

М'ячин В.Г.

НЕЧІТКО-ЛОГІЧНИЙ ПІДХІД ДО ВИБОРУ СТРАТЕГІЇ ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

ДВНЗ “Український державний хіміко-технологічний університет”, м. Дніпро

Запропонована загальна схема нечітко-логічного підходу до вибору стратегії інноваційного розвитку промислових підприємств. Показано, що застосування традиційних прийомів вибору стратегій інноваційного розвитку промислових підприємств характеризується використанням таких методів, як вартісний аналіз (NPV, PI, PBP), лінійне програмування, цілочислове програмування, метод аналізу ієрархій (АНР), але поряд із вказаними методами найбільшу популярність набуває метод нечіткої логіки (fuzzy logic). Метод нечіткої логіки дозволяє приймати більш релевантні управлінські рішення в умовах невизначеності та ризику. Розроблена нечітка експертна система щодо вибору інноваційного розвитку промислових підприємств. Проаналізовані переваги та недоліки різних типів функцій належності, обґрунтований вибір дзвонуватої та неопуклої функцій належності. У якості вхідних змінних обрані такі параметри інноваційного розвитку, як темп оновлення основних фондів підприємства, рівень інноваційної активності підприємства, збільшення обсягу фінансування, зростання обсягу виробництва продукції, наявність чи відсутність власної бази для здійснення науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт.

Ключові слова: промислове підприємство; стратегія інноваційного розвитку; нечітка логіка; функція належності; модель нечіткого висновку; нечітка експертна система.

Вступ

В умовах економічної кризи в діяльності вітчизняних підприємств як ніколи зростає важливість показників, дотримання яких спрямоване на реалізацію стратегії їх інноваційного розвитку.

Використання на практиці наявного сучасного інструментарію вибору стратегії інноваційного розвитку промислових підприємств може сприяти виявленню шляхів покращання фінансового стану підприємств та загалом здійсненню ефективного управління ними за сучасних умов функціонування галузей економіки України.

Сучасна тенденція у застосуванні методів вибору стратегій інноваційного розвитку промислових підприємств характеризується використанням таких методів, як вартісний аналіз (NPV, PI, PBP), лінійне програмування, цілочислове програмування, нечітка логіка (fuzzy logic), метод аналізу ієрархій (АНР) та інші, але серед вказаних методів найбільшу популярність набуває метод нечіткої логіки [1].

Так, Є.І. Марковська та А.В. Бурковська [2] пропонують нечітко-логічний підхід щодо прийняття рішень стратегічним інвестором. Ав-

торами була висунута пропозиція щодо залучення стратегічними інвесторами додаткових параметрів – показника вартості нематеріальних активів Goodwill та коефіцієнт заборгованості компанії Debt – поряд з такими показниками як чиста нинішня вартість (NPV), внутрішня норма рентабельності (IRR), індекс прибутковості (PI) та період окупності (PBP).

А.М. Батьковський та М.А. Батьковський [3] пропонують при виборі стратегій інноваційного розвитку широко використовувати метод нечіткої логіки.

На думку цих авторів, необхідність застосування нечіткої логіки викликана тим, що нечітка логіка забезпечує адекватність і практичну застосовність результатів обчислень за рахунок використання лінгвістичної змінної, отриманої в результаті об'єднання кількісних показників.

Відомо, що однією з проблем, з якою припадає зіштовхуватися при виборі стратегій інноваційного розвитку, є прийняття рішень в умовах невизначеності, неповноти та нестачі вихідних даних. Усунення подібної невизначеності досягається завдяки використанню математичних методів, заснованих на нечіткій логіці.

Метою роботи є розробка інтелектуальної

системи прийняття економічних рішень щодо вибору стратегії інноваційного розвитку промислових підприємств в умовах невизначеності на підставі багатокритеріальних методів теорії нечітких множин і моделей багатоаспектного аналізу економічних систем.

Виклад основного матеріалу

Загальна архітектура нечіткої експертної системи надає трансформацію даних всередині системи (рис. 1). Загальний процес побудови нечіткої системи під початку до системного оцінювання представлений на рис. 2. На ньому показаний типовий процес з чітко відокремленими стадіями, але в дійсності процес обробки даних не складається з окремих дискретних кроків, а має являє собою кроки, які неможливо відокремити один від одного.

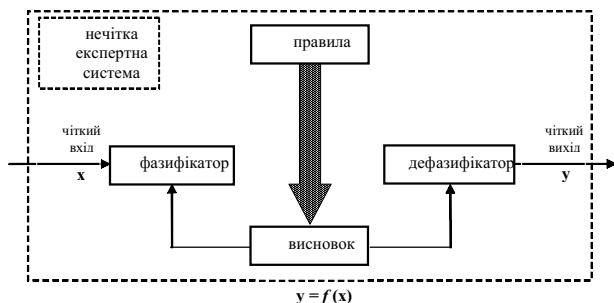


Рис. 1. Загальна архітектура нечіткої експертної системи

Побудова нечітко-логічної моделі вибору стратегії інноваційного розвитку промислових підприємств повинна включати побудову функцій належності для вхідних змінних і вихідної змінної (вид інноваційної стратегії) та формування нечітких логічних правил, які складуть

основу механізму вибору інноваційної стратегії.

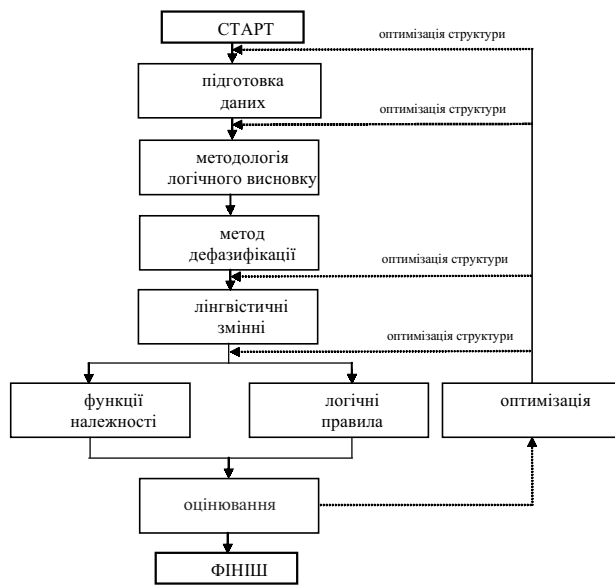


Рис. 2. Типовий процес побудови нечіткої експертної системи

Загальні підходи при виборі функцій належності через аналіз їх переваг і недоліків викладені у роботах [4-8], серед яких найбільш відомими є роботи А.В. Леоненкова [4] та А. Пегата [5].

На підставі аналізу цих робіт узагальнено основні переваги на недоліки функцій належності, результати узагальнення представлені у табл. 1.

Що стосується вибору функцій належності при побудові нечітко-логічних моделей для ви-

Таблиця 1

Узагальнені підходи щодо вибору функцій належності при побудові нечітко-логічних моделей

Вид функції належності	Обґрунтування вибору моделей, їх переваги та недоліки
Кусково-лінійчасті (триангулярні та трапецієподібні)	Характеризують невизначеність “приблизно дорівнює”, “середнє значення”, “розташований в інтервалі”, “подібний до об’єкту”, “подібний до предмету”; для їх завдання потрібен невеликий обсяг інформації, характеризуються простотою модифікації параметрів
S-подібні та Z-подібні	Характеризують невизначеність “мала (велика) кількість”, “невелике (велике) значення”, “низька (висока) собівартість продукції”, “низький (високий) рівень цін та доходів”, “низька (висока) процентна ставка”, тобто коли спостерігається низький (високий) ступінь прояву тієї чи іншої якісної та кількісної ознаки; спрощує отримання гладких безперервних поверхонь відгуку, що безперервно диференціюються
П-подібні (дзвоноподібні або ті, що за формою нагадують дзвін, згладжену трапецію або літеру “П”)	Характеризують невизначеність величин, які піддаються нормальному розподілу; для їх завдання потрібна відносно велика кількість параметрів (від 4 до 6), їх використання спрощує отримання простих локально лінійних поверхонь відгуку
Субнормальні	Характеризують невизначеність величин, коли функція належності приймає значення, що ніколи не досягає 1
Неопуклі	Характеризують дискретні неопуклі множини, елементарні не опуклі множини, не опуклі множини, що залежать від часу, послідовні не опуклі множини

Обґрунтування різними авторами вибору функцій належності при побудові нечітко-логічних моделей вибору стратегії інноваційного розвитку

Вид функції належності	Автор та рік публікації	Обґрунтування вибору моделей
Триангулярна, трапецієподібна	А.О. Недосекін [7] (2003 р.)	Використання трапецієподібних та триангулярних функцій належності вважає доцільним у зв'язку із спрощенням їх побудови
S-подібна та Z-подібна	Т. Корол (Tomasz Korol) та А. Короді (Adrian Korodi) (2011 р.)	Автори не обґрунтовують вибір виду функцій належності
Триангулярна	А. Гавронська (Anna Gawronska) та Т. Гавронський (Tomasz Gawronski) (2012 р.)	Автори не обґрунтовують вибір виду функцій належності
Дзвонувата	А.В. Матвійчук (2013 р.) [6], Г.І. Великоіваненко та К.М. Мамонова (2013 р.)	Найбільш придатна для лінгвістичного опису значної кількості соціально-економічних явищ, множина її значень не містить нуля
Субнормальна	Дж.М. Гарібальді, Р.І. Джон (J.M. Garibaldi, R.I. John) [8] (2005 р.)	Найбільш придатна для лінгвістичного опису дискретних функцій належності, які можливо виразити у термінах "так" чи "ні"
Неопукла	Дж.М. Гарібальді, Р.І. Джон (J.M. Garibaldi, R.I. John) [8] (2005 р.)	Автори звертають увагу на дискретні функції належності, які раціонально застосовувати при виборі стратегій інноваційного розвитку

бору інноваційних стратегій промислових підприємств, то коло запропонованих функцій належності обмежено триангулярними, трапецієподібними, S-подібними, Z-подібними, дзвонуватими, а також субнормальними та неопуклими функціями належності. Перелік відомих авторів та запропонованих ними моделей наданий у табл. 2.

Таким чином, за даними табл. 2 найбільше розповсюдження отримали трапецієподібна та дзвонувата функції належності. Перевагою останньої функції є те, що множина її значень є нормальною і відмінною від нуля ($m(x_i) \in (0;1]$), тому за великої кількості математичних перетворень відсутність нульових значень не може призвести до викривлення кінцевих результатів і зниження ступеня надійності моделі.

Наступним етапом побудови нечітко-логічної моделі є побудова нечітко-логічних правил. При кількості входів моделі ω та наявності у кожному з них z нечітких множин (функцій належності) число логічних правил (rules) r можливо визначити за формулою

$$r = z^\omega. \quad (1)$$

У табл. 3 надана залежність кількості логічних правил моделі, що забезпечують її повноту, від кількості входів моделі ω та кількості z нечітких множин в кожному з них.

Як можна побачити з табл. 3, зі збільшенням кількості входів моделі ω та кількості z нечітких множин кількість логічних правил суттєво зростає, що значно збільшує трудомісткість її побудови.

Таблиця 3

Залежність кількості правил логічних правил моделі від кількості входів моделі ω та кількості z нечітких множин в кожному вході, при якій забезпечується повнота моделі

$\omega=1$	$\omega=2$	$\omega=3$	$\omega=4$	$\omega=5$	
$z=1$	1	1	1	1	1
$z=2$	2	4	8	16	32
$z=3$	3	9	27	81	243
$z=4$	4	16	64	256	1024
$z=5$	5	25	125	625	3125

Виконаний аналіз показав, що найбільш розповсюдженими у практиці моделювання нечітко-логічних моделей оцінювання фінансового стану та ризику настання банкрутства промислових підприємств є трапецієподібні та дзвонуваті функції належності. При визначенні кількості логічних правил моделі потрібно одночасно враховувати точність моделі та трудомісткість її побудови.

В науковій літературі можна зустріти досить значну кількість наукових публікацій стосовно вибору стратегій інноваційного розвитку, але більшість з них оперує в характеристиці стратегій та їх вибору лише, на жаль, лінгвістичними термінами.

Приємним виключенням з цього є робота групи дослідників [9], в якій не тільки пропонується до вибору чотири види стратегій інноваційного розвитку виробничих підприємств, а й кожній з них ставиться у відповідність група критеріїв.

До першої стратегії інноваційного розвитку – активної наступальної – вони відносять

Характеристика основних інноваційних стратегій

Показники	Види інноваційних стратегій			
	активна наступальна	активна оборонна	активна імітаційна	пасивна
Темпи оновлення основних фондів підприємства на рік	понад 20%	не менш 10%	–	–
Рівень інноваційної активності на рік	понад 30%	понад 15%	не нижче 10%	нижче 10%
Збільшення обсягу фінансування інновацій на рік	понад 30%	понад 20%	понад 10%	–
Зростання обсягів виробництва на рік	понад 20%	понад 10%	понад 5%	відсутність скорочення обсягів виробництва
Наявність власної бази НДДКР	так	так	ні	ні

дуже високі темпи оновлення і розширення основних фондів (понад 20%), збільшення обсягів фінансування інновацій (понад 30%), високе зростання масштабів виробництва (понад 20% на рік), зростання прибутку (більш ніж 20% на рік), наявність відповідної бази НДДКР.

Другу стратегію – активну оборонну стратегію – автори [9] характеризують регулярним підвищенням технологічного рівня підприємства не менш ніж 10%-на рік, зростанням обсягів виробництва більш ніж 10% на рік, збільшенням обсягів фінансування інновацій понад 20% на рік, використанням позикових коштів, можливістю залучення іноземних інвестицій, можливістю завоювання нових сегментів ринку за рахунок адаптації товару, що вже випускається.

Третя стратегія – активна імітаційна стратегія – характеризується рівнем інноваційної активності не нижче ніж 10%, збільшенням обсягів фінансування інновацій понад 10% на рік, використанням власних коштів підприємства як основного джерела фінансування інновацій, можливістю набуття ліцензій на право виробництва нового товару, що розроблений конкурентом, відсутністю на підприємстві підрозділів, що займаються розробкою і впровадженням інновацій.

Четверта, пасивна стратегія інноваційного розвитку характеризується відсутністю скорочення обсягів виробництва продукції, низькими темпами оновлення основних фондів підприємства (3-5%), низьким рівнем інноваційної активності, відсутністю на підприємстві підрозділів, що займаються розробкою і впровадженням інновацій, використанням власних коштів підприємства як основного джерела фінансування інновацій в області маркетингу.

Таким чином, ознаки чотирьох видів стратегій можливо надати у вигляді, який зручно використовувати для побудови нечітко-логічної моделі вибору та формування стратегії інноваційного розвитку промислового підприємства

(табл. 4).

Виходячи з даних табл. 4, для вибору стратегії інноваційного розвитку при кількості входів моделі $w=5$ та наявності у кожному з них $z=4$ нечітких множин (функцій належності) максимальне число логічних правил (rules) r можливо визначити за формулою (1)

$$r=4^5=1024.$$

Висновки

Таким чином, здійснене дослідження дозволяє зробити наступні висновки:

1) метод нечітких множин є найбільш релевантним та перспективним для вибору інноваційної стратегії при розробці інноваційного розвитку промислових підприємств;

2) розроблені підходи щодо побудови нечіткої експертної системи вибору активної наступальної, активної оборонної, активної імітаційної та пасивної інноваційної стратегії;

3) подальші розробки автора в цьому напрямі будуть присвячені удосконаленню процесу структурування показників щодо вибору стратегії інноваційного розвитку та удосконаленню нечіткої експертної системи в аспекті підбору і обґрунтування функцій належності для вхідних і вихідних змінних.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Ribeiro H.A.A.* Evaluation and selection of innovation projects. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/563345090414896/Dissertacao_65561.pdf

2. *Батьковский А.М., Мерзлякова А.П.* Оценка инновационных стратегий предприятия // *Вопр. инновационной экономики.* – 2011. – № 7. – С.10-17.

3. *Марковская Е.И., Бурковская А.В.* Метод Fuzzy Logic: практика применения в процессе принятия решения стратегическим инвестором // В книге: *Инновационная экономика*

мика и промышленная политика региона (ЭКОПРОМ-2016), Труды международной научно-практической конференции / под редакцией А.В. Бабкина. – 2016. – С.459-482.

4. Леоненков А.В. Нечёткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 736 с.

5. Пегат А. Нечёткое моделирование и управление / А. Пегат: пер. с англ.: 2-е изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. – 798 с.

6. Матвійчук А.В. Нечіткі, неймережеві, та дискримінантні моделі діагностування можливості банкрутства підприємств // Нейронечіткі технології моделювання в економіці. – 2013. – № 2. – С.71-117.

7. Недосекин А.О. Методологические основы моделирования финансовой деятельности с использованием нечетко-множественных описаний: дис. докт. экон. наук: 08.00.13. – СПб, СПбГУЭФ, 2003. – 280 с.

8. Garibaldi J.M., John R.I. Choosing Membership Functions of Linguistic Terms. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://pdfs.semanticscholar.org/61f5/5ba491a9a8453e19ace3fd14c6911143b179.pdf>

9. Сафин Р.Ф., Соколова О.Н. Процесс формирования стратегии инновационного развития производственного предприятия // Вестник Алтайского гос. аграрного ун-та. – 2011. – № 1(75). – С.109-116.

Надійшла до редакції 21.03.2017

Рецензент: д.е.н. Л.Д. Гармідер

НЕЧЁТКО-ЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ВЫБОРУ СТРАТЕГИИ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Мячин В.Г.

Предложена общая схема нечётко-логического подхода к выбору стратегии инновационного развития промышленных предприятий. Показано, что применение традиционных приёмов выбора стратегии инновационного развития промышленных предприятий характеризуется использованием таких методов, как стоимостный анализ (NPV, PI, PBP), линейное программирование, целочисленное программирование, метод анализа иерархий (AHP), однако наряду с указанными методами наибольшую популярность приобретает метод нечёткой логики (fuzzy logic). Метод нечёткой логики позволяет принимать более релевантные управленческие решения в условиях неопределённости и риска. Разработана нечёткая экспертная система для выбора инновационного развития промышленных предприятий. Проанализированы преимущества и недостатки различных типов функций принадлежности, обоснован выбор колоколообразной и невыпуклой функций принадлежности. В качестве входных переменных выбраны такие параметры инновационного развития, как темп обновления основных фондов предприятия, уровень инновационной активности предприятия, увеличение объёма финансирования, рост объёма производства продукции, наличие или отсутствие собственной базы для проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

Ключевые слова: промышленное предприятие; стратегия инновационного развития; нечёткая логика; функция принадлежности; модель нечёткого вывода; нечёткая экспертная система.

FUZZY-LOGIC APPROACH TO THE SELECTION OF THE STRATEGY OF INNOVATIVE DEVELOPMENT OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

Myachin V.G.

The general scheme of the fuzzy-logical approach to the choice of the strategy of innovative development of industrial enterprises is proposed. It is shown that the use of traditional methods of choosing the strategy of innovative development of industrial enterprises is characterized by the use of methods such as cost analysis (NPV, PI, PBP), linear programming, integer programming, hierarchical analysis (AHP), but along with these methods, Fuzzy logic. The method of fuzzy logic allows you to make more relevant management decisions in conditions of uncertainty and risk. A fuzzy expert system has been developed to select the innovative development of industrial enterprises. The advantages and disadvantages of different types of membership functions are analyzed, the choice of bell-shaped and non-convex membership functions is justified. As input variables are chosen such parameters of innovative development as the rate of renewal of the fixed assets of the enterprise, the level of innovative activity of the enterprise, the increase in the volume of financing, the growth in the volume of production, the presence or absence of an own base for conducting research and development work.

Keywords: industrial enterprise; strategy of innovative development; fuzzy logic; membership function; model of fuzzy inference; fuzzy expert system.