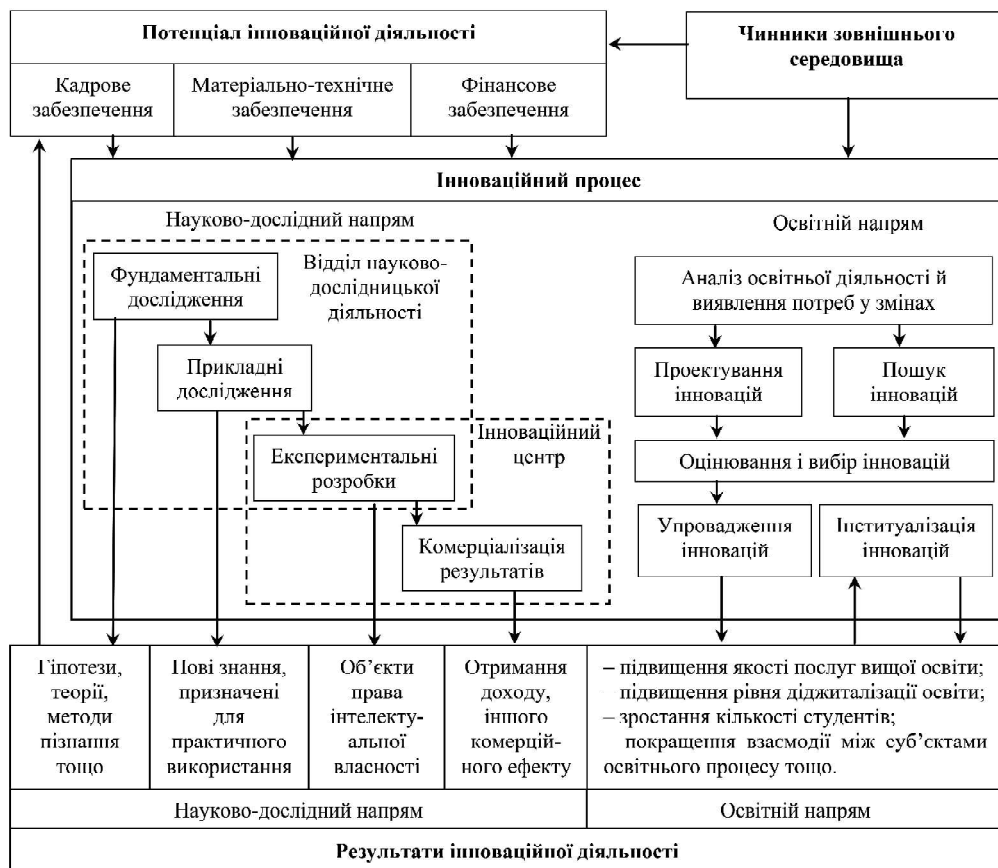


Рис. 1. Модель інноваційного процесу дослідницького університету

Джерело: розроблено автором.

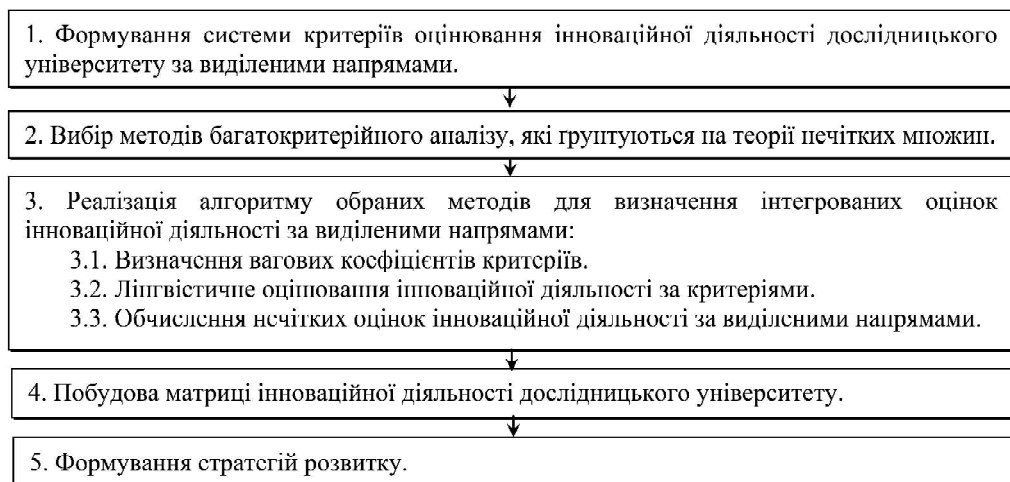


Рис. 2. Нечітко-множинна модель формування стратегій розвитку інноваційної діяльності дослідницьких університетів

Джерело: розроблено автором.

ти наступні: Методика рейтингування ЗВО України "КОМПАС", рейтинг "Топ-200 Україна" [21].

Однак, наявні теоретичні та прикладні напрацювання містять багато дискусійних тверджень і потребують додаткового розгляду.

МЕТА СТАТТІ

Метою статті є розробка моделі інноваційного процесу дослідницького університету та створення алгоритму формування стратегій розвитку інноваційної діяльності дослідницьких університетів, який ґрунтується на методах багатокритерійного аналізу та теорії нечітких множин.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Дослідницький університет — національний вищий навчальний заклад, що забезпечує проривний розвиток держави в певних галузях знань за моделлю поєднання освіти, науки та інновацій, сприяє її інтеграції у світовий освітньо-науковий простір, має визнані наукові здобутки. Статус надається зазначеному закладу з метою підвищення ролі університету як центру освіти і науки, підготовки висококваліфікованих наукових і науково-педагогічних кадрів, упровадження у практику наукових досягнень, технічних і технологічних розробок, реалізації разом з іншими вищими навчальними закладами та науковими установами спільних програм за пріоритетними напрямками фундаментальних і прикладних наукових досліджень для розв'язання важливих соціально-економічних завдань у різних галузях економіки [1].

Інноваційний процес можна розглядати як комплекс послідовних етапів, унаслідок яких новація розвивається від ідеї до конкретного продукту і поширюється під час практичного використання. Перебіг інноваційного процесу в дослідницькому університеті визначається складною взаємодією багатьох чинників. На рис. 1 представлена розроблена автором модель інноваційного процесу дослідницького університету.

Потенціал інноваційної діяльності дослідницького університету являє собою сукупність факторів та ресурсів кадрового, фінансового та матеріально-техніч-

ного забезпечення університету, які безпосередньо беруть участь в інноваційному процесі, перебувають у взаємозв'язку, створюють необхідні умови досягнення цілей інноваційної діяльності й підвищення конкурентоспроможності дослідницького університету. Потенціал інноваційної діяльності формується під впливом чинників зовнішнього середовища і разом з цими чинниками визначає умови, в яких буде здійснюватися інноваційний процес.

Інноваційний процес дослідницького університету здійснюється у двох напрямках, які визначаються основними видами діяльності університету: науково-дослідний напрям та освітній напрям.

Інноваційний процес у науково-дослідному напрямі складається з чотирьох етапів: фундаментальні дослідження, прикладні дослідження, експериментальні розробки та комерціалізація результатів. Кожному із зазначених етапів відповідають попередні та кінцеві результати інноваційної діяльності дослідницького університету, які своєю чергою збагачують потенціал інноваційної діяльності. На початкових етапах інноваційного процесу управління здійснюється відділом науково-дослідницької діяльності університету. Для виробництва інноваційного продукту (комерціалізація результатів) у дослідницькому університеті необхідно виокремити у своїй організаційній структурі інноваційний центр. Широка взаємодія між цими відділами відбувається протягом усього інноваційного процесу, а особливо на стадії експериментальних розробок.

Першим етапом інноваційного процесу в освітньому напрямі є аналіз освітньої діяльності університету й виявлення потреб у змінах. Наступним етапом відбувається проектування та/або пошук необхідних новацій, які на наступному етапі підлягають оцінюванню та вибору кращих. Обрані новації впроваджуються в освітню діяльність, після чого залежно від результатів упровадження відбувається інституалізація інновації.

Специфічність інновацій у вищій освіті пов'язана з тим, що вони, по-перше, завжди містять нове вирішення актуальної проблеми в галузі вищої школи; по-друге, їх використання приводить до якісно нових результатів освітньої діяльності, по-третє, їх упровадження

викликає якісні зміни інших компонентів єдиної системи вищої освіти [11].

Розуміння інноваційного процесу дослідницького університету є важливою передумовою формування стратегій розвитку інноваційної діяльності дослідницьких університетів. На сьогоднішній день відсутній єдиний науково обґрунтований і емпірично апробований підхід до формування стратегій розвитку інноваційної діяльності дослідницького університету. Розроблений автором алгоритм наведено на рис. 2.

Перший етап являє собою визначення системи критеріїв. Систему критеріїв було розроблено відповідно до моделі інноваційного процесу дослідницького університету, Закону України "Про вищу освіту" [1], Закону України "Про інноваційну діяльність" [2], міжнародних рейтингових систем [22—24]. Систему критеріїв оцінювання інноваційної діяльності дослідницького університету наведено в табл. 1.

Другий етап передбачає вибір залежно від співвідношення якісних та кількісних ознак методів багатокритерійного аналізу, що ґрунтуються на теорії нечітких множин, для оцінювання інноваційної діяльності дослідницьких університетів, які обрані в якості об'єкта дослідження. Далі у статті буде використовуватися метод Fuzzy SAW.

Третій етап передбачає визначення вагових коефіцієнтів критеріїв оцінювання інноваційної діяльності дослідницького університету за освітнім та науково-дослідним напрямом. Для цього пропонується використовувати лінгвістичне оцінювання кожним із K експертів важливості критеріїв оцінювання інноваційної діяльності за кожним напрямом з використанням наступної шкали: {вкрай несуттєва — Extremely Low (EL), дуже низька — Very Low (VL); низька — Low (L); середня — Medium (M); висока — High (H); дуже висока — Very High (VH), надзвичайно висока — Extremely High (EH)}. Кожному терму відповідає нечітка числова оцінка на інтервалі $[0,0; 6,0]$ (рис. 3) з відповідними функціями належності — EL: $(0,0; 0,0; 1,0)$; VL: $(0,0; 1,0; 2,0)$; L: $(1,0; 2,0; 3,0)$; M: $(2,0; 3,0; 4,0)$; H: $(3,0; 4,0; 5,0)$; VH: $(4,0; 5,0; 6,0)$; EH: $(5,0; 6,0; 6,0)$.

Таким чином одержимо наступні лінгвістичні оцінки важливості критеріїв: lv_{jk}^{RD} ($j = 1, 2, \dots, m$) та lv_{jk}^E ($j = 1, 2, \dots, n$), $k = 1, 2, \dots, K$.

Отримані лінгвістичні оцінки необхідно трансформувати в нечіткі числа: $lv_{jk}^{RD} \rightarrow \tilde{v}_{jk}^{RD}$, $lv_{jk}^E \rightarrow \tilde{v}_{jk}^E$ та агрегувати за формулами:

$$\tilde{v}_j^{RD} = \left(\bigoplus_{k=1}^K \tilde{v}_{jk}^{RD} \right) / K = (\alpha_j^{RD}; \beta_j^{RD}; \gamma_j^{RD});$$

$$\tilde{v}_j^E = \left(\bigoplus_{k=1}^K \tilde{v}_{jk}^E \right) / K = (\alpha_j^E; \beta_j^E; \gamma_j^E) \quad (1).$$

Наступними кроками є дефазифікація одержаних значень вагових коефіцієнтів:

Таблиця 1. Система критеріїв оцінювання інноваційної діяльності дослідницького університету

Напрями інноваційної діяльності	Критерії	
Науково-дослідний напрям	RD ₁	Оцінка якості матеріально-технічного оснащення лабораторій
	RD ₂	Чисельність наукового персоналу
	RD ₃	Загальний обсяг фінансування науково-дослідницької діяльності
	RD ₄	Наявність та оцінка якості діяльності інноваційного центру
	RD ₅	Дохід від науково-дослідницької діяльності
	RD ₆	Кількість патентів і авторських прав отриманих за рік
	RD ₇	Кількість фундаментальних досліджень
	RD ₈	Кількість прикладних досліджень
	RD ₉	Кількість експериментальних розробок
	RD ₁₀	Оцінка результатів трансферу технологій
Освітній напрям	E ₁	Чисельність студентів
	E ₂	Чисельність науково-педагогічного персоналу
	E ₃	Оцінка цифрових компетенцій науково-педагогічного персоналу
	E ₄	Наявність і оцінка єдиної системи програмного забезпечення освітньої діяльності та загального рівня діджиталізації
	E ₅	Оцінка якості матеріально-технічного оснащення навчальних приміщень
	E ₆	Кількість освітніх програм
	E ₇	Оцінка різноманітності та гнучкості методів навчання
	E ₈	Загальний обсяг фінансування освітньої діяльності
	E ₉	Дохід від освітньої діяльності
	E ₁₀	Оцінка рівня взаємодії між суб'єктами освітнього процесу

Джерело: розроблено автором.

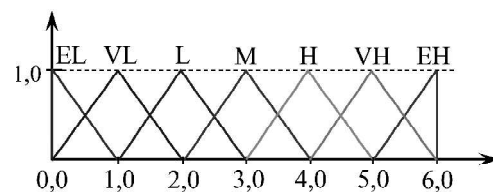


Рис. 3. Функції належності термів оцінювання

Джерело: [5].

$$\text{def}(\tilde{v}_j^{RD}) = (\alpha_j^{RD} + \beta_j^{RD} + \gamma_j^{RD}) / 3;$$

$$\text{def}(\tilde{v}_j^E) = (\alpha_j^E + \beta_j^E + \gamma_j^E) / 3 \quad (2).$$

та нормалізація вагових коефіцієнтів:

$$\tilde{w}_j^{RD} = \frac{\tilde{v}_j^{RD}}{\sum_{t=1}^m \text{def}(\tilde{v}_t^{RD})} = (\alpha_j^{RD}; \beta_j^{RD}; \gamma_j^{RD});$$

$$\tilde{w}_j^E = \frac{\tilde{v}_j^E}{\sum_{t=1}^n \text{def}(\tilde{v}_t^E)} = (\alpha_j^E; \beta_j^E; \gamma_j^E) \quad (3).$$

Для оцінювання інноваційної діяльності дослідницького університету за освітнім та науково-дослідним напрямом скористаємося наведеною вище терм-множи-

Рівень інноваційної діяльності в науково-дослідному напрямі	Високий	A Дослідницький університет характеризується високим рівнем інноваційності в науково-дослідній сфері і низьким рівнем у сфері освіти	B Дослідницький університет характеризується високим рівнем інноваційності в науково-дослідній сфері і середнім у сфері освіти	C Дослідницький університет характеризується високим рівнем інноваційності в науково-дослідній та освітній сферах
	Середній	D Дослідницький університет характеризується середнім рівнем інноваційності в науково-дослідній сфері і низьким рівнем у сфері освіти	E Дослідницький університет характеризується середнім рівнем інноваційності в науково-дослідній та освітніх сферах	F Дослідницький університет характеризується середнім рівнем інноваційності в науково-дослідній сфері та високим в освітній
	Низький	G Дослідницький університет характеризується низьким рівнем інноваційності в науково-дослідній та освітніх сферах	H Дослідницький університет характеризується низьким рівнем інноваційності в науково-дослідній сфері і середнім у сфері освіти	I Дослідницький університет характеризується низьким рівнем інноваційності в науково-дослідній сфері і високим у сфері освіти
		Низький	Середній	Високий
		Рівень інноваційної діяльності в освітньому напрямі		

Рис. 4. Матриця інноваційної діяльності дослідницького університету

Джерело: розроблено автором.

ною $T=\{EL, VL, L, M, H, VH, EH\}$ і нечіткими числами "в трикутному вигляді" на інтервалі $[0;6]$ з відповідними функціями належності (рис. 3). У результаті одержимо: L_{ijk}^{RD} — лінгвістична оцінка k -го експерта рівня інноваційної діяльності дослідницького університету за науково-дослідним та освітнім напрямом (відповідно) i -го університету за j -м критерієм ($j = 1, 2, \dots, m; m = 10$); L_{ijk}^E — лінгвістична оцінка k -го експерта рівня інноваційної діяльності дослідницького університету за науково-дослідним та освітнім напрямом (відповідно) i -го університету за j -м критерієм ($j = 1, 2, \dots, n; n = 10$).

Наступним кроком перетворюємо одержані лінгвістичні оцінки в нечіткі числа: $L_{ijk}^{RD} \rightarrow R\tilde{D}_{ijk}$, $L_{ijk}^E \rightarrow \tilde{E}_{ijk}$. Далі необхідно агрегувати отримані від усіх експертів нечіткі оцінки. Скористаємось наступними формулами:

$$R\tilde{D}_{ij} = \left(\bigoplus_{k=1}^K R\tilde{D}_{ijk} \right) / K = (x_{ij}^{RD}; y_{ij}^{RD}; z_{ij}^{RD});$$

$$\tilde{E}_{ij} = \left(\bigoplus_{k=1}^K \tilde{E}_{ijk} \right) / K = (x_{ij}^E; y_{ij}^E; z_{ij}^E) \quad (4).$$

Відповідно до алгоритму методу Fuzzy SAW обчислюємо значення нечітких оцінок інноваційної діяльності дослідницького університету за науково-дослідним та освітнім напрямом, використовуючи наступні формули:

$$R\tilde{D}_i = \bigoplus_{j=1}^m w_j^{RD} \otimes R\tilde{D}_{ij} = \sum_{j=1}^m \alpha_j^{RD} x_{ij}^{RD}; \sum_{j=1}^m \beta_j^{RD} y_{ij}^{RD};$$

$$\sum_{j=1}^m \gamma_j^{RD} z_{ij}^{RD} = (X_i^{RD}; Y_i^{RD}; Z_i^{RD}) \quad (5).$$

$$\tilde{E}_i = \bigoplus_{j=1}^n w_j^E \otimes \tilde{E}_{ij} = \sum_{j=1}^n \alpha_j^E x_{ij}^E; \sum_{j=1}^n \beta_j^E y_{ij}^E;$$

$$\sum_{j=1}^n \gamma_j^E z_{ij}^E = (X_i^E; Y_i^E; Z_i^E) \quad (6).$$

Четвертий етап. Для аналізу стану інноваційної діяльності дослідницького університету автором розроблена відповідна матриця, яка враховує рівень інноваційної діяльності в освітньому та науково-дослідному напрямках (рис. 4).

Розраховані на попередньому етапі нечіткі оцінки інноваційної діяльності дослідницького університету за освітнім та науково-дослідним напрямом необхідно використати для визначення позиції університету на побудованій матриці. Для уточнення одержаних нечітких оцінок використовується α -переріз. Слід зазначити, що якщо задане нечітке число $\tilde{u} = (a, b, c)$, то його α -переріз визначається таким чином $\tilde{u}_\alpha = (a(1-\alpha) + \alpha b, b, c(1-\alpha) + \alpha c)$.

На п'ятому етапі відповідно до визначеної позиції дослідницького університету необхідно сформулювати стратегічні рекомендації. Розглянемо більш детально характеристики квадрантів матриці та відповідні рекомендації:

A — дослідницькі університети, які знаходяться в цій області, мають високі результати інноваційної діяльності в науково-дослідній сфері, характеризуються значним потенціалом та ефективною комерціалізацією власних розробок, однак не приділяють значної уваги інноваційному процесу у сфері освіти; як наслідок освітня діяльність значно відстає, знижується чисельність студентів та доходи від надання послуг вищої освіти. Рекомендації: підтримувати високий рівень інновацій в науково-дослідній діяльності та кардинально реформувати систему освіти в університеті за рахунок залучення ресурсів (фінансових, організаційних тощо), отриманих від науково-дослідної діяльності.

B — для дослідницьких університетів, що знаходяться в цій області, характерним є лідерство в науково-дослідній сфері (високі показники доходів від комерціалізації інновацій, значна кількість та висока якість наукових досліджень) і підтримка середнього рівня інноваційності в освітньому напрямі; університе-

ти здатні підтримувати стабільний рівень студентського та викладацького складу, доходів. Рекомендації: проводити пошук та впроваджувати найкращі практики освітніх інновацій за рахунок ресурсів, отриманих від науково-дослідної діяльності.

С — ідеал діяльності дослідницьких університетів, характеризується високими показниками у проведенні та комерціалізації результатів наукових досліджень, постійним зростанням доходів, чисельності й якості студентського та науково-педагогічного персоналу за рахунок підтримки найвищого рівня інноваційності освітніх послуг. Університети, що потрапили в цю зону, отримують максимальний ефект від синергічної взаємодії двох напрямів. Рекомендації: продовжувати активне впровадження інновацій у науково-дослідній та освітній сфері.

D — для дослідницьких університетів у цьому квадранті характерним є низький рівень надання освітніх послуг, як наслідок зниження конкурентоспроможності університету на ринку послуг вищої освіти і відносно стабільний рівень результатів інноваційного процесу в науково-дослідній сфері. Рекомендації: зміцнювати позиції університету у здійсненні інноваційної діяльності в науково-дослідному напрямі та змінити концепцію надання послуг вищої освіти на інноваційну.

E — університети, що потрапили в цю область, мають розвинутий на середньому рівні інноваційний процес у науково-дослідній сфері, який поєднується з періодичним впровадженням інновацій у сфері освіти. Такі університети здатні підтримувати стабільні результати діяльності. Рекомендації: знайти точки зростання в науково-дослідній та освітній діяльності та реалізувати в них свій інноваційний потенціал.

F — для університетів, які входять у цю область, притаманні високі результативні показники у сфері освіти через значну кількість та якість впроваджених інновацій, високий рівень діджиталізації та середній рівень проведення та комерціалізації результатів досліджень. Рекомендації: залучати студентів та аспірантів до інноваційної діяльності в науково-дослідній сфері, направляти ресурси отримані від освітньої діяльності на підвищення кількості та якості досліджень і розробок, комерціалізації їх результатів та посилення синергічного ефекту взаємодії двох напрямів.

G — це найбільш проблемна область, яка характеризується низькими показниками інноваційної діяльності й потребує від університету радикальних перетворень. Рекомендації: змінити стратегію інноваційної діяльності університету.

H — у дослідницьких університетів, які потрапили в цю область, науково-дослідна діяльність перебуває на низькому рівні, університет не комерціалізує (не має можливості комерціалізувати) результати досліджень, доходи від науково-дослідної діяльності незначні, рівень надання освітніх послуг середній, університет поступово впроваджує поліпшуючі інновації у сфері надання освітніх послуг. Рекомендації: діджиталізація освітніх послуг, пошук та налагодження роботи з партнерами в науково-дослідній сфері.

Рівень інноваційної діяльності в науково-дослідному напрямі

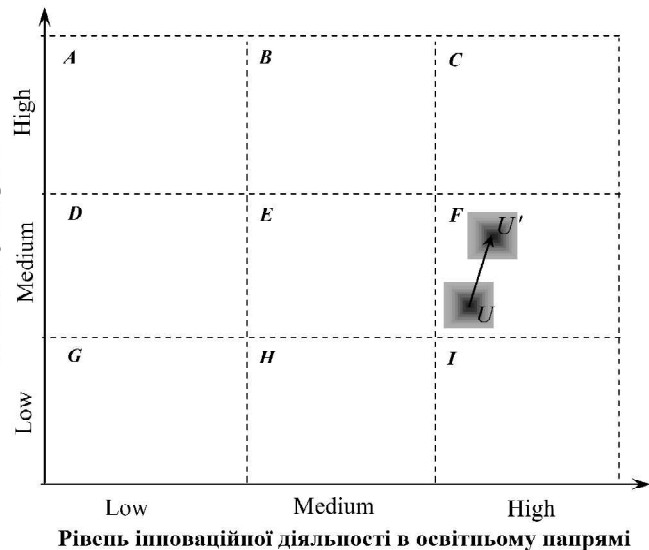


Рис. 5. Застосування матриці оцінювання інноваційної діяльності дослідницького університету

Джерело: розроблено автором.

I — якщо дослідницький університет потрапляє в цю область, то можна зробити висновок про високу ефективність впровадження інновацій у сфері освіти, однак університет зовсім не приділяє уваги розвитку науково-дослідній роботі та комерціалізації відповідних результатів, що суперечить поняттю та концепції дослідницьких університетів. Рекомендації: забезпечити стабільність інноваційного процесу в освітній діяльності, кардинально змінити інноваційний процес у науково-дослідній сфері, використовуючи ресурси отримані від освітньої діяльності та принципи синергії.

На рис. 5 наведено приклад аналізу інноваційної діяльності Київського національного університету імені Тараса Шевченка за допомогою розробленої матриці.

Відповідно до проведеного аналізу Київський національний університет імені Тараса Шевченка потрапив у поточному періоді (**U**) у квадрант **F**, який характеризується високим рівнем інноваційності в освітній сфері та середнім у науково-дослідній. Прогнозований стан (**U'**) характеризується досить суттєвим зростанням рівня інноваційної діяльності в науково-дослідній сфері та незначним зростанням рівня інноваційності в сфері освіти. З метою досягнення бажаного стану університету пропонуються наступні стратегічні рекомендації:

- розвиток дистанційних освітніх технологій у системі вищої освіти з урахуванням клієнтоорієнтованого підходу, сучасних технологій і законодавства;

- розкриття потенціалу педагогічних кадрів, розвиток їх компетенцій шляхом проходження спеціалізованих міжнародних стажувань;

- реструктуризація фінансування, забезпечення зростання фінансової самостійності та зростання фінансування на науково-дослідницьку діяльність за рахунок коштів отриманих від освітньої діяльності.

— розвиток повного циклу науково-дослідних, дослідно-конструкторських і технологічних робіт в сукупності з маркетинговими дослідженнями і стратегією просування інноваційної продукції, що розробляється, технічних послуг, інжинірингу і консалтингу на основі відповідності якості послуг міжнародним стандартам і вимогам ринку;

— залучати студентів, аспірантів та викладачів до інноваційної діяльності в науково-дослідній сфері;

— надання підтримки (менторської, фінансової) викладачам, аспірантам та студентам у напрямку комерціалізації наукових досліджень;

— встановлення партнерських відносин із венчурними фондами для поліпшення доступу до ранніх інвестицій.

Отже, запропонована матриця на основі одержаних нечітких значень оцінки інноваційної діяльності в освітньому та науково-дослідному напрямі дає змогу сформулювати перелік стратегічних рекомендацій для посилення інноваційності та конкурентоспроможності дослідницького університету. При цьому важливо розуміти, що аналіз й формулювання висновків має супроводжуватися ґрунтовним дослідженням кожної складової інноваційної діяльності та бути спрямованими на подолання наявних розривів між поточним та бажаним станом інноваційної діяльності дослідницького університету.

ВИСНОВКИ

Отже, автором розроблено модель інноваційного процесу дослідницького університету. Запропоновано методику формування стратегій розвитку інноваційної діяльності дослідницьких університетів на основі застосування методів багатокритерійного аналізу та інструментів теорії нечітких множин. Запропонована система критеріїв оцінювання інноваційної діяльності в освітньому та науково-дослідному напрямках. Розроблено підхід, який здійснює трансформацію лінгвістичних оцінок експертів у нечіткі числа, записані у триангулярній формі, та дає змогу провести імітаційне моделювання залежно від коригувань міркувань експертів, як на етапі визначення важливості критеріїв, так і на етапі безпосереднього оцінювання інноваційної діяльності дослідницького університету. Наведено алгоритм розрахунку нечітких оцінок інноваційної діяльності за виділеними напрямками з використанням засобів нечіткого багатокритерійного аналізу (метод Fuzzy SAW). На основі цих результатів розроблена матриця інноваційної діяльності дослідницького університету, яка дає змогу сформулювати стратегічні рекомендації та заходи для розвитку інноваційної діяльності дослідницького університету та підвищення його конкурентоспроможності. Апробовано застосування матриці інноваційної діяльності на прикладі Київського національного університету імені Тараса Шевченка та розроблено стратегічні рекомендації, необхідні для досягнення бажаного стану інноваційної діяльності університету.

Подальші дослідження можуть бути спрямовані на уточнення системи критеріїв оцінювання інноваційної діяльності дослідницького університету, розширення

інструментарію матриці інноваційної діяльності дослідницького університету в розрізі проведення динамічного аналізу та формування більш широкого переліку стратегічних рекомендацій на основі дослідження напрямів синергічної взаємодії науково-дослідного та освітнього напрямів діяльності дослідницького університету.

Література:

1. Закон України "Про вищу освіту": чинне законодавство станом на 16.01.2022. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/40-15#Text>
2. Закон України "Про інноваційну діяльність": чинне законодавство станом на 16.01.2022. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/40-15#Text>
3. Закон України "Про наукову і науково-технічну діяльність": чинне законодавство станом на 16.01.2022. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/848-19#Text>
4. Аналітична довідка. Стан розвитку науки і техніки, результати наукової і науково-технічної діяльності за 2020 рік, 2021. К.: МОН України, УкрІНТЕІ. 117 с.
5. Балан В.Г. Інструментарій нечіткого моделювання у стратегічному управлінні підприємствами. Держава та регіони. Вип. 1. 2021.
6. Балан В.Г., Петрова К.І. Нечітко-множинна модель оцінювання та посилення конкурентоспроможності бренду роботодавця. Інвестиції: практика та досвід. 2021. № 4. С. 67—76.
7. Балан В.Г. Прийняття управлінських рішень. Навч. посіб. К.: Наукова столиця, 2019. 304 с.
8. Грищенко І.М. Напрямок модернізації — підприємницький університет. Освіта і суспільство: навч. посіб.; П.М. Куліков, Т.В. Девтерова, І.В. Девтеров та ін.; уклад.: І.В. Девтеров, Т.В. Девтерова; Рада ректорів Київського вузівського центру. Київ: Видавництво "Політехніка" НТУУ "КПІ ім. Ігоря Сікорського", 2018.
9. Жилінська О.І. Дослідницькі університети у комерціалізації результатів ДіР // Сучасна наука та технології: від фундаментальних досліджень до комерціалізації результатів НДДКР. Мат.-ли міжнар. наук.-практ. конф.. К.: Фенікс 2010. С. 171—173.
10. Жилінська О.І. Науково-технічна діяльність у контексті самоорганізації: Монографія. К.: Парламентське видавництво, 2010. 552 с.
11. Клімова Г.П. Інноваційний розвиток вищої освіти України: методологічний аспект аналізу. Право та інноваційне суспільство. 2013. Вип. 1. С. 107—124.
12. Новікова І.Е. Активізація технологічного трансферу у дослідницьких університетах: теорія та практика: монографія / І.Е. Новікова — Кам'янець-Подільський: Видавець ПП Зволейко Д.Г., 2019. 512 с.
13. Ситницький М.В. Стратегічне управління розвитком дослідницьких університетів: монографія. К.: "Ліра", 2018. 302.
14. Цибульов П.М., Чеботарьов В.П. Офіс управління інтелектуальною власністю: створення, робота, ефективність: навч. посіб.; М-во освіти і науки, Укр. ін-т наук.-техн. експертизи та інформації. Київ: УкрІНТЕІ, 2016. 195 с.
15. Carlson C., Wilmot W. Innovation: The Five Disciplines for Creating What Customers Want. Harper Business, 2006. 368 p.

16. Etzkowitz H. Networks of Innovation: science, technology and development in the triple helix era. *Research Policy*. 2002. № 14 (2).

17. Hwang C. L. Multiple attributes decision making methods and applications // Springer: Berlin Heidelberg, 1981. 269 p.

18. Nicholls A. Managing Educational Innovations [Текст] / A. Nicholls — London, 1983. — 276 p

19. Saaty T. The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation, McGraw-Hill, 1980. 345 p.

20. Zhylynska O., Balan V., Avramchuk A. Methodological aspects of assessment of research universities competitiveness. Management of the 21st century: globalization challenges: [monograph] / in edition I. Markina. Prague. Nemoros s.r.o. 2018. Czech Republic. 508 p.

21. Консолідований рейтинг ВНЗ України за 2021 рік. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://osvita.ua/vnz/rating/51741/>

22. QS World University Ranking. URL: <https://www.topuniversities.com/university-rankings/eeca-rankings/2021>

23. Times Higher Education World University Rankings/ URL: <https://www.timeshighereducation.com/world-university-rankings/2021/world-ranking#!>

24. Webometrics ranking of world universities. URL: webometrics.info/

References:

1. The Verkhovna Rada of Ukraine (2022), The Law of Ukraine "On higher education", available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18#Text> (Accessed 10 February 2022).

2. The Verkhovna Rada of Ukraine (2012), The Law of Ukraine "On innovation activity", available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/40-15#Text> (Accessed 10 February 2022).

3. The Verkhovna Rada of Ukraine (2012), The Law of Ukraine "On scientific and scientific-technical activities", available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/848-19#Text> (Accessed 10 February 2022).

4. Ministry of Education and Science of Ukraine (2021), Analytical reference. The state of development of science and technology, the results of scientific and scientific and technical activities in 2020, UkrINTEL, Kyiv, Ukraine.

5. Balan, V.G. (2021), "Fuzzy modeling tools in the strategic management of enterprises", *Derzhava ta rehiony*, vol. 1.

6. Balan, V. and Petrova, K. (2021), "Fuzzy set model of evaluating and increasing employer brand competitiveness", *Investytsiyi: praktyka ta dosvid*, vol. 4, pp. 67—76

7. Balan, V.G. (2019), *Pryjnyattya upravlyns'kyx rishen': Navchal'nyj posibnyk*. [Making management decisions, tutorial], Naukova stolycya, Kyiv, Ukraine.

8. Hryshchenko, I.M., Kulikov, P.M., Devterova, T.V. and Devterov, I.V. (2018), *Napriam modernizatsii — pidpriemnytskyi universytet*. Osvita i suspilstvo [The direction of modernization is the University of Entrepreneurship. Education and society], Vydavnytstvo "Politekhnik" NTUU "KPI im. Ihorii Sikorskoho", Kyiv, Ukraine.

9. Zhylynska, O. I. (2010), "Research universities in the commercialization of R&D results", *Suchasna nauka ta tekhnologii: vid fundamental'nykh doslidzhen' do komertsializatsii rezul'tativ NDDKR*, [Modern science and technologies: from fundamental research to commercialization of R&D results], Feniks, Kyiv, Ukraine, pp. 171—173.

10. Zhylynska, O. I. (2010), *Naukovo-texnichna diyal'nist' u konteksti samoorganizatsiyi: Monografiya*, [Scientific and technical activity in the context of self-organization, monograph], Parliamentary Publishing House, Kyiv, Ukraine.

11. Klimova, H. P. (2013), "Innovative development of higher education in Ukraine: methodological aspect of analysis", *Pravo ta innovatsiine suspilstvo*, Vol. 1, pp. 107—124.

12. Novikova, I.E. (2019), *Aktyvizatsiia tekhnolohich-noho transferu u doslidnytskykh universytetakh: teoriia ta praktyka: Monografiia* [Activation of technological transfer in research universities: theory and practice: Monograph], PP Zvoleiko D.H., Kamianets-Podilskyi, Ukraine.

13. Sytnytskyi, M.V. (2018), *Stratehichne upravlinnia rozvytkom doslidnytskykh universytetiv: Monografiia* [Strategic management of research universities development: monograph], Lira, Kyiv, Ukraine.

14. Tsybulov, P.M. and Chebotarov, V.P. (2016), *Ofis upravlinnia intelektualnoi vlasnistiu: stvorennia, robota, efektyvnist* [Intellectual Property Management Office: creation, work, efficiency], UkrINTEL, Kyiv, Ukraine.

15. Carlson, C. and Wilmot, W. (2006), *Innovation: The Five Disciplines for Creating What Customers Want*, Harper Business, NY, USA.

16. Etzkowitz, H. (2002), "Networks of Innovation: science, technology and development in the triple helix era", *Research Policy*, Vol. 14.

17. Hwang, C. and Yoon, K. (1981), *Multiple attributes decision making methods and applications*, Springer, Berlin Heidelberg, DE.

18. Nicholls, A. (1983), *Managing Educational*, London, UK.

19. Saaty, T. (1980), *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*, McGraw-Hill, NY, USA.

20. Zhylynska, O. Balan, V. and Avramchuk, A. (2018), *Methodological aspects of assessment of research universities competitiveness. Management of the 21st century: globalization challenges: monograph*, Nemoros s.r.o., Prague, Czech Republic.

21. OSVITA.UA (2021), "Consolidated rating of Ukrainian universities for 2021", available at: <http://osvita.ua/vnz/rating/51741/> (Accessed 10 February 2022).

22. QS (2021), "World University Ranking", available at: <https://www.topuniversities.com/university-rankings/eeca-rankings/2021> (Accessed 10 February 2022).

23. Times Higher Education (2021), "World University Rankings", available at: <https://www.timeshighereducation.com/world-university-rankings/2021/world-ranking#!> (Accessed 10 February 2022).

24. Webometrics (2021), "Ranking of world universities", available at: webometrics.info (Accessed 10 February 2022).

Стаття надійшла до редакції 20.04.2022 р.