

ІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НЕЧІТКИХ ЗНАТЬ

Волошин О. Ф. – д-р техн. наук, професор, професор кафедри моделювання складних систем Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Київ, Україна.

Маляр М. М. – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри кібернетики і прикладної математики Ужгородського національного університету, Ужгород, Україна.

Поліщук В. В. – канд. техн. наук, доцент кафедри програмного забезпечення систем Ужгородського національного університету, Ужгород, Україна.

Шаркаді М. М. – канд. екон. наук, доцент кафедри кібернетики і прикладної математики Ужгородського національного університету, Ужгород, Україна.

АНОТАЦІЯ

Актуальність. Проведено дослідження актуальної задачі розроблення інформаційних моделей представлення нечітких знань для інформаційних технологій на прикладі різних прикладних задачах, які зустрічаються при функціонуванні соціо-економічних систем із застосування апарату нечітких множин, нечіткої логіки і системного підходу.

Метою даної роботи є розроблення інформаційних моделей представлення нечітких знань для прийняття управлінських рішень при функціонуванні соціо-економічних систем в умовах невизначеності за вхідними експертними оцінками.

Об'єктом дослідження є процес моделювання нечітких знань на основі функцій належності для вхідних експертних оцінок за критеріями.

Предметом дослідження є методи і моделі представлення нечітких знань для прийняття рішень в умовах невизначеностей.

Метод. Вперше запропоновано інформаційне моделювання нечітких знань на основі функцій належності оцінок за критеріями і їх можливістю застосування для різних прикладних задач. Удосконалено модель представлення нечітких знань для оцінювання платоспроможності підприємств та інвестиційних проектів, сформувавши множину критеріїв для оцінювання та наведено приклади побудов функцій належності для порівнювання вхідних даних. Вперше запропоновано інформаційну модель представлення нечітких знань у вхідних експертних оцінках, на прикладі оцінювання стартап проектів, що дозволить отримати лінгвістичне значення та оцінку достовірності альтернативних варіантів.

Результати. Отриманим результатом дослідження є інформаційне моделювання представлення нечітких знань на прикладах побудови моделей оцінювання платоспроможності підприємств, інвестиційних та стартап проектів за вхідними експертними оцінками. Розроблена модель дає можливість для набраних експертних балів слабо структурованої або неструктурованої задачі отримувати тлумачення, розкриваючи суб'єктивізм експертів та мати кількісну оцінку у неформалізованих задачах. Рациональність оцінки доводить переваги розроблених моделей.

Висновки. У роботі розв'язано науково-прикладне завдання розроблення інформаційних моделей представлення нечітких знань для інформаційної технології на прикладах побудови моделей оцінювання платоспроможності підприємств, інвестиційних проектів та стартап проектів за вхідними експертними оцінками. Розроблення моделей нечітких знань дасть можливість адекватно підійти до оцінювання альтернативних рішень підвищуючи при цьому ступінь обґрунтованості прийняття рішень. Запропоновані інформаційні моделі нечітких знань оцінювання платоспроможності підприємств, інвестиційних та стартап проектів можуть бути втілені у роботу інвестиційних установ.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: інформаційна модель, нечіткі знання, нечіткі множини, функція належності, експертна оцінка, прийняття рішень.

НОМЕНКЛАТУРА

A_n – необоротні активи;
 A_o – оборотні активи;
 B_k – власний капітал;
 B_m – матеріальні затрати, витрати на оплату праці та інші операційні витрати;
 D_z – довгострокові зобов'язання;
 Z – поточні зобов'язання;
 Z_{nb} – забезпечення наступних витрат і цільове фінансування;
 I – поточні фінансові інвестиції;
 IT – інформаційні технології;
 K_b – грошові кошти;
 OPR – особа, що приймає рішення;
 Ch – чистий прибуток;
 α – функція належності «бажаних значень»;
 Ξ = відношення належності = {Належить, Скоріше всього належить, ..., Не належить};

Ω = відношення слідування = { Слідує, Скоріше всього слідує, ..., Не слідує};

Λ = відношення зв'язку = {I /АБО, Скоріше всього I /АБО, ...};

$\mu()$ – функція належності;

a_i – елементи терм-множини лінгвістичної змінної;

a – числовий параметр;

a_i – елементи терм-множини лінгвістичної змінної;

b – числовий параметр;

B – лінгвістична змінна;

CF_0 – початкова інвестиція;

CF_k – потік платежів на k -вому кроці, або в k -вому періоді;

C_s – сума кредиту (основний борг);

g_i – згортка суми балів по градаційній шкалі для розглядуваного стартапу;

G_1 – суть ідеї;

G_2 – автори ідеї;

G_3 – порівняльна характеристика ідеї;

G_4 – комерційна значимість ідеї;

G_5 – очікувані результати;

I_1 – чиста приведена вартість проекту;

I_2 – простий термін окупності проекту;

I_3 – співвідношення кредиту до вартості проекту;

I_4 – співвідношення кредиту до цінності проекту/об'єкту;

IC – загальна вартість (інвестиційний бюджет) проекту без урахування відсотків;

K – множина критеріїв ефективності;

K_i – значення i -го критерію;

K_1 – коефіцієнт миттєвої ліквідності;

K_2 – коефіцієнт загальної ліквідності;

K_3 – коефіцієнт фінансової незалежності;

K_4 – коефіцієнт маневреності власних коштів;

K_5 – коефіцієнт діяльності минулих років;

K_6 – коефіцієнт рентабельності виробництва;

K_1^1 – запропонована ідея – це продукт або послуга;

K_2^1 – до якої галузі відноситься розроблена ідея;

K_3^1 – соціальне значення ідеї;

K_4^1 – сила ідеї;

m – шкала критеріальних оцінок;

m_1 – оцінка об'єкту дослідження дуже низька;

m_2 – оцінка об'єкту дослідження низька;

m_3 – оцінка об'єкту дослідження середня;

m_4 – оцінка об'єкту дослідження вище середнього;

m_5 – оцінка об'єкту дослідження висока;

$m()$ – оцінка альтернативи;

n – кількість альтернатив;

\bar{n} – середнє простого терміну окупності;

O_{ij} – оцінка j -ї альтернативи по i -му критерію;

P – множина альтернативних варіантів;

r – ставка дисконтування;

U^* – міркування експерта щодо терму оцінювання;

U_{i1} – «оцінка групи критеріїв значно нижча відносно «бажаного значення»»;

U_{i2} – «оцінка групи критеріїв нижча відносно «бажаного значення»»;

U_{i3} – «оцінка групи критеріїв близька до «бажаного значення»»;

U_{i4} – «оцінка групи критеріїв трошки краща відносно «бажаного значення»»;

U_{i5} – «оцінка групи критеріїв значно краща відносно «бажаного значення»»;

v – ваговий коефіцієнт;

VM – ринкова вартість активу;

w – нормований ваговий коефіцієнт;

X_i – значення лінгвістичних змінних;

x_i – значення функції належності розглядуваного стартапу по групах критеріїв;

Y – значення лінгвістичної змінної.

ВСТУП

Використання інформаційних технологій у різних сферах людської діяльності супроводжується розробкою інтелектуальних систем, які використовують зв'язок знань у загальному випадку з навколишнім світом. Постановка і розв'язання будь-якої задачі зв'язана з конкретними предметними областями, які, як правило, є погано або слабко структурованими. Поняття «знання» за своєю суттю являється багатозначним. Знання у широкому сенсі – сукупність понять, теоретичних побудов і уявлень. Знання у вузькому сенсі – це закономірності предметної галузі (принципи, зв'язки, закони), отримані під час практичної діяльності та професійного досвіду людини. Сьогодні у галузі штучного інтелекту не існує строго формалізованого визначення поняття «знання». Більшість фахівців, розробників інтелектуальних систем використовують таке визначення: знання – це добре структурована інформація, що зберігається в системі і містить усі відомості про предметну область та правила виводу, що необхідні для розв'язку безлічі завдань інтелектуальної системи [1]. Під час проектування та розробки інтелектуальної системи, знання проходять аналогічну трансформацію даних – від більш узагальнених множин до більш вузьких, конкретизованих для даної предметної області. При розробці інтелектуальних систем знання про конкретну предметну область, для якої розробляється система, рідко бувають повними й достовірними. Використання точних методів не дозволяє врахувати вербальну неточність та суб'єктивізм експертної інформації, що у свою чергу накладає обмеження на якісне відображення знань для прийняття рішень.

На сьогоднішній день існує велика кількість моделей представлення знань в інтелектуальних системах. Умовно всі моделі можна розділити на наступні групи [1]: логічні, продукційні, семантично мережеві, фреймові, математичні.

Побудова математичних моделей, в цілому, базується на об'єктивній інформації про об'єкт, хоча можливо і на неточній, оскільки при побудові моделі використовуються відомості отримані експертним чином, які відображають змістовні особливості досліджуваного об'єкту і формулюються на природній мові. Опис об'єкту у такому випадку носить нечіткий

характер. Тому для відображення знань про об'єкт доцільно використовувати теорію нечітких множин. Таким чином, проходить перехід знань у класичному розумінні до знань нечітких.

Нечіткі знання у загальному випадку можна описати через лінгвістичні змінні. Наприклад,

Якщо $(a_1 \Xi_1 X_1 \Lambda_1 a_2 \Xi_2 X_2 \Lambda_2 \dots a_l \Xi_l X_l \dots)$, то $\Omega_p B \Xi_j Y$.

Основним елементом при побудові моделі нечітких знань є значення лінгвістичних змінних, які отримуються через модель відповідної функції належності нечіткої множини.

Актуальність роботи полягає у інформаційному моделюванні представлення нечітких знань для різних прикладних задач із застосування апарату нечітких множин, нечіткої логіки і системного підходу до побудови даних моделей, що на сьогодні є нерозкритим достатнім чином. У роботі наведено інформаційне моделювання нечітких знань, на прикладі трьох прикладних задач: оцінювання платоспроможності підприємств, оцінювання інвестиційних проектів та оцінювання стартап проектів. Інформаційне моделювання нечітких знань дасть можливість адекватно підійти до оцінювання альтернативних рішень підвищуючи при цьому ступінь обґрунтованості прийняття рішень.

Об'єктом дослідження є процес моделювання нечітких знань на основі функцій належності для вхідних експертних оцінок за критеріями.

Предметом дослідження є методи і моделі представлення нечітких знань для прийняття рішень в умовах невизначеностей.

Метою роботи є розроблення інформаційних моделей представлення нечітких знань на прикладах побудови моделей оцінювання платоспроможності підприємств, інвестиційних та стартап проектів за вхідними експертними оцінками.

1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Для досягнення мети наукового дослідження необхідно вирішити такі завдання:

– вперше запропонувати інформаційне моделювання нечітких знань на основі функцій належності оцінок за критеріями і їх можливістю застосування для різних прикладних задач;

– удосконалити модель представлення нечітких знань для оцінювання платоспроможності підприємств та інвестиційних проектів, сформулювати множину критеріїв для оцінювання та навести приклади побудов функцій належності для порівнювання вхідних даних;

– вперше запропонувати інформаційну модель представлення нечітких знань для вхідних експертних оцінок, на прикладі оцінювання стартап проектів, що дозволить отримати лінгвістичне значення та оцінку достовірності альтернативних варіантів.

Сформулюємо задачу дослідження наступним чином. Нехай маємо на вході деяку множину альтерна-

тивних рішень $P = (P_1, P_2, \dots, P_n)$, для яких потрібно побудувати їх ранжувальний ряд на основі інформаційного моделювання нечітких знань. Розглянемо метод моделювання задачі багатокритеріального вибору за допомогою апарату нечітких множин та побудови їх функцій належності. Множина P може бути як скінченною, тобто допустимі альтернативи можна перерахувати, так і неперервною, заданою умовами-обмеженнями.

Позначимо $K = \{(K_i, \mu(K_i)), i = 1, 2, \dots, m\}$ нечітку множину критеріїв ефективності, за допомогою яких проводиться оцінювання кожної альтернативи із множини P . $\mu(K_i)$ – оцінка функції належності відповідного критерію, побудованою інформаційним моделюванням представлення нечітких знань.

Таким чином, задачу вибору можна сформулювати наступним чином: вибрати найкращу альтернативу із множини P , коли відомі на цій множині оцінки $(K_i, \mu(K_i)), i = 1, 2, \dots, m$.

2 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Останні наукові дослідження свідчать про необхідність інформаційного моделювання нечітких знань, що дозволять на основі нечіткої, неповної, а особливо експертної інформації отримувати адекватні та об'єктивні знання про об'єкт дослідження. Добування великих масивів даних без їх належного, а головне якісного опрацювання не має змісту.

Використовуючи сучасні методи досліджень, проаналізуємо джерела, що стосуються використання апарату нечіткої математики для створення у системах підтримки прийняття управлінських рішень моделей представлення нечітких знань. Наприклад, у роботах [1–2] розглянуті загальні ідеї та переваги, на яких базуються сучасні погляди щодо використання нечіткої логіки в системах підтримки прийняття рішень. У працях [3–4] представлено використання нечіткої логіки в різних сферах застосування, що дає змогу визначення оптимальних параметрів за умов невизначеності вхідних змінних. У роботі [5] чітко окреслено і введено основи видобутку даних. Питання видобуток даних розглядається головним чином з точки зору машинного навчання і статистики розглядаються у роботі [6].

Використання методів нечіткого аналізу в оцінюванні платоспроможності підприємств та створення відповідних систем підтримки прийняття рішень для експертів представлено у [7–8]. Оцінювання інвестиційних проектів та стартап проектів за нечітких та неповних вхідних даних представлено у роботах [9–10].

3 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Розкриття невизначеності в стабільній ситуації може здійснюватись класичними ймовірнісно-статистичними методами, але при цьому отримують усереднені оцінки, які мають не зовсім коректний характер. В нестабільній ситуації, застосування статистичних методів не є зовсім коректним і тоді рішення

повинні прийматися по правилам, які відповідають принципам ОНР, по відношенню до феномена невизначеності.

Розв'язування задач зводиться до виявлення і дослідження уявлень ОНР, а також до побудови на цій основі адекватної моделі вибору найкращої альтернативи. Важлива особливість задач прийняття рішень постає у необхідності врахування суб'єктивних суджень експертів, або ОНР при формалізації представлень і виборі найкращої альтернативи. Ця особливість означає, що різні експерти та ОНР в одній і тій самій ситуації прийняття рішень, на основі одної і тієї ж моделі, можуть отримати різні результати.

В подібних ситуаціях прийняття рішень здійснюється на експертних оцінках, при цьому розуміється, що «раціональний експерт» здатний дати точну оцінку. Тим не менше, необхідно відмітити, що будь-який експертний висновок, навіть зроблений по точним об'єктивним даним, значно невизначений, чим висновок, який оснований на складній багатовимірній сукупності даних. Таким чином, хоч експертні висновки можуть містити практичні прогнози, але вони містять у собі невизначеність. В поставленій проблемі всі вхідні дані отримуються, в тій чи іншій мірі, експертним шляхом.

Не зменшуючи загальності, будемо розглядати задачу вибору, у яких множина допустимих альтернатив дискретна і скінчена, тоді оцінки значень функцій належності по альтернативах можуть бути представлена у вигляді табл. 1.

Або матриці рішень:

$$O = (O_{ij}), i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}. \quad (1)$$

Таблиця 1 – Оцінки значень функцій належності по альтернативах

	P_1	P_2	...	P_n
$\mu(K_1)$	O_{11}	O_{12}	...	O_{1n}
$\mu(K_2)$	O_{21}	O_{22}	...	O_{2n}
\vdots				
$\mu(K_m)$	O_{m1}	O_{m2}	...	O_{mn}

Функції належності для відповідних критеріїв будемо вибирати враховуючи конкретну прикладну задачу. Наведемо моделі щодо подання, критеріїв оцінювання для різних прикладних задач за допомогою апарату нечітких множин і функцій належності.

Розглядається варіант існування кількісних і якісних критеріїв оцінювання. Запропонуємо побудову моделей нечітких знань за допомогою формалізації критеріїв оцінювання функціями належності. Приведемо найбільш поширені види функції належності, які можуть ідентифікувати множину критеріїв досліджувані задач.

Всі критерії визначаються і оцінюються експертами, тому вони несуть у собі певний суб'єктивізм, невизначеність даних та інформації і необхідність

об'єднання кількісної та якісної інформації. В результаті цього, стає можливим використовувати апарат нечітких множин для розкриття невизначеності і формалізації якісної інформації. Тому, інформаційне моделювання нечітких знань через функцій належності критеріїв дасть можливість більш адекватно підійти до проблеми оцінювання.

Наведемо деякі критерії та підходи до побудов їх функцій належності, що варто застосовувати для оцінювання платоспроможності підприємств [11].

1. Коефіцієнт миттєвої ліквідності (співвідношення поточних фінансових інвестицій та всіх грошових коштів до поточних зобов'язань), розраховується за формулою:

$$K_1 = \frac{K_B + I}{3}. \quad (2)$$

Даний коефіцієнт характеризується тим, як швидко короткострокові зобов'язання можуть бути погашені високоліквідними активами. Тобто, здатність підприємства негайно ліквідувати короткострокову заборгованість [12]. В такому випадку функція належності коефіцієнта миттєвої ліквідності може бути представлена у вигляді s-подібної функції належності:

$$\mu_S(x, a, b) = \left\{ \begin{array}{ll} 0, & x \leq a \\ 2\left(\frac{x-a}{b-a}\right)^2, & a < x \leq \frac{a+b}{2} \\ 1-2\left(\frac{b-x}{b-a}\right)^2, & \frac{a+b}{2} < x < b \\ 1, & x \geq b \end{array} \right\}, \quad (3)$$

де a, b – числові параметри, що можуть приймати критерії оцінки і впорядковані співвідношенням: $a < b$. Дані функції належності утворюють нормальні випуклі нечіткі множини з ядром $[b; +\infty)$ і носієм $(a; +\infty)$. Якщо взяти та проаналізувати достатньо велику вибірку середніх підприємств однієї галузі функціонування, тоді отримаємо, що при значенні $K_1 < 0,2$ підприємства не здатні ліквідувати короткострокову заборгованість за короткий час, а при $K_1 > 0,25$ – відповідно швидко короткострокові зобов'язання можуть бути погашені високоліквідними активами. В такому випадку, можемо побудувати s-подібну функцію належності (формула (4)), на основі якої маємо можливість порівняти діяльність підприємств:

$$\mu(K_1; 0,2; 0,25) = \left\{ \begin{array}{ll} 0, & K_1 \leq 0,2; \\ 32(5K_1 - 1)^2, & 0,2 < K_1 \leq 0,225; \\ 1 - 50(1 - 4K_1)^2, & 0,225 < K_1 < 0,25; \\ 1, & K_1 \geq 0,25. \end{array} \right. \quad (4)$$

Використовуючи даний підхід можна розкривати невизначеність статистичної інформації аналізуючи той чи інший показник. Решту найпоширеніших кри-

теріїв оцінювання платоспроможності підприємств та побудови їх функцій належностей наведено у результатах дослідження.

Наведемо деякі з відомих критеріїв $I = (I_1, I_2, I_3, I_4)$ та побудуємо їх функції належності, згідно яких можемо оцінити інвестиційні проекти враховуючи фактори невизначеності у прийнятті рішень та невпевненість експерта у своїх висновках.

1. Чиста приведена вартість проекту [7, 13].

Чисту приведену вартість проекту будемо обчислювати за формулою: $NPV = \sum_{k=1}^n \frac{CF_k}{(1+r)^k} + CF_0$.

Результатом обчислення даної формули буде грошова вартість проекту. У даній формулі початкова інвестиція виражається, як власні кошти. У нашому випадку, ми повинні враховувати і вкладені кошти в інвестицію (також сюди можемо включити і відсотки, які нараховуються на вкладені кошти).

Нехай $I_1 = \frac{NPV}{IC}$, тоді функцію належності для даного критерію будемо будувати, як s-подібну, наступним чином:

$$\mu(I_1; 0,2; 1) = \begin{cases} 0, & I_1 \leq 0,2; \\ \frac{(5I_1 - 1)^2}{8}, & 0,2 < I_1 \leq 0,6; \\ 1 - \frac{(5 - 5I_1)^2}{8}, & 0,6 < I_1 < 1; \\ 1, & I_1 \geq 1. \end{cases} \quad (5)$$

2. Простий термін окупності проекту (років). Час, необхідний для покриття витрат на інвестиції (без урахування дисконтування). Функцію належності для даного критерію будемо будувати як z-подібну:

$$\mu_z(I_2, a, b) = \begin{cases} 1, & I_2 \leq a \\ 1 - 2\left(\frac{I_2 - a}{b - a}\right)^2, & a < I_2 \leq \frac{a+b}{2} \\ 2\left(\frac{b - I_2}{b - a}\right)^2, & \frac{a+b}{2} < I_2 < b \\ 0, & I_2 \geq b \end{cases} \quad (6)$$

Поставимо a – мінімально-можливий термін окупності інвестиційного проекту, b – відповідно максимально-прийнятний для інвестиційної установи. Так задана функція належності буде містити наступний зміст: чим менший термін окупності, тим функція належності буде прямувати до одиниці, а в протилежному випадку до нуля. Як частковий варіант, термін окупності можемо розглядати на інтервалі [1;5] років, тоді функція належності буде наступною:

$$\mu(I_2; 1; 5) = \begin{cases} 1, & I_2 \leq 1, \\ 1 - \frac{(I_2 - 1)^2}{8}, & 1 < I_2 \leq 3; \\ \frac{(5 - I_2)^2}{8}, & 3 < I_2 < 5; \\ 0, & I_2 \geq 5. \end{cases} \quad (7)$$

3. Співвідношення кредиту до вартості [13].

Дане співвідношення визначимо формулою: $I_3 = \frac{Cs}{IC}$. В даному випадку, під вартістю проекту розуміються сумарні витрати на проект. Зрозуміло, що критерій $I_3 \in (0;1]$. Тоді, z-подібна функція належності буде мати вигляд:

$$\mu(I_3; 0,2; 0,8) = \begin{cases} 1, & I_3 \leq 0,2; \\ 1 - \frac{2(5I_3 - 1)^2}{9}, & 0,2 < I_3 \leq 0,5; \\ \frac{2(4 - 5I_3)^2}{9}, & 0,5 < I_3 < 0,8; \\ 0, & I_3 \geq 0,8. \end{cases} \quad (8)$$

4. Співвідношення кредиту до цінності проекту/об'єкту [13].

Формула для обчислення даного критерію наступна: $I_4 = \frac{Cs}{VM}$. Заповнюється підсумкова ринкова вартість об'єкту, коли проект буде завершений. У рамках цього критерію, під ринковою вартістю, розуміється оцінна вартість об'єкту, визначувана як найбільш вірогідна ціна, за яку він може бути проданий на відкритому ринку в умовах конкуренції. z-подібна функція належності тоді буде мати вигляд:

$$\mu(I_4; 0,3; 0,9) = \begin{cases} 1, & I_4 \leq 0,3; \\ 1 - \frac{(10I_4 - 3)^2}{18}, & 0,3 < I_4 \leq 0,6; \\ \frac{(9 - 10I_4)^2}{18}, & 0,6 < I_4 < 0,9; \\ 0, & I_4 \geq 0,9. \end{cases} \quad (9)$$

Таким чином, на основі моделей побудови функцій належності по аналізу діяльності підприємств згідно фінансових звітів, а також аналізу інвестиційної діяльності та на основі опрацювання великої кількості статистичної інформації, маємо можливість порівнювати вхідні дані та розкрити невизначеність для адекватного оцінювання платоспроможності підприємств та інвестиційних проектів.

Наведемо інформаційну модель представлення нечітких знань у вхідних експертних оцінках, на прикладі оцінювання стартап проектів.

Запропонуємо загальну множину критеріїв оцінювання «ідей» та класифікуємо їх за п'ятьма групами критеріїв: $G = \{G_1, G_2, G_3, G_4, G_5\}$ [9, 14].

Розглянемо першу групу критеріїв G_1 . Дана група критеріїв має найбільший пріоритет, оскільки у ній містяться критерії, що відображають зміст і значення «ідей». Для отримання оцінки за кожним критерієм, представимо його у вигляді запитання і опишемо відповідну градаційну шкалу оцінок. Для оцінювання необхідно обрати той варіант, що близький до істини. До цієї групи можемо віднести, для прикладу, такі критерії.

K_1^1 – запропонована ідея – це продукт або послуга? (що прийшла на деякий час (5 балів); що в даний час у стадії розробки, з маркетинговими дослідженнями та бізнес-планом (20 балів); що на етапі робочого прототипу, який тестується потенційними клієнтами (25 балів); яка в даний час отримує доходи (30 балів)).

K_2^1 – до якої галузі відноситься розроблена ідея? (продукт має відношення до продажу для широкого загалу (роздрібна торгівля, харчування, розваги і т.д.) (10 балів); запропоновану ідею ще ніхто не визнає, як промисловість (20 балів); продукт був популярний серед інвесторів кілька років тому (20 балів); продукт в даний час є популярний серед інвесторів (медичні прилади, нанотехнології, програмне забезпечення безпеки, економії грошей корпоративного програмно-забезпечення і т.д.) (30 балів)).

Наведена шкала бальних оцінок за відповідями на запитання є евристичною і характеризує рівень стартапу. Чим більша кількість балів за відповідями, тим перспективніший проект. За кожним критерієм експерт вибирає один із варіантів відповідей, якому присвоюється відповідний бал. Визначимо згортку оцінок, наприклад, як суму балів відповідей градаційної шкали для групи критеріїв G_1 , що позначимо – g_1 .

Таким чином, отримаємо множину числових змінних $g = \{g_1, g_2, g_3, g_4, g_5\}$ для групи критеріїв оцінок відповідно $G = \{G_1, G_2, G_3, G_4, G_5\}$, що приймають значення на певному числовому проміжку. Кожну з цих числових змінних будемо розглядати як множину-носії лінгвістичної змінної U , що складається із наступних термів: U_{i1} – «оцінка групи критеріїв G_i значно нижча відносно «бажаного значення»»; U_{i2} – «оцінка групи критеріїв G_i нижча відносно «бажаного значення»»; U_{i3} – «оцінка групи критеріїв G_i близька до «бажаного значення»»; U_{i4} – «оцінка групи критеріїв G_i трошки краща відносно «бажаного значення»»; U_{i5} – «оцінка групи критеріїв G_i значно краща відносно «бажаного значення»».

«Бажані значення» – це умовна згортка балів, що задовольняє особу, що приймає рішення при розгляді, оцінюванні та виборі стартапів.

Оскільки отримані числові змінні $\{g_1, g_2, g_3, g_4, g_5\}$ приймають різні числові значення, то для їх порівняння потрібно мати нормовані величини. Для цього побудуємо модель нечітких знань, як s -подібну функцію належності [7, 15]:

$$\mu_{G_i}(g_i, a, b) = \begin{cases} 0, & g_i \leq a; \\ 2\left(\frac{g_i - a}{b - a}\right)^2, & a < g_i \leq \frac{a+b}{2}; \\ 1 - 2\left(\frac{b - g_i}{b - a}\right)^2, & \frac{a+b}{2} < g_i < b; \\ 1, & g_i \geq b. \end{cases} \quad (10)$$

Тут a – згортка суми мінімальних балів, b – згортка суми максимальних балів градаційної шкали оцінювання за критеріями у групі G_i . Таким чином, отримані вхідні дані будуть нормовані і порівнювальні.

Для кожної групи критеріїв ОПР має власні міркування, якими повинні бути «бажані значення», тобто сума балів відповідно для кожної групи критеріїв. Їх позначимо вектором $T = (t_1, t_2, \dots, t_5)$ відповідно по групах критеріїв $G_i, (i = \overline{1,5})$, причому для кожного значення обчислюємо функцію належності за формулою (10). Вектор функції належності «бажаних значень» позначимо через $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_5)$, де $\alpha_i = \mu_{G_i}(t_i), (i = \overline{1,5})$.

Далі відносно «бажаних значень» і отриманих результатів для кожної групи критеріїв G_i , проектуємо значення функції належності на множину носій лінгвістичної змінної U . Це дозволить розкрити суть розглядуваної «ідей» відносно «бажаних значень».

Для кожного терму U побудуємо функції належності наступним чином (11)–(15).

$$\begin{aligned} & \mu_{U1}\left(x; \alpha - \frac{\alpha}{2}; \alpha - \frac{\alpha}{4}\right) = \\ & = \begin{cases} 1, & x \leq \alpha - \frac{\alpha}{2}; \\ \frac{3\alpha - 4x}{\alpha}, & \alpha - \frac{\alpha}{2} < x \leq \alpha - \frac{\alpha}{4}. \end{cases} \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} & \mu_{U2}\left(x; \alpha - \frac{\alpha}{2}; \alpha - \frac{\alpha}{4}; \alpha\right) = \\ & = \begin{cases} \frac{4x - 2\alpha}{\alpha}, & \alpha - \frac{\alpha}{2} < x \leq \alpha - \frac{\alpha}{4}; \\ \frac{4\alpha - 4x}{\alpha}, & \alpha - \frac{\alpha}{4} < x \leq \alpha. \end{cases} \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} & \mu_{U3}\left(x; \alpha - \frac{\alpha}{4}; \alpha; \alpha + \frac{\alpha}{4}\right) = \\ & = \begin{cases} \frac{4x - 3\alpha}{\alpha}, & \alpha - \frac{\alpha}{4} < x \leq \alpha; \\ \frac{5\alpha - 4x}{\alpha}, & \alpha < x \leq \alpha + \frac{\alpha}{4}. \end{cases} \end{aligned} \quad (13)$$

$$\mu_{U4}\left(x; \alpha; \alpha + \frac{\alpha}{4}; \alpha + \frac{\alpha}{2}\right) = \begin{cases} \frac{4x - 4\alpha}{\alpha}, & \alpha < x \leq \alpha + \frac{\alpha}{4}; \\ \frac{6\alpha - 4x}{\alpha}, & \alpha + \frac{\alpha}{4} < x \leq \alpha + \frac{\alpha}{2}. \end{cases} \quad (14)$$

$$\mu_{U5}\left(x; \alpha + \frac{\alpha}{4}; \alpha + \frac{\alpha}{2}\right) = \begin{cases} \frac{4x - 5\alpha}{\alpha}, & \alpha + \frac{\alpha}{4} < x \leq \alpha + \frac{\alpha}{2}; \\ 1, & x \geq \alpha + \frac{\alpha}{2}. \end{cases} \quad (15)$$

В залежності від того, в який інтервал попадає x , для кожної групи критеріїв G_i , вибираємо ту чи іншу функцію належності $\mu_{U_{ij}}$ відносно «бажаного значення» α . Обчислюємо функцію належності відносно термів $U_{ij}, (i, j = \overline{1,5})$ для розглядуваного стартапу. В результаті, для кожної групи критеріїв G_i отримуємо лінгвістичне значення та оцінку достовірності стартапу. Тобто, достовірність того, що оцінка групи критеріїв належить до одного, або іншого терму.

Нехай експерт по оцінюванню має власні міркування відносно того, якими повинні бути терми за групами критеріїв $G_i - U^*$, табл. 2.

Таблиця 2 – Отримані дані згідно другого рівня

Групи критеріїв	Отриманий терм	Достовірність терму (значення функції належності)	«Бажані значення» терму
G_1	U_{1j}	μ_{U1j}	U_{1j}^*
G_2	U_{2j}	μ_{U2j}	U_{2j}^*
...
G_m	U_{mj}	μ_{Umj}	U_{mj}^*

На наступному кроці обчислюємо оцінки відносно отриманих та бажаних термів за допомогою наступної функції належності (16):

$$\mu(O_i) = \max\{\mu(A_i); \mu(B_i)\}, \quad (16)$$

$$\mu(A_i) = \begin{cases} \mu_{U_{ij}}, & U_{ij} = U_{ij}^*, \\ 0, & U_{ij} \neq U_{ij}^*. \end{cases}$$

$$\mu(B_i) = \begin{cases} \frac{\mu_{U_{ij}}}{2}, & U_{i(j\pm 1)} = U_{ij}^*, \\ 0, & U_{i(j\pm 1)} \neq U_{ij}^*. \end{cases} \quad (i = \overline{1, m}).$$

Отримана функція належності показує на скільки об'єкт дослідження задовольняє побажанням ОПР за кожною групою критеріїв.

Оскільки побудовані функції належності (11)–(15) мають перетини, то для груп критеріїв отримуємо або один, або два терми і відповідно таку ж кількість для них достовірностей. Тому, якщо по групі критеріїв маємо дві оцінки, то побудована функція належності (16) для наступного етапу вибирає більшу з них.

Таким чином, для оцінюваного стартапу вихідними даними моделі буде оцінка «ідеї» та її лінгвістичне значення. На основі цього приймається подальше рішення стосовно безпеки реалізації стартап проекту [16–17].

Побудована модель може бути представлена, як інформаційна модель отримання нечітких знань для будь-якої прикладної задачі експертного оцінювання. Для набраних експертних балів слабо структурованої або неструктурованої задачі розроблена модель дасть можливість отримати тлумачення, розкриваючи суб'єктивізм експертів та мати розуміння даної проблематики.

4 ЕКСПЕРИМЕНТИ

Виконаємо експериментальне дослідження розроблених моделей для задачі прийняття рішень. Для прикладу, розглянемо наступну задачу. Нехай нам задано n – альтернативних варіантів $P = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$, яких потрібно оцінити та побудувати їх ранжувальний ряд [15].

Нехай ОПР відомі або може задати вагові коефіцієнти кожному критерію ефективності $\{v_1, v_2, \dots, v_m\}$ із інтервалу $[0; 1]$, $l \in N$ (на розгляд експерта і як йому зручно, наприклад від 0 до 10, або від 0 до 100). Тоді можна визначити нормовані вагові коефіцієнти для кожного критерію:

$$w_i = \frac{v_i}{\sum_{i=1}^m v_i}, \quad i = \overline{1, m}; \quad w_i \in [0; 1]; \quad (17)$$

які відповідають умові $\sum_{i=1}^m w_i = 1$.

Оцінки альтернатив можемо обчислити за допомогою наступної формули [7]:

$$m(P_j) = \sum_{i=1}^m w_i \cdot \mu_{P_j}, \quad j = \overline{1, n}. \quad (18)$$

Отже, якщо $w = [w_1, w_2, \dots, w_m]^T$ – вектор коефіцієнтів вагомості, $M = \begin{bmatrix} \mu_{P_1} & \dots & \mu_{P_1} \\ \dots & \dots & \dots \\ \mu_{P_n} & \dots & \mu_{P_n} \end{bmatrix}$ – матриця зна-

чень функцій належності для альтернатив P_1, P_2, \dots, P_n , то M' – вектор елементів $m(P_1), m(P_2), \dots, m(P_n)$, по яких будується ранжувальний ряд альтернатив і він має вигляд:

$$M' = M \cdot W. \quad (19)$$

Введемо лінгвістичну змінну $L(m)$ – «оцінка об'єкту дослідження». Універсальною множиною для змінної L є відрізок $[0; 1]$, а множиною значень змінної m – терм-множина $L(m) = \{m_1, m_2, m_3, m_4, m_5\}$.

Для встановлення лінгвістичної оцінки об'єкту дослідження отримане значення по формулі (19) зіставимо до одної з терм-множин $L(m) = \{m_1, m_2, m_3, m_4, m_5\}$. Шкалу оцінок можемо визначити наступним чином: $m \in (0,67; 1]$ – m_5 ; $m \in (0,47; 0,67]$ – m_4 ; $m \in (0,36; 0,47]$ – m_3 ; $m \in (0,21; 0,36]$ – m_2 ; $m \in [0; 0,21]$ – m_1 .

Таким чином, для оцінюваного об'єкту дослідження вихідними даними моделі буде оцінка та її лінгвістичне значення.

5 РЕЗУЛЬТАТИ

Розроблену інформаційну модель представлення нечітких знань для оцінювання платоспроможності підприємств, покажемо на прикладі оцінювання п'яти підприємств P_1, P_2, \dots, P_5 .

Коефіцієнти платоспроможності підприємств та їх функції належностей можемо представити наступним чином.

1. Коефіцієнт миттєвої ліквідності ((2)–(4)).

2. Коефіцієнт загальної ліквідності (визначається, як оборотні активи розділені на поточні зобов'язання) розраховується за формулою:

$$K_2 = \frac{A_0}{3}. \quad (20)$$

Аналізуючи даний показник, отримаємо, що найоптимальніше коли K_2 в межах від 1 до 2,5. При цьому, за умови низько ліквідних активів, може погіршитися фінансовий стан підприємства, а надто висока ліквідність буде свідчити про недолік у використанні активів. В такому випадку, даний коефіцієнт доцільно представити у вигляді трикутної функції належності, що найкраще описує дану ситуацію:

$$\mu(K_2; 1; 1,75; 2,5) = \begin{cases} 0, & K_2 \leq 1; \\ \frac{4(K_2 - 1)}{3}, & 1 < K_2 \leq 1,75; \\ \frac{10 - 4K_2}{3}, & 1,75 < K_2 < 2,5; \\ 0, & K_2 \geq 2,5. \end{cases} \quad (21)$$

3. Коефіцієнт фінансової незалежності характеризує ступінь незалежності підприємства від зовнішніх запозичень. Визначається, як відношення забезпечення наступних витрат і цільове фінансування, довгострокові зобов'язання та поточні зобов'язання до власного капіталу. Цей коефіцієнт характеризує частку власного капіталу в загальній сумі засобів авансованих у його діяльність. Коефіцієнт обчислюється згідно наступної формули:

$$K_3 = \frac{Знв + Дз + З}{Вк}. \quad (22)$$

Коефіцієнт фінансової незалежності, найкраще моделюється трикутною функцією належності, яку представимо за формулою:

$$\mu(K_3; 0; 1; 2) = \begin{cases} 0, & K_3 \leq 0; \\ K_3, & 0 < K_3 \leq 1; \\ 2 - K_3, & 1 < K_3 < 2; \\ 0, & K_3 \geq 2. \end{cases} \quad (23)$$

4. Коефіцієнт маневреності власних коштів (різниця між власним капіталом та необоротними активами розділена на власний капітал) [12]. Наведений показник показує, наскільки мобільні власні джерела засобів з фінансової точки зору. Він є одним з головних показників впливу структури капіталу на прибутковість підприємства і може варіювати залежно від структури капіталу та галузевої належності підприємства. Бажано, щоб коефіцієнт маневреності дещо зростав, але не доцільно допускати різке його збільшення, оскільки автоматично зменшуються інші показники, наприклад, коефіцієнт автономії, що призводить до більшої залежності підприємства від кредиторів.

Коефіцієнт розраховується за наступною формулою:

$$K_4 = \frac{Вк - Ан}{Вк}. \quad (24)$$

Із опису поняття коефіцієнту маневреності власних коштів видно, що найкращий варіант використати трикутну функцію належності, а дослідження на великій вибірці підприємств дозволяє представити загальний вигляд наступний:

$$\mu(K_4; 0; 0,5; 1) = \begin{cases} 0, & K_4 \leq 0; \\ 2K_4, & 0 < K_4 \leq 0,5; \\ 2 - 2K_4, & 0,5 < K_4 < 1; \\ 0, & K_4 \geq 1. \end{cases} \quad (25)$$

5. Коефіцієнт діяльності минулих років.

Даний коефіцієнт містить якісну інформацію про прибуткову діяльність підприємства, яку можемо розкрити за допомогою нечітких чисел [11–12].

Для аналізу прибутків та збитків введемо наступну градацію: (0; 1] – збиткова діяльність за два минулих роки або звіт за попередній звітний рік не наданий; (1; 2] – збиткова діяльність за минулий рік; (2; 3] – діяльність за відсутності прибутків та збитків, або відсутності діяльності; (3; 4] – прибуткова за минулий рік; (4; 5] – прибуткова за два минулих роки.

Функція належності коефіцієнту діяльності минулих років можемо представити у вигляді s -подібної і обчислюємо за формулою:

$$\mu(K_5; 1; 5) = \begin{cases} 0, & K_5 \leq 1; \\ \frac{(K_5 - 1)^2}{8}, & 1 < K_5 \leq 3; \\ 1 - \frac{(5 - K_5)^2}{8}, & 3 < K_5 < 5; \\ 1, & K_5 \geq 5. \end{cases} \quad (26)$$

6. Коефіцієнт рентабельності виробництва (співвідношення чистого прибутку підприємства та всіх витрат діяльності) характеризує ефективність вкладення коштів у дане виробництво. Формула для розрахунку наступна:

$$K_6 = \frac{Чп}{Вт} \quad (27)$$

Функція належності коефіцієнта рентабельності виробництва може бути представлена у вигляді s -подібної функції належності за формулою:

$$\mu(K_6; 0,05; 0,1) = \begin{cases} 0, & K_6 \leq 0,05; \\ 2(20K_6 - 1)^2, & 0,05 < K_6 \leq 0,075; \\ 1 - 8(1 - 10K_6)^2, & 0,075 < K_6 < 0,1; \\ 1, & K_6 \geq 0,1. \end{cases} \quad (28)$$

На основі фінансових звітів [7] даних підприємств обчислюємо критерії оцінки та їх функції належності. Отримані результати та вагові коефіцієнти критеріїв представимо у вигляді табл. 3.

На першому кроці визначимо нормовані вагові коефіцієнти для кожного критерію за формулою (17): $w = (0,20; 0,17; 0,15; 0,20; 0,11; 0,17)$.

Далі обчислюємо оцінки альтернатив за допомогою формули (18):

$$m(P_1) = 0,20 * 0,87 + 0,17 * 1 + \dots + 0,17 * 0,9 = 0,819.$$

$$m(P_2) = 0,758. \quad m(P_3) = 0,751. \quad m(P_4) = 0,596.$$

$$m(P_5) = 0,866.$$

Таблиця 3 – Вхідні дані по підприємствах

Критерії оцінки	Вагові коефіцієнти $v \in [1;10]$;	Функція належності критеріальних оцінок				
		P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
K_1	9	0,87	0,78	0,65	0,45	0,9
K_2	8	1	0,8	0,6	0,5	1
K_3	7	0,74	0,8	0,85	0,54	0,87
K_4	9	0,57	0,54	0,78	0,7	0,65
K_5	5	0,87	0,87	1	1	1
K_6	8	0,9	0,83	0,74	0,54	0,85

Згідно отриманих оцінок можемо побудувати ранжувальний ряд альтернатив P_5, P_1, P_2, P_3, P_4 . Отже, найкращою виявилась альтернатива P_5 на основі цього робимо висновок, оскільки $m(P_5) = 0,866$, належить до лінгвістичної змінної m_5 – «оцінка об'єкту дослідження висока».

5 ОБГОВОРЕННЯ

В теорії нечітких множин відсутні умови необхідності статистичної однорідності змінних досліджуваного процесу і однорідності використовуваних для них функцій належності. Експерт у відповідності з загальними правилами побудови функцій належності для різних змінних процесу, відповідно до своїх суб'єктивних суджень, може в загальному випадку вибирати різні по виду і параметрам функції належності. Особливість даної теорії є те, що функції належності експерт може будувати сам, так, як вони не визначаються самою теорією нечітких множин. В даній теорії поняття «середнє значення» використовується не в розумінні статистичного середнього, а лише як лінгвістичне значення деякої змінної.

Також, важливим є те, що процедура переведення нечітких даних не залежать від виду функцій належності. Тому, в теорії нечітких множин допускається, що експерти можуть мати різні представлення видів функцій належності і базових множин, на яких вони визначені, а це не впливає на кінцевий результат. При використанні теорії нечітких множин у оцінці платоспроможності підприємств чи інвестиційних проектів, разом із отриманою оцінкою ми отримаємо степінь ризику операцій, оскільки оцінки параметрів є нечіткими. Ще однією перевагою використання даної теорії є те, що формулювання природною мовою на стадії оцінки є природними конструкціями для апарату нечітких множин.

Введення теорії нечітких множин усуває сумніви, що «раціональний» експерт повинен давати тільки точні оцінки. Появляється можливість задавати інтервал допустимих значень, при цьому, на відміну від методів інтервальної математики, на такому інтервалі задається розподіл можливостей реалізації того, чи іншого значення у виді функцій належностей.

Результат обчислень також представляється нечітким числом і при цьому отримуємо не менше, як три

оцінки: найбільш раціональну (очікувану), оптимістичну і песимістичну. Крім цього, експерт взагалі може відмовитись від задання числових оцінок і користуватись лінгвістичними, які за допомогою задання функцій належності отримують строге математичне представлення. Далі, методи теорії нечітких множин дозволяють змоделювати правдоподібні судження, а це дає можливість подолати проблему не монотонності.

Звідси випливає, що застосування апарату нечітких множин, нечіткої логіки і системного підходу до побудови моделей нечітких знань є нерозкритим достатнім чином. Апарат нечітких множин вимагає від ОПР зіставлення не точкових ймовірнісних оцінок, а на інтервалі, що показує коридор значень прогнозних параметрів. Зручність таких методів проявляється у підвищенні ступеня обґрунтованості рішень, оскільки тут враховуються всі можливі сценарії розвитку, зображаючи неперервний спектр, на відміну, наприклад, від метода Гурвіца, що розраховується на дискретній множині сценаріїв.

Отриманим результатом дослідження є інформаційна модель представлення нечітких знань на прикладах побудови моделей оцінювання платоспроможності підприємств, інвестиційних та стартап проектів за вхідними експертними оцінками. Достовірність отриманих результатів забезпечується коректним використанням апарату нечітких множин, що підтверджується результатами досліджень.

Побудова інформаційних моделей представлення нечітких знань має ряд переваг, а саме: точність, робота з абстракціями, передача інформації логічно однозначним способом і підвищення об'єктивності експертних оцінок, розкриває суб'єктивизм експертів, отримується кількісна оцінка неформалізованих задач.

До недоліків даного підходу можна віднести використання різних моделей функцій належності, що може приводити до неоднозначності кінцевих результатів.

ВИСНОВКИ

У роботі розв'язано науково-прикладне завдання розроблення інформаційних моделей представлення нечітких знань на прикладах побудови моделей оцінювання платоспроможності підприємств, інвестиційних проектів та стартап проектів за вхідними експертними оцінками.

Наукова новизна проведеного дослідження наступна:

– вперше запропоновано інформаційне моделювання нечітких знань на основі функцій належності оцінок за критеріями і їх можливістю застосування для різних прикладних задач;

– удосконалено модель представлення нечітких знань для оцінювання платоспроможності підприємств та інвестиційних проектів. Для оцінювання платоспроможності підприємств, наведено приклади побудов функцій належності для порівнювання вхідних даних. Це дає можливість порівнювати вхідні дані та розкрити невизначеність

для адекватного оцінювання платоспроможності підприємств. Наведено відомі критерії оцінювання класичних інвестиційних проектів та розроблено підхід побудови функцій належності для представлення нечітких знань, що дозволяє враховувати фактори невизначеності у прийнятті рішень та невпевненість експерта у своїх висновках;

– вперше запропоновано інформаційну модель представлення нечітких знань для вхідних експертних оцінок, на прикладі оцінювання стартап проектів за п'ятьма групами критеріїв, що дозволить отримати лінгвістичне значення та оцінку достовірності альтернативних варіантів. Розроблена модель дає можливість для набраних експертних балів слабо структурованої або неструктурованої задачі отримувати тлумачення, розкриваючи суб'єктивизм експертів та мати кількісну оцінку неформалізованих інформаційних задач.

Практичне значення одержаних результатів, а саме розроблення інформаційних моделей представлення нечітких знань на прикладах побудови моделей оцінювання платоспроможності підприємств, інвестиційних та стартап проектів за вхідними експертними оцінками можуть бути втілені у роботі інвестиційних установ. Розроблена модель буде корисним інструментом при підвищенні обґрунтованості прийняття рішень інвестиційними суб'єктами.

Подальше дослідження проблематики вбачаємо у апробації подібних моделей для різних прикладних сфер застосувань.

ПОДЯКИ

Роботу виконано в рамках держбюджетної науково-дослідної теми Ужгородського національного університету «Розробка математичних моделей і методів для оброблення інформації та інтелектуального аналізу даних» (номер державної реєстрації 0115U004630).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Антоненко В. М. Сучасні інформаційні системи і технології: управління знаннями: навчальний посібник / В. М. Антоненко, С. Д. Мамченко, Ю. В. Рогошина. – Ірпінь : Національний університет ДПС України, 2016. – 212 с.
2. Субботін С. О. Подання й обробка знань у системах штучного інтелекту та підтримки прийняття рішень : навч. посіб. / С. О. Субботін. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2008. – 341 с. ISBN 978-966-7809-84-4
3. Зайченко Ю. П. Нечеткие модели и методы в интеллектуальных системах : учеб. пособие / Ю. П. Зайченко. – К. : Слово, 2008. – 341с.
4. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Л. Заде. – М. : Мир, 1976. – 167 с.
5. Tan P.-N. Introduction to Data Mining / P.-N. Tan, M. Steinbach, V. Kumar. – Addison-Wesley, Upper Saddle River, NJ, 2005. – 365 p.
6. Gaber M. M. Scientific Data Mining and Knowledge Discovery – Principles and Foundations / M. M. Gaber. – Springer, New York, 2010. – 400 p. DOI 10.1007/978-3-642-02788-8
7. Поліщук В. В. Нечіткі моделі і методи оцінювання кредитоспроможності підприємств та інвестиційних проектів : монографія / М. М. Маляр, В. В. Поліщук. –

- Ужгород : ПА «АУТДОР-ШАРК», 2018. – 174 с. ISBN 978-617-7132-85-0
8. Зайченко Ю. П. Анализ финансового состояния и оценка кредитоспособности заемщиков – юридических лиц в условиях неопределенности / Ю. П. Зайченко, Ови Нафас Агаи ар Гамиш // ITHEA International Journal “Information Theories and Applications”. – 2014. – Vol. 21, No. 3. – С. 241–253.
 9. Model of start-ups assessment under conditions of information uncertainty / [M. Malyar, V. Polishchuk, M. Sharkadi, I. Liakh] // Eastern European Journal of Enterprise Technologies, Mathematics and cybernetics – applied aspects. – 2016. – 3/4 (81). – P. 43–49. DOI: 10.15587/1729-4061.2016.71222.
 10. Поліщук В. В. Модель інформаційної технології оцінювання ризику фінансування проєктів / М. М. Маляр, В. В. Поліщук, М. М. Шаркаді // Радіоелектроніка, інформатика, управління. – 2017. – No. 2 (41). – С. 44–52. DOI: 10.15588/1607-3274-2017-2-5.
 11. Маляр М. М. Нечітка модель оцінки фінансової кредитоспроможності підприємств / М. М. Маляр, В. В. Поліщук // Східно-Європейський журнал передових технологій. Сер. Математика і кібернетика – фундаментальні і прикладні аспекти. – 2012. – №3/4 (57). – С. 8–16.
 12. Литвин Б. М. Фінансовий аналіз : навч. посібник / Б. М. Литвин, М. В. Стельмах. – К. : «Хай-Тек Прес», 2008. – 336 с.
 13. Malyar M. Choice and evaluation methodics of investment projects / M. Malyar, V. Polishchuk // Košická bezpečnostná revue, Košice, 2013. – No. 1. – P. 117–126.
 14. Матвійчук А. В. Моделювання фінансової стійкості підприємств із застосуванням теорій нечіткої логіки, нейронних мереж і дискримінантного аналізу / А. В. Матвійчук // Вісн. НАН України. – 2010. – № 9. – С. 24–46.
 15. Верес О. М. Технології підтримання прийняття рішень: навч. посібник / О. М. Верес ; за заг. ред. В. В. Пасічника. – 2-ге вид. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2013. – 252 с. ISBN 978-966-533-975-9
 16. Kelemen M. Problems of Protected Interests in the Security Sectors / M. Kelemen. – Warsaw: Wydawnictwo Wyzszej szkoly menedzerskiej w Warszawie im. Prof. Leszka J. Krzyzanowskiego, 2015. – 114 p. ISBN 978-83-7520-203-8.
 17. Kelemen, M. Využitie technológiе LVA (vrstvená analýza hlasu) v bezpečnostnej praxi, na prevenciu proti podvodom u poisťovacích a finančných spoločností / M. Kelemen, S. Križovský, Š. Kočan, I. vyd. – Košice : VSBM, 2012. – 100 p. ISBN 9788089282807.

Стаття надійшла до редакції 14.03.2018.
Після доробки 25.05.2018.

УДК 519.86

ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЧЕТКИХ ЗНАНИЙ

Волошин А. Ф. – д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры моделирования сложных систем Киевского национального университета имени Тараса Шевченко, Киев, Украина.

Маляр Н. Н. – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры кибернетики и прикладной математики Ужгородского национального университета;

Поліщук В. В. – канд. техн. наук, доцент кафедры программного обеспечения систем Ужгородского национального университета, Ужгород, Украина.

Шаркади М. М. – канд. экон. наук, доцент кафедры кибернетики и прикладной математики Ужгородского национального университета, Ужгород.

АННОТАЦИЯ

Актуальность. Проведено исследование актуальной задачи разработки информационных моделей представления нечетких знаний для информационных технологий на примере различных прикладных задачах, которые встречаются при функционировании социо-экономических систем по применению аппарата нечетких множеств, нечеткой логики и системного подхода.

Целью данной работы является разработка информационных моделей представления нечетких знаний для принятия управленческих решений при функционировании социо-экономических систем в условиях неопределенности по входным экспертным оценкам.

Объектом исследования является процесс моделирования нечетких знаний на основе функций принадлежности для входных экспертных оценок по критериям.

Предметом исследования являются методы и модели представления нечетких знаний для принятия решений в условиях неопределенности.

Метод. Впервые предложено информационное моделирование нечетких знаний на основе функций принадлежности оценок по критериям и их возможностью применения для различных прикладных задач. Усовершенствована модель представления нечетких знаний для оценки платежеспособности предприятий и инвестиционных проектов, сформировано множество критериев для оценки и приведены примеры построения функций принадлежности для сравнения входных данных. Впервые предложена информационная модель представления нечетких знаний в входных экспертных оценках, на примере оценки стартап проектов, что позволит получить лингвистическое значение и оценку достоверности альтернативных вариантов.

Результаты. Полученным результатом исследования является информационное моделирование представления нечетких знаний на примерах построения моделей оценки платежеспособности предприятий, инвестиционных и стартап проектов по входным экспертными оценками. Разработанная модель дает возможность для набранных экспертных баллов слабо структурированной или неструктурированной задачи получать толкование, раскрывая субъективизм экспертов и иметь количественную оценку в неформализованных задачах. Рациональность оценки доказывает преимущества разработанных моделей.

Выводы. В работе решено научно-прикладную задачу разработки информационных моделей представления нечетких знаний для информационной технологии на примерах построения моделей оценки платежеспособности предприятий, инвестиционных проектов и стартап проектов по входным экспертными оценками. Разработка моделей нечетких знаний, позволит адекватно подойти к оценке альтернативных решений, повышая при этом степень обоснованности принятия решений. Предложенные информационные модели нечетких знаний оценке платежеспособности предприятий, инвестиционных и стартап проектов могут быть воплощены в работу инвестиционных учреждений.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: информационная модель, нечеткие знания, нечеткие множества, функция принадлежности, экспертная оценка, принятие решений.

INFORMATION MODELING FUZZY KNOWLEDGE

Voloshyn O. F. – Doctor of Engineering Science, Professor, Professor of the Department of Complex Systems Modelling in Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine;

Malyar N. N. – PhD, Associate Professor, Associate professor of Department of Cybernetics and Applied Mathematics, Uzhgorod National University, Uzhgorod, Ukraine.

Polishchuk V. V. – PhD, Associate Professor of Department of Software Systems, Uzhgorod National University, Uzhgorod, Ukraine.

Sharkadi M. N. – PhD, Associate Professor of Department of Cybernetics and Applied Mathematics, Uzhgorod National University, Uzhgorod, Ukraine.

ABSTRACT

Context. The research of the actual problem of the development of information models for the presentation of fuzzy knowledge for information technologies has been carried out on the example of various applied problems that occur during the functioning of socioeconomic systems with the use of fuzzy sets, fuzzy logic and system approach.

The purpose of this work is the development of information models for the presentation of fuzzy knowledge for the adoption of managerial decisions in the functioning of socio-economic systems in the conditions of uncertainty for incoming expert assessments.

Objective. The object of the research is the process of modeling fuzzy knowledge based on membership functions for incoming expert evaluations according to the criteria.

The subject of the research is the methods and models of presentation of fuzzy knowledge for making decisions in conditions of uncertainty.

Method. For the first time a representation information modeling fuzzy knowledge based functions of assessments on the criteria and their possible use for different applications. The model representation of fuzzy knowledge for evaluating the solvency of enterprises and investment projects, forming a set of evaluation criteria and examples of constructions membership functions for comparing input. For the first time a representation of the information model of fuzzy knowledge input to expert estimates, the example of a startup evaluation of projects that will provide linguistic value and reliability assessment of alternatives.

Results. The result of the study is the information modeling of the presentation of fuzzy knowledge on examples of construction of models for assessing the solvency of enterprises, investment and startup projects on incoming expert assessments. The developed model gives an opportunity for the recruited expert points of a weakly structured or unstructured task to receive interpretations, revealing the subjectivity of experts and having a quantitative assessment in non-formalized problems. The rationality of the assessment proves the advantages of the developed models.

Conclusions. The scientific and applied task of developing informational models of presentation of fuzzy knowledge for information technology is solved in the work on examples of construction of models of solvency assessment of enterprises, investment projects and startup of projects according to incoming expert assessments. The development of models of fuzzy knowledge will provide an opportunity to adequately approach the evaluation of alternative solutions, while increasing the degree of validity of decision-making. The proposed information models of fuzzy knowledge of the assessment of enterprises' solvency, investment and startup projects can be implemented into the work of investment institutions.

KEYWORDS: information model, fuzzy knowledge, fuzzy sets, membership function, expert judgment, decision making.

REFERENCES

1. Antonenko V. M., Mamchenko S. D., Rohushyna YU. V. Suchasni informatychni systemy i tekhnolohiyi: upravlinnya znannyamy: navchalnyy posibnyk. Irpin, Natsionalnyy universytet DPS Ukrainy, 2016, 212 p.
2. Subbotin S. O. Podannya ta obrobka znan u systemakh shtuchnoho intelektu ta pidtrymky pryynyattya rishen: navch. posib. Zaporizhzhya, ZNTU, 2008, 341 p. ISBN 978-966-7809-84-4
3. Zaychenko YU. P. Nechetkiye modeli i metody v intellektualnykh sistemakh: ucheb. posobiye. Kiev, Slovo, 2008, 341 p.
4. Zade L. Ponyatiye lingvisticheskoy peremennoy i yego primeneniye k prinyatiyu priblizhennykh resheniy. Moscow, Mir, 1976, 167 p.
5. Tan P.-N., Steinbach M., Kumar V. Introduction to Data Mining. Addison-Wesley, Upper Saddle River, NJ, 2005, 365 p.
6. Gaber M. M. Scientific Data Mining and Knowledge Discovery – Principles and Foundations. Springer, New York, 2010, 400 p. DOI 10.1007/978-3-642-02788-8
7. Polishchuk V. V., Malyar M. M., Nechitki modeli i metody otsinyuvannya kredytopromozhnosti pidpryemstv ta investytsiynykh proektiv : monohrafiya. Uzhhorod, RA «AUTDOR-SHARK», 2018, 174 p. ISBN 978-617-7132-85-0
8. Zaychenko YU. P., Ovi Nafas Agai ag Gamish Analiz finansovogo sostoyaniya i otsenka kreditosposobnosti zayemshchikov – yuridicheskikh lits v usloviyakh neopredelennosti, *ITHEA International Journal "Information Theories and Applications"*, 2014, Vol. 21, No. 3, pp. 241–253.
9. Malyar M., Polishchuk V., Sharkadi M., Liakh I. Model of startups assessment under conditions of information uncertainty, *Eastern European Journal of Enterprise Technologies*, *Mathematics and cybernetics – applied aspects*, 2016, No. 3/4 (81), pp. 43–49. DOI: 10.15587/1729-4061.2016.71222.
10. Polishchuk V. V., Malyar M. M., Sharkadi M. M. Model informatychnoyi tekhnolohiyi otsinky ryzyku finansuvannya proektiv, *Radio Electronics, Computer Science, Control*, 2017, No. 2 (41), pp. 44–52. DOI: 10.15588/1607-3274-2017-2-5.
11. Malyar M. M., Polishchuk V. V. Nechitka model otsinky finansovoyi kredytopromozhnosti pidpryemstv, *Skhidno-Yevropeyskyy zhurnal peredovykh tekhnolohiy. Ser. Matematyka i kibernetyka – fundamentalni i prykladni aspekty*, 2012, No. 3/4(57), pp. 8–16.
12. Lytvyn B.M. Finansovyy analiz: Navch. posibnyk. Kiev, «Khay-Tek Pres», 2008, 336 p.
13. Malyar M., Polishchuk V. Choice and evaluation methodics of investment projects, *Košická bezpečnostná revue, Košice*, 2013, No. 1/2013, pp. 117–126.
14. Matviychuk A. V. Modelyuvannya finansovoyi stiykosti pidpryemstv iz zastosuvannam teoryi nechitkoyi lohiky, neyronnykh merezh i dyskryminantnoho analizu, *Visn. NAN Ukrainy*, 2010, No. 9, pp. 24–46.
15. Veres O. M. za zah. red. V. V. Pasichnyka Tekhnolohiyi pidtrymannya pryynyattya rishen: navch. Posibnyk, 2-he vyd. Lviv, Vydavnytstvo Lvivskoyi politekhniki, 2013, 252 p. ISBN 978-966-533-975-9
16. Kelemen M. Problems of Protected Interests in the Security Sectors. Warsaw, Wydawnictwo Wyzszej szkoly menedzerskiej w Warszawie im. Prof. Leszka J. Krzyzanowskiego, 2015, 114 p. ISBN 978-83-7520-203-8.
17. Kelemen M., Križovský S., Kočan Š., I. vyd. Využitie technológie LVA (vrstvená analýza hlasu) v bezpečnostnej praxi, na prevenciu proti podvodom u poisťovaciach a finančných spoločnosti. Košice, VSBM, 2012, 100 p. ISBN 9788089282807.