

Балан В.Г.

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

Balan Valeriy

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of Department of Management of Innovation and Investment
Taras Shevchenko National University of Kyiv

ІНСТРУМЕНТАРІЙ НЕЧІТКОГО МОДЕЛЮВАННЯ У СТРАТЕГІЧНОМУ УПРАВЛІННІ ПІДПРИЄМСТВАМИ

FUZZY MODELING TOOLKIT IN STRATEGIC ENTERPRISE MANAGEMENT

У статті представлено основні напрями застосування інструментів нечіткого моделювання у стратегічному управлінні підприємствами. Обґрунтовано необхідність використання зазначених методів в умовах складного, динамічного та турбулентного ринкового середовища, яке характеризується важко-прогнозованим характером та високим рівнем невизначеності. Проаналізовано перспективні методи з використанням теорії нечітких множин, нечіткої логіки, стохастичних моделей із нечіткими параметрами, нечіткого когнітивного моделювання та нечіткого кластерного аналізу для вирішення проблем удосконалення системи стратегічного менеджменту на підприємстві. Побудовано нечітку матрицю можливо-го застосування нечіткого інструментарію у стратегічному управлінні підприємствами, в якій зроблено акценти на найбільш перспективних напрямках. Для кожного з визначених інструментів запропоновано загальні методичні підходи й рекомендації щодо застосування.

Ключові слова: стратегічне управління, нечітке моделювання, теорія нечітких множин, нечіткий багатовісний аналіз, логіко-лінгвістичне моделювання, нечітке когнітивне моделювання, нечіткий кластерний аналіз, стохастичне моделювання.

В статье представлены основные направления применения инструментов нечеткого моделирования в стратегическом управлении предприятиями. Обоснована необходимость использования указанных методов в условиях сложной, динамической и турбулентной рыночной среды, которая характеризуется труднопрогнозируемым характером и высоким уровнем неопределенности. Проанализированы перспективные методы с использованием теории нечетких множеств, нечеткой логики, стохастических моделей с нечеткими параметрами, нечеткого когнитивного моделирования и нечеткого кластерного анализа для решения проблем совершенствования системы стратегического менеджмента на предприятии. Построена нечеткая матрица возможного применения нечеткого инструментария в стратегическом управлении предприятиями, в которой сделаны акценты на наиболее перспективных направлениях. Для каждого из определенных инструментов предложены общие методические подходы и рекомендации относительно использования.

Ключевые слова: стратегическое управление, нечеткое моделирование, теория нечетких множеств, нечеткий многокритериальный анализ, логико-лингвистическое моделирование, нечеткое когнитивное моделирование, нечеткий кластерный анализ, стохастическое моделирование.

The article presents the main directions of using fuzzy modeling tools in the strategic management of enterprises. The urgent need to use these methods in a complex, dynamic and turbulent market environment, which is difficult to predict and has a high level of uncertainty, has been substantiated. Thus, the necessity of transition from traditional classical models of strategic management, which are characterized by deterministic approaches, to new innovative methods, which are based on modern achievements of economic and mathematical modeling and make it possible to bring together all available heterogeneous information (deterministic, statistical, linguistic and interval) about the company and its activities is justified. Perspective approaches using the theory of fuzzy sets, fuzzy multicriteria analysis, fuzzy logic, stochastic models with fuzzy parameters, fuzzy cognitive modeling and fuzzy cluster analysis are analyzed to solve the problems of improving the strategic management system at an enterprise. A fuzzy matrix of the possible use of fuzzy tools in the strategic management of enterprises, in which emphasis is placed on the most promising areas, has been built. It has been determined that at all stages of the strategic process in the strategic management of enterprises, methods of fuzzy multi-criteria assessment for comparative analysis and

logical-linguistic models for the development of expert systems for supporting strategic decisions can be used. Fuzzy cognitive technologies based on generalized cognitive maps, which are especially interesting in the context of dynamic analysis, have a very great potential. They allow to form strategies of development of the enterprise taking into account endo- and exogenous factors and processes. In order to take into account the stochastic nature of the influence of various factors, a rather effective tool is the construction of stochastic models of strategic management processes using GERT-grids with fuzzy parameters based on W-functions and the theory of closed flow graphs. For each of the considered tools general methodological approaches and recommendations for use are proposed.

Keywords: *strategic management, fuzzy modeling, fuzzy set theory, fuzzy multicriteria analysis, logical-linguistic modeling, fuzzy cognitive modeling, fuzzy cluster analysis, stochastic modeling.*

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Зміна умов функціонування підприємств, зумовлена складністю ринкового середовища, його динамічністю, невизначеністю та важкопрогнозованим характером, нові виклики та загрози зумовлюють необхідність розвитку та вдосконалення традиційних інструментів менеджменту і застосування сучасних інноваційних підходів до управління. На думку професора В.В. Вітлінського, «...це потребує залучення відповідного економіко-математичного інструментарію, зокрема топології, функціонального аналізу, теорії нечітких (розпливчастих) множин, а також відповідних інформаційних технологій, що дало б змогу із загальних концептуальних позицій здійснити опис як кількісно, так і якісно поданої інформації щодо об'єктів і процесів, урахувавши семантичні модальності інформаційних одиниць, нечіткість даних, мультиплікативний вплив чинників невизначеності та конфліктності, синергетичні ефекти, вплив різних видів і типів ризику на його інтегральну оцінку, а також суб'єктивного чинника та низку інших аспектів, які підвищують адекватність і точність відповідних оцінок, прогнозів, планів і рішень» [1, с. 32]. Вищесказане найбільшою мірою стосується стратегічного менеджменту, завданнями якого є формування конкурентних переваг підприємства, розвиток його потенціалу та підтримка стратегічної здатності до виживання й ефективного функціонування в умовах нестабільного та турбулентного зовнішнього середовища. Слід зазначити, що під час застосування класичних моделей стратегічного управління (інструментів стратегічного аналізу, методів формування місії та стратегічних цілей, розроблення стратегічних альтернатив, стратегічного вибору, стратегічного контролю) найчастіше використовуються детерміновані підходи, які привносять визначеність у ситуації, які насправді характеризуються неточністю, «розмитістю» та нечіткістю тих чи інших параметрів. Це може слугувати причиною серйозних стратегічних помилок, прорахунків і невдач, оскільки стратегічне управління найбільшою мірою спрямоване у майбутнє, яке характеризується неясністю, невизначеністю та неоднозначністю, має непередбачуваний характер. Це значно ускладнює процеси управління підприємством, особливо в стратегічному контексті. На думку видатного вченого і фахівця стратегічного менеджменту І. Ансоффа, навіть «стратегії ... існують або як ідеї, або як розмите уявлення про загальну ціль фірми ... як правило, далеко від чіткого формулювання» [2, с. 34]. Ця теза слугує підтвердженням необхідності перегляду й удосконалення традиційних методик, недостатньо ефективних із погляду врахування характеру наявної і прогнозованої

інформації, а також розроблення нових інструментів, інноваційних підходів у стратегічному управлінні відповідно до сучасних викликів.

Нині одним із найбільш перспективних напрямів прикладних досліджень в управлінні, зокрема в стратегічному менеджменті, є застосування методів та моделей нечітко-множинної теорії та нечіткої логіки [3], які мають високу адаптаційну здатність до експертних даних, до якісного, вербального опису параметрів, що аналізуються, є достатньо гнучкими й адекватними вхідній інформації. Підхід на основі застосування нечітких описів дає змогу інтегрувати, звести воедино всю наявну неоднорідну інформацію (детерміновану, статистичну, лінгвістичну й інтервальну) про підприємство та його діяльність.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми і на які спирається автор. В останній час за темою дослідження з'явилася низка публікацій в іноземних та вітчизняних виданнях, в яких проблеми стратегічного менеджменту розглядаються через призму застосування класичних інструментів у нечіткій постановці:

1) стратегічний аналіз підприємства (його стратегічних бізнес-одиниць):

– стратегічна діагностика зовнішнього оточення [4–6];

– внутрішній стратегічний аудит [4; 6–8];

– застосування Fuzzy SWOT-аналізу [8–11];

2) формулювання місії та стратегічних цілей підприємства [12; 13];

3) конкурентний аналіз та оцінювання конкурентоспроможності підприємств-опонентів [14; 15];

4) формування стратегічних альтернатив [9; 11; 16];

5) оцінювання та вибір стратегічних альтернатив [4; 9; 11; 16–20].

Однак, незважаючи на значні здобутки та прогрес у сфері вдосконалення інструментарію стратегічного менеджменту на нечітко-множинній основі, існують прогалини, що стосуються різноманітних аспектів нечіткого моделювання проблем стратегічного процесу, застосування тих чи інших методів, що базуються на нечітких описах.

Формулювання цілей статті (**постановка завдання**). Мета статті – окреслити основні перспективні напрями застосування інструментів нечіткого моделювання в стратегічному управлінні та запропонувати відповідні загальні методичні підходи й рекомендації щодо вирішення проблем удосконалення системи стратегічного менеджменту на підприємстві з використанням теорії нечітких множин, нечіткого багатокритерійного аналізу, нечіткої логіки, стохастичних моделей із нечіткими параметрами, нечіткого когнітивного моделювання та нечіткого кластерного аналізу.



Рис. 1. Перспективні напрями досліджень у стратегічному управлінні підприємствами з використанням нечіткого інструментарію

Джерело: розроблено автором

Таблиця 1

Матриця нечіткого оцінювання потенціалу застосування нечіткого інструментарію у стратегічному управлінні підприємствами

Процеси стратегічного управління	Застосування інструментарію теорії нечітких множин та логіко-лінгвістичного моделювання				
	I	II	III	IV	V
	Нечітко-множинна теорія та методи нечіткого багатокритерійного аналізу	Логіко-лінгвістичні моделі, нечітко-множинні описи	Стохастичне моделювання на основі GERT-сіток з нечіткими параметрами	Нечітке когнітивне моделювання на основі узагальнених нечітких когнітивних карт	Нечіткий кластерний аналіз, карти Кохонена
Стратегічний аудит макрооточення	VH	VH	VH	H	H
Стратегічний аналіз мікрооточення	VH	VH	VH	H	H
Конкурентний аналіз	VH	VH	H	L	VH
Стратегічна діагностика внутрішнього середовища	VH	H	VH	H	L
Формування стратегічних цілей	VH	H	H	H	H
Формування стратегічних альтернатив	H	H	VH	H	L
Оцінювання стратегічних альтернатив	VH	VH	H	VH	M
Упровадження стратегії	H	H	VH	VH	VL
Стратегічний контроль	VH	VH	VH	H	VL

Джерело: розроблено автором

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Основні положення теорії нечіткої логіки, що базуються на математичній теорії нечітких множин, запропоновані американським математиком Лотфі Заде у 1965 р. в роботі Fuzzy Sets. Об'єктивною причиною, що призвела до виникнення теорії нечітких множин, була необхідність опису процесів, об'єктів, систем в умовах нечіткості. Дуже важливим кроком у розвитку «нечіткої» методології була доведена в 1993 р. професором Університету Південної Каліфорнії Бартом Коско теорема Fuzzy Approximation Theorem [21]. Згідно з нею, будь-яка математична система може бути апроксимована системою, побудованою на нечіткій логіці. Вона дала потужний поштовх для продовження досліджень у цій царині, а практичні досягнення у галузі нечіткої логіки отримали теоретичне обґрунтування. Нині підхід на основі теорії нечітких множин є, по суті, альтернативою загальноприйнятим кількісним детермінованим методам аналізу систем. Він має три основні відмітні риси [22, с. 25]:

1) замість або на додачу до числових змінних використовуються нечіткі величини й так звані «лінгвістичні» змінні;

2) прості відношення між змінними описуються за допомогою нечітких висловлювань;

3) складні відношення описуються нечіткими алгоритмами.

Зазначимо, що операції над нечіткими числами здійснюються за допомогою так званих «м'яких» обчислень.

Аналіз сучасного стану публікацій за даною тематикою та наявність нагальних не вирішених завдань стратегічного менеджменту дають змогу виділити, на думку автора, декілька перспективних напрямів досліджень щодо застосування нечіткого моделювання різних проблем та етапів стратегічного процесу (рис. 1, табл. 1).

У табл. 1 для лінгвістичного оцінювання рівня потенцілу зазначених методів та інструментів використано п'ятирівневу терм-множину $T = \{VL, L, M, H, VH\}$, де VL – дуже низький рівень (Very Low); L – низький (Low); M – середній (Medium); H – високий (High); VH – дуже високий (Very High).

Як видно з табл. 1, найбільшою мірою на всіх етапах стратегічного процесу в стратегічному управлінні підприємствами можуть бути викорис-

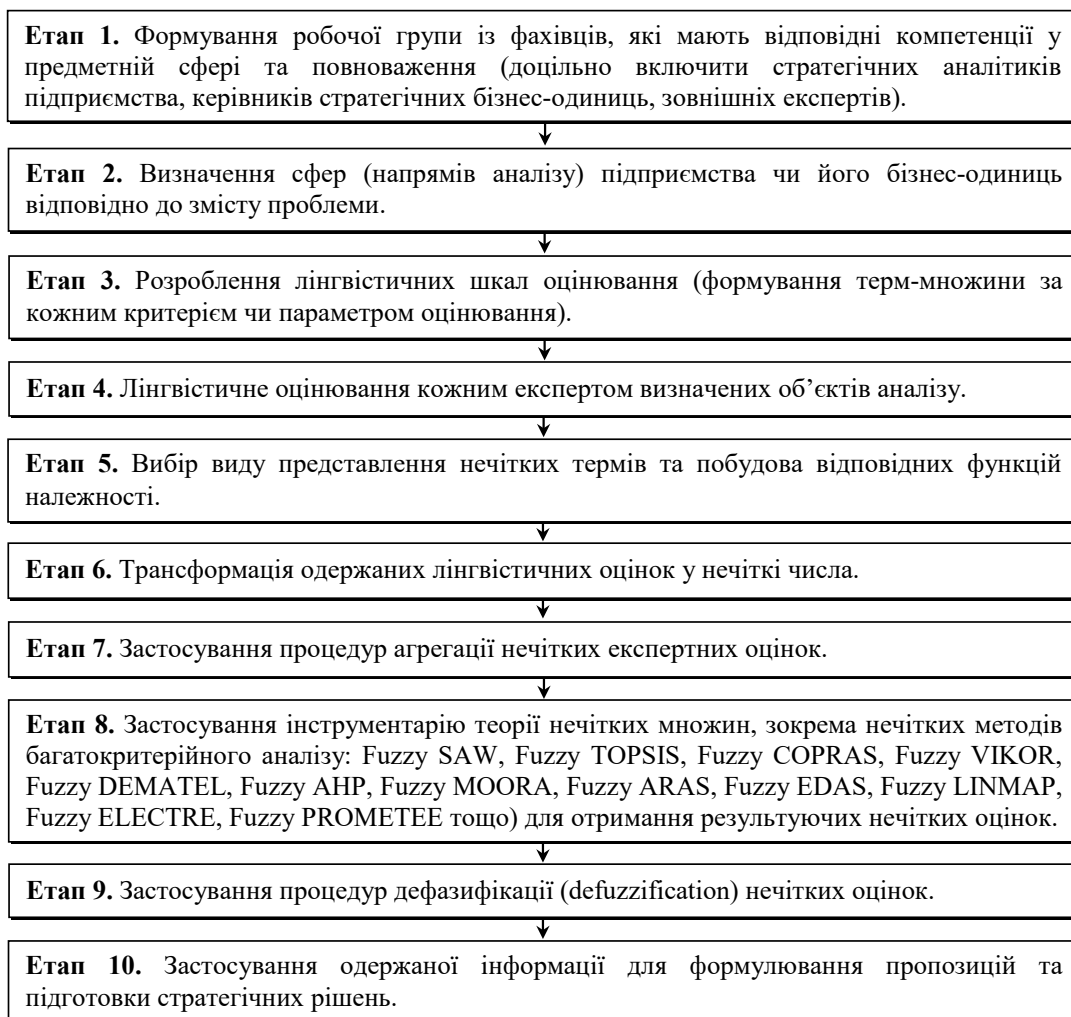


Рис. 2. Етапи загальної моделі застосування нечітких методів багатокритерійного аналізу під час вирішення проблем стратегічного управління підприємствами

Джерело: розроблено автором

тані методи нечіткого багатокритерійного аналізу та логіко-лінгвістичні моделі. Майже не розроблені в літературних джерелах, але, на думку автора, мають великий потенціал нечіткі когнітивні інструменти на основі узагальнених когнітивних карт. Особливо цікавими вони є в контексті динамічного аналізу. Досить важливим інструментом для опису та дослідження процесів стратегічного управління є стохастичні моделі на основі GERT-сіток. Нечіткий кластерний аналіз може бути застосований для вирішення досить вузького переліку проблем стратегічного менеджменту.

Розглянемо детальніше деякі важливі можливості, загальні методичні підходи й рекомендації щодо використання зазначених нечітких інструментів та методів.

I. Загалом застосування методів нечіткого багатокритерійного аналізу для вирішення проблем стратегічного управління підприємствами може бути застосована така нечітко-множинна модель (рис. 2).

Оцінювання підприємств-конкурентів за якісними критеріями зручно виконувати з використанням лінгвістичних оцінок на основі семирівневої терм-множини $T = \{\text{надзвичайно низький рівень} - \text{Extremely Low (EL), дуже низький} - \text{Very Low (VL); низький} - \text{Low (L); середній} - \text{Medium (M); високий} - \text{High (H); дуже високий} - \text{Very High (VH); надзвичайно високий} - \text{Extremely High (EH)}\}$. Семантику термів може задаватися або нечіткими триангулярними числами на інтервалі $[0; 6]$ з відповідними функціями належності (рис. 3) – EL: (0; 0; 1); VL: (0; 1; 2); L: (1; 2; 3); M: (2; 3; 4); H: (3; 4; 5); VH: (4; 5; 6); EH: (5; 6; 6), або нечіткими трапецієвидними числами (рис. 4) на інтервалі $[0; 9]$: EL – (0; 0; 0,5; 1); VL – (0,5; 1; 2; 2,5); L – (2; 2,5; 3,5; 4); M – (3,5; 4; 5; 5,5); H – (5; 5,5; 6,5; 7); VH – (6,5; 7; 8; 8,6); EH – (8; 8,5; 9; 9).

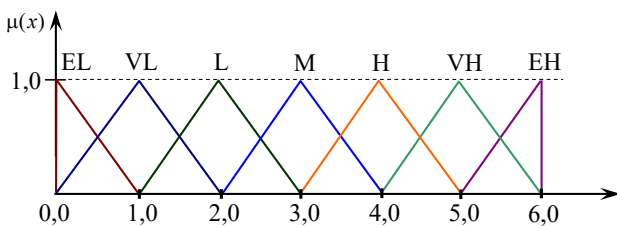


Рис. 3. Трикутні функції належності термів оцінювання

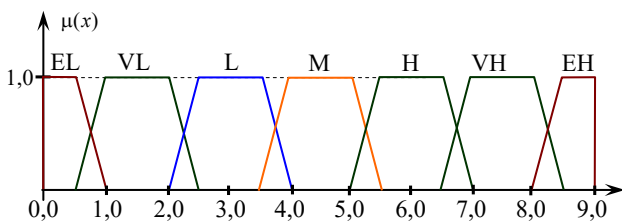


Рис. 4. Трапецієвидні функції належності термів оцінювання

Аналитичне представлення функції належності, наприклад для терма низький рівень (L) з трапецієвидним представленням (2; 2,5; 3,5; 4) матиме такий вигляд:

$$\mu_L(x) = \begin{cases} 0, & x < 2; \\ 2(x - 2,5), & x \in [2; 2,5]; \\ 1, & x \in [2,5; 3,5]; \\ 2(4 - x), & x \in [3,5; 4]; \\ 0, & x > 4. \end{cases}$$

Зазначимо, що «точні» числа можна розглядати як частковий випадок нечітких. Для приведення до одного вигляду, як правило, отримані оцінки та статистичні дані необхідно нормалізувати.

II. Досить цікавим і перспективним, на думку автора, є застосування в стратегічному управлінні нечітких когнітивних технологій на основі нечітких когнітивних карт, які дають змогу здійснювати імітаційні модельні експерименти шляхом зміни складу й значень базисних факторів і характеру причинно-наслідкових відношень між ними. Це дає змогу досліджувати поширення зовнішніх і керуючих впливів по когнітивній карті й вирішувати широке коло завдань, пов'язаних із визначенням пріоритетних управлінських рішень, оцінкою досяжності цілей управління, розробленням альтернативних стратегій управління, пошуком ефективних (у тому чи іншому сенсі) управлінських заходів. Зазначимо, що нечіткі когнітивні карти (Fuzzy Cognitive Maps (FCM)) були розроблені в 1986 р. Б. Коско [23] і є результатом інтеграції двох наукових напрямів: нечіткої логіки (fuzzy logic) і системної динаміки (system dynamics). На відміну від простих когнітивних карт FCM являють собою нечіткий орієнтований граф зі зворотними зв'язками, вузли якого є нечіткими множинами. Направлені ребра графа не тільки відображають причинно-наслідкові зв'язки між концептами, а й визначають ступінь впливу (вагу) концептів, що зв'язуються. Перспективне використання нечітких когнітивних моделей (карт) як засобу моделювання систем зумовлене можливістю наочного представлення аналізованої системи й легкостю інтерпретації причинно-наслідкових зв'язків між концептами. Іншою важливою перевагою когнітивних моделей є та обставина, що вони дають змогу досліджувати проблематику стратегічного управління на якісному рівні, не залучаючи для цієї мети важкодоступну й не завжди достовірну кількісну статистику. Це надзвичайно важливо в умовах сьогоденного швидкозмінного бізнес-середовища й зростаючих темпів технологічних інновацій. Особливо цікавими із цього погляду є нечіткі когнітивні моделі, в яких використовується динамічний аналіз, теорія якого заснована на апараті лінійних динамічних систем. Динаміка імітується шляхом задання в дискретні моменти часу послідовних імпульсних впливів на керовані фактори (фактори-причини) і моделювання сукупності цих впливів на цільові фактори (фактори-наслідки).

У рамках нечіткого когнітивного моделювання існує можливість цілеспрямованої генерації ефективних стратегій, що суттєво розширює простір стратегічного пошуку й створює передумови для переходу до нової парадигми стратегічного вибору: конструювання кращих стратегічних альтернатив розвитку підприємства з урахуванням основних процесів, що відбуваються як усередині підприємства, так і в його зовнішньому середовищі, зокрема:

– пошук оптимальної стратегії, що задовольняє певним нечітким нормативним обмеженням на деякі параметри внутрішнього або зовнішнього середовища підприємства;

– пошук стратегії, спрямованої на досягнення визначених цілей (наприклад, максимізація прибутку підприємства, ринкової частки підприємства тощо) за наявності обмежень на значення деяких інших вершин (наприклад, фінансові ресурси, часові обмеження, кваліфікація персоналу й ін.);

– конструювання різних варіантів стратегії, включаючи стратегію «саморозвитку» підприємства й різні стратегії «керованого розвитку»;

– прогнозування поведінки підприємства (його цільового образу) для кожного з варіантів стратегії;

– прогнозування поведінки підприємства (його цільового образу) за різної динаміки факторів (різних сценаріях розвитку) зовнішнього середовища тощо.

Зазначимо, що найбільш цікавими для застосування в стратегічному управлінні є узагальнені нечіткі когнітивні карти, які можуть бути представлені за допомогою нечіткої причинно-наслідкової сітки виду $G = (E, W)$, де $E = \{e_1, e_2, \dots, e_p\}$ – множина концептів, $W = \{w(e_i, e_j)\}$ ($i, j = 1, 2, \dots, p$) – множина зв'язків між ними. Кожний концепт e_i ($i = 1, 2, \dots, p$) характеризується терм-множиною лінгвістичної змінної $T_i = \{T_i^1, T_i^2, \dots, T_i^{m_i}\}$, де m_i – число типових станів i -го концепту. Для опису кожного терма T_i^k будуватиметься терм-множина з функцією належності $\mu_{T_i^k}(x)$. Зв'язки між типовими станами кожної пари концептів задаються нечіткими змінними, які описуються відповідними нечіткими множинами. Різновид узагальненої нечіткої когнітивної карти визначається обраною формою функцій належності (трикутна, трапецієвидна, гаусова тощо), способом нечіткого логічного висновку (за Мамдані, Цукамото, Ларсеном), процеду-

ри дефазифікації й деякими іншими параметрами й властивостями.

Для формування й використання FCM можна скористатися такою послідовністю кроків:

Крок 1. Визначення списку концептів, що характеризують деякі події, дії, величини й/або цілі.

Крок 2. Визначення терм-множини для опису кожного концепту.

Крок 3. Визначення ступенів впливу між кожною парою концептів або завдання функцій належності на кожному термі.

Крок 4. Побудова нечіткої когнітивної карти.

Крок 5. Аналіз й інтерпретація FCM.

III. Ще одним перспективним напрямом застосування нечіткої теорії для вирішення слабоструктурованих та неструктурованих проблем у стратегічному менеджменті є розроблення логіко-лінгвістичних моделей, які можуть бути складниками експертних систем, систем підтримки прийняття стратегічних рішень (наприклад, на основі нечітких інструментів портфельного аналізу, в нечіткому конкурентному аналізі, у зовнішньому та внутрішньому стратегічному аудиті, в оцінюванні стратегічних альтернатив тощо). Найбільшою мірою тут може використовуватися нечітке логічне виведення (fuzzy inference system) за алгоритмом Мамдані (рис. 5) (виконується за нечіткою базою знань, яка розробляється на основі фахових експертних міркувань), значення вхідних і вихідної змінних у якому задаються нечіткими множинами.

У загальному вигляді база нечітких знань може мати такий вигляд (табл. 2).

Нечітку базу знань на основі продукційних правил можна записати як:

$$\bigvee_{p=1}^{k_j} \left(\bigwedge_{i=1}^N \tilde{X}_i = \tilde{a}_i^{j^p} \text{ with } w^{j^p} \right) \rightarrow \tilde{Y} = \tilde{d}_j,$$

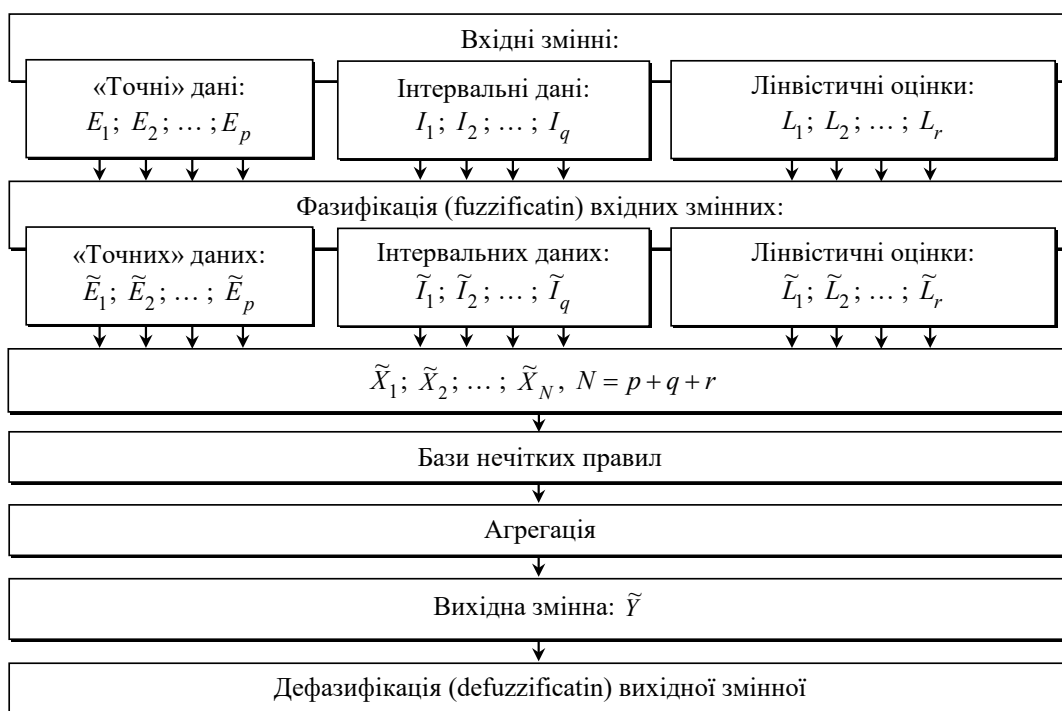


Рис. 5. Структура системи нечіткого логічного виведення

База нечітких знань

Номер вхідної комбінації	Вхідні змінні				Ваговий коефіцієнт	Вихідна змінна \tilde{Y}
	\tilde{X}_1	\tilde{X}_2	...	\tilde{X}_N		
11	\tilde{a}_1^{11}	\tilde{a}_2^{11}	...	\tilde{a}_N^{11}	w^{11}	d_1
12	\tilde{a}_1^{12}	\tilde{a}_2^{12}	...	\tilde{a}_N^{12}	w^{12}	
...	
$1k_1$	$\tilde{a}_1^{1k_1}$	$\tilde{a}_2^{1k_1}$	...	$\tilde{a}_N^{1k_1}$	w^{1k_1}	d_2
21	\tilde{a}_1^{21}	\tilde{a}_2^{21}	...	\tilde{a}_N^{21}	w^{21}	
22	\tilde{a}_1^{22}	\tilde{a}_2^{22}	...	\tilde{a}_N^{22}	w^{22}	
...
$2k_2$	$\tilde{a}_1^{2k_2}$	$\tilde{a}_2^{2k_2}$	...	$\tilde{a}_N^{2k_2}$	w^{2k_2}	d_m
...	
$m1$	\tilde{a}_1^{m1}	\tilde{a}_2^{m1}	...	\tilde{a}_N^{m1}	w^{m1}	
$m2$	\tilde{a}_1^{m2}	\tilde{a}_2^{m2}	...	\tilde{a}_N^{m2}	w^{m2}	d_m
...	
mk_m	$\tilde{a}_1^{mk_m}$	$\tilde{a}_2^{mk_m}$	...	$\tilde{a}_N^{mk_m}$	w^{mk_m}	

де \wedge – знак нечіткої кон'юнкції, \vee – знак нечіткої диз'юнкції, $\tilde{X} = (\tilde{X}_1; \tilde{X}_2; \dots; \tilde{X}_N)$ – вектор фазифікованих вхідних змінних, \tilde{Y} – вихідна змінна; $\tilde{d} = (\tilde{d}_1; \tilde{d}_2; \dots; \tilde{d}_m)$ – вектор значень вихідної змінної; w^{jp} – ваговий коефіцієнт для p -ї комбінації j -го правила; $\tilde{a}^{jp} = (\tilde{a}_1^{jp}; \tilde{a}_2^{jp}; \dots; \tilde{a}_N^{jp})$ – вектор значень вхідних змінних для p -ї комбінації в j -му правилі.

Таким чином, відповідно до рис. 5, побудова систем нечіткого логічного виведення припускає виконання ланцюжка дій за певними етапами:

Етап 1. Ідентифікація входів і виходів системи, тобто визначення вхідних та вихідних змінних.

Етап 2. Побудова для кожної з вхідних і вихідних змінних функцій належності (процедура приведення до нечіткості – фазифікація).

Етап 3. Розроблення баз нечітких правил із використанням експертних міркувань, суджень та оцінок.

Етап 4. Вибір і реалізація алгоритму нечіткого логічного виведення.

Етап 5. Здійснення процедури навчання (налаштування) системи з метою усунення відхилень вихідних змінних від реальних даних.

Етап 6. Аналіз процесу управління створеною системою.

IV. Стохастичне моделювання процесів стратегічного управління на основі GERT-сіток (містять вузли з вхідною функцією, яка передбачає виконання вузла за умови, що в заданий момент часу виконується лише одна вхідна дуга, і детермінованою або ймовірнісною вихідною функцією) із нечіткими параметрами, W -функцій та теорії замкнутих поточкових графів дає змогу:

1) наочно й достатньо повно представити всі етапи здійснення процесів стратегічного управління;

2) урахувати стохастичну природу як самого процесу стратегічного управління, так і впливу різно-

манітних екзо- та ендогенних факторів (за рахунок урахування ймовірнісних міркувань як щодо часу здійснення кожної операції, так і щодо вірогідності її виконання), а також максимально врахувати можливі зміни факторів впливу на діяльність окремих бізнес-одиниць та підприємства у цілому;

3) визначити основні ризики, проблемні та «вузькі місця» даних процесів;

4) оцінити тривалість виконання певних етапів та всього досліджуваного процесу загалом;

5) визначити ймовірність завершення окремих етапів чи отримання певних результатів у процесі реалізації визначених заходів;

6) підвищити ефективність стратегічних заходів як із погляду їх обґрунтованості, так і з погляду майбутньої реалізації;

7) отримати інформацію та можливості для подальшого вдосконалення підсистем стратегічного управління підприємством, зокрема підсистем зовнішнього аудиту, внутрішньої діагностики та формування стратегій.

GERT-сітка являє собою стохастичну сітку, вузли якої можуть бути інтерпретовані як стани системи, а дуги – як переходи з одного стану в інший. Такі переходи можна розглядати як виконання узагальнених операцій, які характеризуються щільністю розподілу (функцією маси) та ймовірністю виконання [25]. Застосування стохастичних моделей на основі GERT-сіток передбачає використання такого алгоритму:

Етап 1. Представити систему у вигляді стохастичної сітки з GERT-вузлами.

Етап 2. Для кожної дуги сітки визначити умовну ймовірність та твірну функцію моментів (із нечіткими параметрами).

Етап 3. Для кожної дуги сітки обчислити W -функцію.

Етап 4. Перетворити сітку на еквівалентну сітку, що складається з однієї дуги, якщо є лише один вузол закінчення, або ж із n дуг, якщо є n кінцевих вузлів, та записати топологічне рівняння для замкнутих графів (правило Мейсона), яке має такий вигляд: $1 - \sum_i W(L_i(1)) + \sum_j W(L_j(2)) + \dots + (-1)^m \sum_p W(L_p(m)) = 0$, де $\sum_i W(L_i(k))$ – сума W -функцій усіх петель k -го порядку в замкнутому графові.

Етап 5. Розрахувати параметри стохастичної сітки [25, с. 127; 26, с. 147].

Зазначимо, що застосування нечітких значень параметрів стохастичної моделі може не обмежуватися тільки параметрами тривалості відповідних операцій (наприклад, із використанням нормального розподілу – для середньоквадратичного відхилення та математичного сподівання тривалості), а й використовуватися для визначення ймовірностей їх виконання, які можна оцінити лінгвістичним способом з подальшою трансформацією в нечіткі числа.

V. Завданням нечіткої кластеризації у загальному випадку є знаходження нечіткого розбиття множини елементів досліджуваної сукупності, які утворюють структуру нечітких кластерів, присутніх у вхідних даних. Це завдання зводиться до знаходження мір належності елементів множини шуканим нечітким кластерам, які в сукупності й визначають нечітке розбиття вихідної множини елементів. Таким чином, будь-який елемент заданої множини може одночасно належати до всіх визначених кластерів, але з різним ступенем належності. У стратегічному управлінні нечіткий кластерний аналіз із використанням методу Fuzzy C-means, самоорганізованих карт Кохонена може бути використаний для ідентифікації стратегічних груп конкурентів під час проведення конкурентного аналізу, для сегментації ринку, для класифікації стратегічних цілей тощо.

Висновки з цього дослідження і перспективи подальших розвідок. У роботі обґрунтовано необхідність переходу від традиційних класичних моделей стратегічного менеджменту, які характеризуються детермінованими підходами, до нових інноваційних методів аналізу, які базуються на сучасних досягненнях економіко-математичного моделювання та дають змогу адекватно врахувати наявні види невизначеності й звести воедино всю наявну неоднорідну інформацію (детерміновану, статистичну, лінгвістичну й інтервальну) про підприємство та його діяльність. Відповідно до проведеного дослідження, можна стверджувати, що інструменти нечіткого моделювання мають величезний потенціал для застосування у багатогранній і складній царині стратегічного менеджменту та повинні стати невід'ємною частиною аналітичної роботи вищого управлінського персоналу.

Проведений аналіз продемонстрував найбільшу перспективність нечітких методів багатокритерійного аналізу, нечітких логіко-лінгвістичних моделей та моделювання з використанням нечітких когнітивних технологій.

Бібліографічний список:

1. Вітлінський В.В. Актуальні питання розвитку теорії ризику. *Моделювання та інформаційні системи в економіці*. 2006. Вип. 74. С. 30–38.

2. Ансофф И. Стратегическое управление. Москва : Экономика, 1989. 519 с.
3. Zadeh L.A. Fuzzy Sets as a Basis for a Theory of Possibility. *Fuzzy Sets and Systems*. 1978. Vol. 1. № 1. P. 89–100.
4. Mohammadi A., Mohammadi Ab., Zarifpayam S.V., Mohammadi M. Presentation of Fuzzy Models of EFE, IFE and QSPM. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. 2011. Vol. 5(12). P. 1173–1179.
5. Ulubeyli S. Industry-wide competitiveness assessment through fuzzy synthetic evaluation: the case of cement industry. *Journal of Business Economics and Management*. 2017. Vol. 18(1). P. 35–53.
6. Zhou Q., Huang W., Zhang Y. Identifying critical success factors in emergency management using a FDEMATEL method. *Safety science*. 2011. № 49(2). P. 243–252.
7. Pešić A., Pešić D., Tepavčević A. A New Strategic Tool for Internal Audit of the Company Based on Fuzzy Logic. *ComSIS*. 2012. Vol. 9. № 2. P. 653–666.
8. Caballero A.S., Lafuente J.G. The New Fuzzy SWOT: Empirical Application with Experts. *Esic Market Economics and Business Journal*. 2017. Vol. 48. № 1. P. 9–29.
9. Fouladgar M., Yazdani-Chamzini A., Yakhchali S. A new methodology for prioritizing mining strategies. *International Journal of Innovation, Management and Technology*. 2011. Vol. 2. № 4. P. 342–347.
10. Ghazinoory S., Zadeh E. A., Memariani A. Fuzzy SWOT analysis. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*. 2007. Vol. 18. P. 99–108.
11. Jeyaraj K.L., Muralidharan C., Senthilvelan T. A hybrid business strategy selection process for a Textile company using SWOT and fuzzy ANP – a case study. *International Journal of Management*. 2012. Vol. 3. № 2. P. 124–143.
12. Балан В.Г. Інструментарій нечіткої логіки у формуванні стратегічних цілей підприємства. *Причорноморські економічні студії*. 2020. Вип. 53. С. 47–54.
13. Караев Р.А. Когнитивный анализ и выбор стратегических целей предприятия. *Бизнес-информатика*. 2019. Т. 13. № 4. С. 28–38.
14. Балан В.Г. Інструментарій теорії нечітких множин у конкурентному аналізі підприємств. *Інфраструктура ринку*. 2020. Вип. 45. С. 58–65.
15. Azarova A., Zhytkevych O. Mathematical methods of identification of Ukrainian enterprises competitiveness level by fuzzy logic using. *Економічний часопис-XXI*. 2013. Т. 9–10(2). С. 59–62.
16. Jassbi J., Mohammad N. F., Nasrollahzadeh H. A Fuzzy Dematel framework for modeling cause and effect relationship of strategy. *Expert systems with applications*, 2010. Т. 38(5). P. 5967–5973.
17. Балан В.Г. Нечітка модель оцінювання та вибору стратегій на основі модифікації квантитивної матриці стратегічного планування. *Проблеми системного підходу в економіці*. 2020. Вип. 3(77). С. 85–93.
18. Когнитивные инструменты для динамического анализа бизнес-стратегий предприятий / Р.А. Караев и др. *Бизнес-информатика*. 2018. № 1(43). С. 7–16.
19. Саенсус М.А., Мисько Г.А., Оленев М.В. Використання теорії нечітких множин при виборі портфелю економічних стратегій підприємства харчової промисловості. *Вісник соціально-економічних досліджень*. 2010. № 40. С. 140–146.
20. Ghazinoory S., Zadeh E. Application of fuzzy calculations for improving portfolio matrices. *Information Sciences*. 2010. Vol. 180. P. 1582–1590.
21. Kosko B. Fuzzy Thinking: The New Science of Fuzzy Logic. Hyperion, 1993. 288 p.
22. Алтунин А.Е., Семухин М.В. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях : монография. Тюмень : ТГУ, 2000. 352 с.
23. Kosko B. Fuzzy cognitive maps. *International Journal of Man-Machine Studies*. 1986. Vol. 1. P. 65–75.
24. Компьютерная поддержка сложных организационно-технических систем / В.В. Борисов и др. Москва : Горячая линия-Телеком, 2002. 154 с.

25. Черваньов Д.М., Балан В.Г. Сіткові моделі у менеджменті. Київ : ПБВ ІМФ, 2003. 160 с.
26. Balan V., Sitnicki M. The role of portfolio analysis in forming the competitive strategies of enterprise. *Актуальні проблеми економіки*. 2012. № 5(131). С. 141–148.

References:

1. Vitlinskij V. V. (2006) Aktualjni pytannja rozvytku teorii ryzuku. [Current issues of risk theory development]. *Modeljuvannja ta informacijni systemy v ekonomici*, vol. 74, pp. 30–38.
2. Ansoff I. (1989) *Strategicheskoe upravlenie* [Strategic management]. Moscow: Jekonomika, 519 p. (in Russian)
3. Zadeh L.A. (1978) Fuzzy Sets as a Basis for a Theory of Possibility. *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 1, no. 1, 89–100 p.
4. Mohammadi A., Mohammadi Ab., Zarifpayam S.V., Mohammadi M. (2011) Presentation of Fuzzy Models of EFE, IFE and QSPM. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, vol. 5(12), pp. 1173–1179.
5. Ulubeyli S. (2017). Industry-wide competitiveness assessment through fuzzy synthetic evaluation: the case of cement industry. *Journal of Business Economics and Management*, vol. 18(1), pp. 35–53.
6. Zhou Q., Huang W., Zhang Y. (2011) Identifying critical success factors in emergency management using a FDE-MATEL method. *Safety science*, vol. 49(2), pp. 243–252.
7. Pešić A., Pešić D., Tepavčević A.A (2012) New Strategic Tool for Internal Audit of the Company Based on Fuzzy Logic. *ComSIS*, vol. 9, no. 2, pp. 653–666.
8. Caballero A.S., Lafuente J.G. (2017) The New Fuzzy SWOT: Empirical Application with Experts. *Esic Market Economics and Business Journal*, vol. 48, no. 1, pp. 9–29.
9. Fouladgar M., Yazdani-Chamzini A., Yakhchali S. (2011) A new methodology for prioritizing mining strategies. *International Journal of Innovation, Management and Technology*, vol. 2, no. 4, pp. 342–347.
10. Ghazinoory S., Zadeh E. A., Memariani A. (2007) Fuzzy SWOT analysis. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, vol. 18, pp. 99–108.
11. Jeyaraj K.L., Muralidharan C., Senthilvelan T. (2012) A hybrid business strategy selection process for a Textile company using SWOT and fuzzy ANP – a case study. *International Journal of Management*, vol. 3, no. 2, pp. 124–143.
12. Balan V.Gh. (2020) Instrumentarij nechitkoji loghiky u formuvanni strategichnykh cilej pidpryjemstva [Fuzzy logic tools in the formation of enterprise strategic goals]. *Prychornomorsjki ekonomichni studijj*, vol. 53, pp. 47–54.
13. Karaev R.A. (2019) Kognitivnyy analiz i vybor strategicheskikh tseley predpriyatiya [Cognitive analysis and selection of strategic goals of the enterprise]. *Biznes-Informatika*, vol. 13, no. 4, pp. 28–38.
14. Balan V.Gh. (2020) Instrumentarij teorii nechitkykh mnozhyn u konkurentnomu analizi pidpryjemstv [Fuzzy set theory toolkit in competitive analysis of enterprises]. *Infrastruktura rynku*, vol. 45, pp 58–65.
15. Azarova A., Zhytkevych O. (2013) Mathematical methods of identification of Ukrainian enterprises competitiveness level by fuzzy logic using. *Economic Annals-XXI*, vol. 9–10(2), pp. 59–62.
16. Jassbi J., Mohammad N. F., Nasrollahzadeh H. (2010) A Fuzzy Dematel framework for modeling cause and effect relationship of strategy. *Expert systems with applications*, vol. 38(5), pp. 5967–5973.
17. Balan V.Gh. (2020) Nechitka modelj ocinjuvannja ta vyboru strategij na osnovi modyfikaciji kvantytvnoji matryci strategichnogho planuvannja [Fuzzy model of evaluation and selection of strategies based on modification of the quantitative strategic planning matrix]. *Problemy systemnogho pidkhotu v ekonomici*, vol. 3(77), pp. 85–93.
18. Karaev R.A., Mikailova R.N., Safarli I.I., Sadykhova N.Yu., Imamverdieva Kh.F. (2018) Kognitivnye instrumenty dlya dinamicheskogo analiza biznes-strategiy predpriyatiy [Cognitive tools for dynamic analysis of business strategies of enterprises]. *Biznes-informatika*, no. 1(43), pp. 7–16.
19. Sajensus M.A., Misjko Gh.A., Oljenjev M.V. (2010) Vykorystannja teorii nechitkykh mnozhyn pry vybori portfelfu ekonomichnykh strategij pidpryjemstva kharchovoji promyslovosti [Using the theory of fuzzy sets when choosing a portfolio of economic strategies of the food industry]. *Visnyk socialjno-ekonomichnykh doslidzhenj*, no. 40, pp. 140–146.
20. Ghazinoory S., Zadeh E. (2010) AApplication of fuzzy calculations for improving portfolio matrices. *Information Sciences*, vol. 180, pp. 1582–1590.
21. Kosko B. (1993) *Fuzzy Thinking: The New Science of Fuzzy Logic*. Hyperion, 288 p.
22. Altunin A.E., Semukhin M.V. (2000) Modeli i algoritmy prinyatiya resheniy v nechetkikh usloviyakh: Monografiya [Models and algorithms for decision making in fuzzy conditions: Monograph]. Tyumen': Izdatel'stvo Tyumenskogo gosudarstvennogo universiteta, 352 p.
23. Kosko B. (1986) Fuzzy cognitive maps. *International Journal of Man-Machine Studies*, vol. 1, pp. 65–75.
24. Borisov V.V., Bychkov I.A., Dement'ev A.V., Solov'ev A.P., Fedulov A.S. (2002) Komp'yuternaya podderzhka slozhnykh organizatsionno-tehnicheskikh sistem [Computer support for complex organizational and technical systems]. Moscow: Goryachaya liniya-Telekom, 154 p. (in Russian)
25. Chervanjov D.M., Balan V.Gh. (2003) Sitkovi modeli u menedzhmenti [Grid models in management]. Kyiv: RVV IMF, 160 p. (in Ukrainian)
26. Balan V., Sitnicki M. (2012) The role of portfolio analysis in forming the competitive strategies of enterprise. *Aktualjni problemy ekonomiky*, no. 5(131), pp. 141–148.