

УДК 004.8

## **НЕЧІТКІ МОДЕЛІ В ЗАДАЧАХ ПІДБОРУ ПЕРСОНАЛУ ПРИ ФОРМУВАННІ СОЦІАЛЬНИХ ГРУП**

**Н.Р. КОНДРАТЕНКО, С.В. ЛУЖЕЦЬКИЙ, О.В. ЧЕБОРАКА**

Розглянуто нечіткі моделі в задачах підбору персоналу при формуванні соціальних груп. Запропоновано нечітку модель, яку використовує інформаційна система-порадник, що виконує функції помічника експерта з питань підбору та оцінювання персоналу.

### **ВСТУП**

В умовах інтенсивної інформатизації суспільства, інформаційні технології широко впроваджуються у сферу управління персоналом. Для успішного підбору кандидатів на існуючі вакансії, менеджери з підбору персоналу активно використовують новітні досягнення мережі Інтернет з метою встановлення ділових контактів: влаштовують корпоративні відео (для ознайомлення кандидатів з умовами праці та перевагами роботи в тій чи іншій компанії); розміщують необхідну інформацію на сайтах компаній, які займаються пошуком робітників; використовують соціальні мережі; відео-вакансії тощо.

Перед фахівцями, які займаються підбором персоналу, постійно виникають задачі пов'язані з відбором та оцінюванням кандидатів, які потрапили в базу даних [1, 2]. Особливо важливими серед них є задачі підбору кандидатів на відповідальні та керівні посади. Під час вирішення виникає проблема вибору альтернатив. З метою прийняття раціонального рішення множини альтернатив у залежності від наявної інформації описують із певним ступенем чіткості. Відомим методом для досліджень таких задач є прийняття рішень при нечіткому відношенні переваги на множині альтернатив [3, 4]. Завдяки цьому методу експерти мають можливість описати ступінь своєї впевненості в перевагах між альтернативами за допомогою чисел з інтервалом  $[0,1]$ . Таким чином, за допомогою експертів знаходиться нечітке відношення переваги на множині альтернатив, в якому кожній парі альтернатив відповідає число, яке описує ступінь виконання відношення переваги між ними. Безумовно, такий метод опису відношення в більш повній мірі дозволяє ввести в математичну модель знання та уявлення експертів про реальну ситуацію. Але одночасно посилює залежність адекватності відображення реальності від думки експертів. Для того, щоб уникнути цього недоліку

пропонуємо побудову нечіткої логічної системи, яка виконуватиме роль поради експертів і будується на експериментальних даних. Під час побудови такої системи процес отримання інформації буде незалежним, оскільки відбуватиметься на основі проведення кваліфікаційного та психологічного тестування.

Таким чином, у задачах з підбору персоналу важливу роль відіграє інформація, яку отримано за результатами опитування чи тестування. Під час проведення різних видів тестування та опитування, процес надання відповідей на питання супроводжується появою невизначеностей (таких як неясність, нечіткість та інші), які виникають унаслідок суб'єктивності чи індивідуальності людини в процесах мислення та висловлювання. Для опису цих невизначеностей використовуватимемо апарат теорії нечітких множин вищих порядків [5]. Врахування цих невизначеностей у задачах підбору та оцінюванні персоналу дозволяє підвищити якість прийняття рішень. Тому, доцільно розробити нечітку модель, на основі якої можливо будувати інформаційні системи, що будуть виконувати роль поради з питань підбору та оцінювання персоналу.

## **ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ**

Поставимо задачу розробити математичну модель, яка може бути основою для нечіткого логічного поради, завдяки якому можна буде розв'язувати задачі підбору та оцінювання персоналу.

Нечіткий логічний поради є інформаційною системою з ознаками інтелектуальності, які передбачають: самостійність системи в оцінюванні вхідного вектора; можливість інтерпретації вхідного вектора у відповідності з власною базою знань; обчислення відповіді (реакції системи на вхідний вектор).

Під час побудови нечіткої моделі пропонуємо використовувати інтервальні нечіткі множини типу-2, які дозволяють ефективніше обробляти невизначеності, ніж нечіткі множини типу-1, і потребують менше обчислювальних затрат, ніж нечіткі моделі на основі загальних нечітких множин типу-2 [5]. Інтервальні нечіткі множини типу-2 є нечіткими множинами (типу-1), в яких значеннями степенів належності є інтервальні числа.

**Мета роботи** — розробка нечіткої моделі на основі інтервальних нечітких множин типу-2, що може слугувати основою нечіткого логічного поради.

## **МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ**

Подамо математичну модель для розв'язання поставленої задачі у вигляді нечіткої моделі класифікації. Ця модель є кортежем-двійкою  $(X, L)$ , в якому  $X = X_1 \times X_2 \times X_3 \times \dots \times X_n$  — множина вхідних лінгвістичних змінних, які виділяються шляхом експертного опитування;  $L = \{l_1, l_2, l_3, \dots, l_m\}$  — розбивка  $X$  на нечіткі еталонні класи  $l_j$  [6, 7].

За даними експерта вхідні змінні визначаються результатами тестування. Вихідною змінною є професійна придатність.

Тестування проводиться за трьома тестами: характерологічний опитувальник Леонгарда; тест Голанда для визначення типу особистості; анкета «Орієнтація» (І.Л. Соломін).

Тест Леонгарда призначено для виявлення типу акцентуації характеру. Відповідно до цього тесту є 10 акцентуацій, які виступають входними змінними моделі:  $x_1$  — гіпертимний тип;  $x_2$  — збудливий тип;  $x_3$  — емотивний тип;  $x_4$  — педантичний тип;  $x_5$  — тривожний тип;  $x_6$  — циклотимічний тип;  $x_7$  — демонстративний тип;  $x_8$  — застряглий тип;  $x_9$  — дистимічний тип;  $x_{10}$  — екзальтований тип.

Тест Голанда призначено для визначення соціальної направленості особистості (соціального характерологічного типу). Цей тест передбачає 6 типів, які теж відносимо до входних змінних:  $x_{11}$  — реалістичний тип;  $x_{12}$  — інтелектуальний тип;  $x_{13}$  — артистичний тип;  $x_{14}$  — соціальний тип;  $x_{15}$  — підприємницький тип;  $x_{16}$  — конвенціальний тип.

Анкета «Орієнтація» використовується для самооцінки професійних інтересів і здібностей. Вона визначає 5 типів професій, що розділяються за ознакою «предмет праці»:  $x_{17}$  — людина–людина;  $x_{18}$  — людина–техніка;  $x_{19}$  — людина–знакова система;  $x_{20}$  — людина–художній образ;  $x_{21}$  — людина–природа; та 2 класи професій, які розділяються за ознакою «характер праці»:  $x_{22}$  — виконавчі;  $x_{23}$  — творчі.

Для оцінювання значень лінгвістичних змінних  $x_i, i = \overline{1,23}$  та у використовуватимемо систему якісних термів:  $A_i = \{a_i^1, a_i^2, a_i^3, \dots, a_i^{z_i}\}$  — множина термів змінної  $x_i, i = \overline{1,23}$ , де  $a_i^p$  —  $p$ -й лінгвістичний терм змінної  $x_i, p = \overline{1, z_i}, i = \overline{1,23}$ ;  $L = \{l_1, l_2, l_3, \dots, l_m\}$  — множина термів змінної  $y$ , де  $l_j$  —  $j$ -й лінгвістичний терм (клас) змінної  $y$ ;  $m$  — число класів.

Для опису нечітких термів лінгвістичних змінних використовуватимемо інтервальні нечіткі множини типу-2. Тоді модель класифікації являє собою інтервальну нечітку модель типу-2, що включає базу правил (нечітку базу знань), процедуру приведення до нечіткості, процедуру нечіткого логічного виведення, процедуру пониження типу та процедуру приведення до чіткості. Ця модель відображає чіткі входи  $x = (x_1, \dots, x_{23})$  в інтервальні та чіткі виходи:  $Y = [y_l, y_r]$  та  $y$ . Структуру моделі наведено на рис. 1.

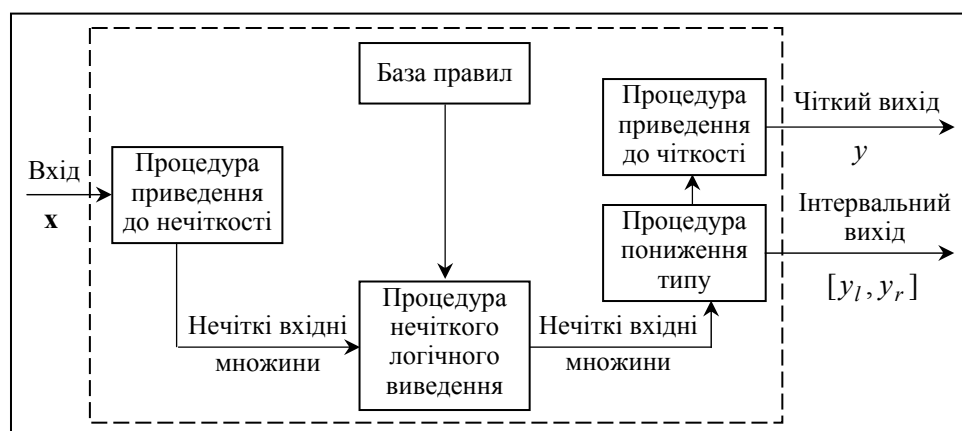


Рис. 1. Структура інтервальної нечіткої моделі типу-2

На основі системи якісних термів та знань експерта формується база правил, що являє собою систему логічних висловлювань типу «ЯКЩО-ТО», які зв'язують значення вхідних змінних  $x_1, \dots, x_{23}$  з одним із можливих класів  $l_j, j = \overline{1, m}$  [3]:

$$\begin{aligned} \text{ЯКЩО } & x_1 = a_1^{11} \text{ I } x_2 = a_2^{11} \text{ I } \dots \text{ I } x_n = a_n^{11} \text{ АБО} \\ & x_1 = a_1^{12} \text{ I } x_2 = a_2^{12} \text{ I } \dots \text{ I } x_n = a_n^{12} \text{ АБО } \dots \\ & x_1 = a_1^{1k_1} \text{ I } x_2 = a_2^{1k_1} \text{ I } \dots \text{ I } x_n = a_n^{1k_1} \end{aligned}$$

$$\text{ТО } y = l_1.$$

...

$$\begin{aligned} \text{ЯКЩО } & x_1 = a_1^{m1} \text{ I } x_2 = a_2^{m1} \text{ I } \dots \text{ I } x_n = a_n^{m1} \text{ АБО} \\ & x_1 = a_1^{m2} \text{ I } x_2 = a_2^{m2} \text{ I } \dots \text{ I } x_n = a_n^{m2} \text{ АБО } \dots \\ & x_1 = a_1^{mk_m} \text{ I } x_2 = a_2^{mk_m} \text{ I } \dots \text{ I } x_n = a_n^{mk_m} \end{aligned}$$

$$\text{ТО } y = l_m.$$

Для опису інтервальних нечітких множин типу-2 термів лінгвістичних змінних використовуватимемо гаусові первинні функції належності з невизначеним центром і сталим відхиленням, або зі сталим центром та невизначеним відхиленням.

Гаусова первинна функція належності з невизначеним центром  $m \in [m_l, m_r]$  і сталим відхиленням  $\sigma$  визначається такою формулою [5]:

$$\mu_A(x) = e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{x - [m_l, m_r]}{\sigma} \right)^2}. \quad (1)$$

Гаусова первинна функція належності зі сталим центром  $m$  та невизначеним відхиленням  $\sigma \in [\sigma_l, \sigma_u]$  задається таким чином [5]:

$$\mu_A(x) = e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{x - m}{[\sigma_l, \sigma_u]} \right)^2}. \quad (2)$$

Графіки гаусових первинних функцій належності з невизначеним центром і сталим відхиленням (1) та зі сталим центром і невизначеним відхиленням (2) наведено на рис. 2 та 3 відповідно.

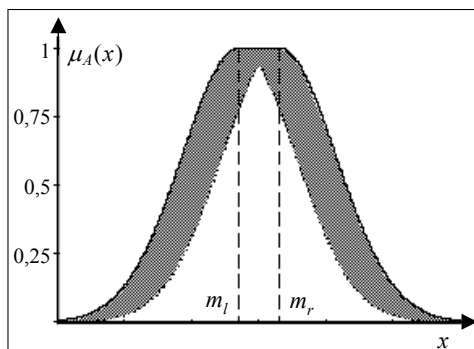


Рис. 2. Гаусова первинна функція належності з невизначеним центром і сталим відхиленням

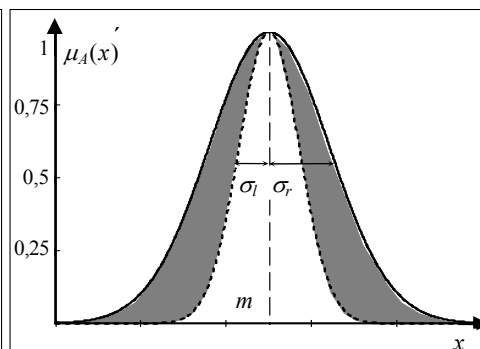


Рис. 3. Гаусова первинна функція належності зі сталим центром і невизначеним відхиленням

Під час обчислення вихідних нечітких множин правил використовуватимемо  $t$ -норму мінімуму або алгебраїчного добутку. Тоді вихідна множина правила  $R^{jp}$ ,  $p = \overline{1, k_j}$  визначається за формулою:

$$\mu_{B^{jp}}(y) = \int_{b^{jp} \in [\underline{f}^{jp} * \mu_{l_j}(y), \bar{f}^{jp} * \mu_{l_j}(y)]} 1/b^{jp}, \quad (3)$$

де  $*$  — оператор  $t$ -норми;  $\underline{f}^{jp}$  та  $\bar{f}^{jp}$  — нижня та верхня границі інтервалу активізації  $[\underline{f}^{jp}, \bar{f}^{jp}]$ , які визначаються такими формулами:

$$\underline{f}^{jp} = \prod_{i=1}^{23} \mu_{a_i^{jp}}(x_i), \quad (4)$$

$$\bar{f}^{jp} = \prod_{i=1}^{23} \bar{\mu}_{a_i^{jp}}(x_i), \quad (5)$$

де  $\mu_{a_i^{jp}}(x_i)$  і  $\bar{\mu}_{a_i^{jp}}(x_i)$  — нижня та верхня степені належності  $\mu_{a_i^{jp}}(x_i)$ .

Вихідні нечіткі множини правил  $B^{jp}$  не будемо об'єднувати в єдину множину, а одразу подаватимемо на блок пониження типу нечіткої моделі.

Пониження типу вихідних інтервальних нечітких множин типу-2 до інтервальних типу-1 здійснюється методом центру множин, що виражається такою формулою:

$$Y(\mathbf{x}) = [y_l, y_r] = \int_{y^1 \in [y_l^1, y_r^1]} \dots \int_{y^m \in [y_l^m, y_r^m]} \int_{f^{11} \in [\underline{f}^{11}, \bar{f}^{11}]} \dots \int_{f^{mk_m} \in [\underline{f}^{mk_m}, \bar{f}^{mk_m}]} 1 / \frac{\sum_{j=1, p=1}^{m, k_j} f^{jp} y^j}{\sum_{j=1, p=1}^{m, k_j} f^{jp}}, \quad (6)$$

де  $Y(\mathbf{x})$  — інтервальна множина, що визначається крайніми точками  $y_l$  та  $y_r$ ;  $[y_l^j, y_r^j]$  — центроїд інтервальної нечіткої множини типу-2 терму  $l_j$ , що обчислюється за формулою:

$$C_{l_j} = \int_{\theta_1 \in \mu_{l_j}(y_1)} \dots \int_{\theta_N \in \mu_{l_j}(y_N)} 1 / \frac{\sum_{i=1}^N y_i \theta_i}{\sum_{i=1}^N \theta_i} = [y_l^j, y_r^j], \quad (7)$$

де  $N$  — число точок дискретизації.

Для обчислення крайніх точок  $y_l$  та  $y_r$  використаємо алгоритм Карніка-Менделя [5].

Приведення до чіткості виконується за формулою:

$$y(\mathbf{x}) = \frac{y_l + y_r}{2}. \quad (8)$$

Описана вище модель є основою для побудови нечіткого логічного порадника, який виконуватиме функції помічника експерта в задачах підбору та оцінювання персоналу.

### КОМП'ЮТЕРНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ

За допомогою експерта з підбору персоналу було сформовано базу правил нечіткої моделі для визначення професійної придатності людини. Для оцінювання значень вхідних лінгвістичних змінних  $x_1, \dots, x_{23}$  та вихідної змінної  $y$  використовувалась система якісних термів: Н — низький, нС — нижчий за середній, С — середній, вС — вищий за середній та В — високий. Під час побудови моделі було використано первинні функції належності зі сталим центром та невизначеним відхиленням, які наведено на рис. 4.

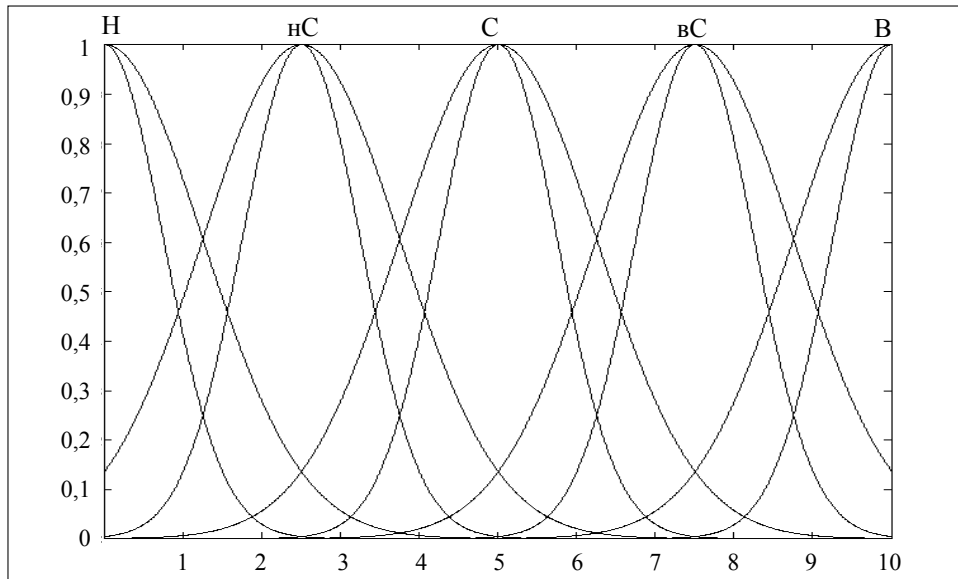


Рис. 4. Функції належності нечітких термів лінгвістичних змінних

На вхід нечіткої моделі було подано множину вхідних векторів, що являли собою результати тестування людей, для яких визначалась професійна придатність. Модель давала на виході інтервальне та чітке значення в діапазоні  $[0; 10]$  та якісне значення придатності (низька, нижча за середню, середня, вища за середню та висока).

Результати визначення професійної придатності окремих людей за допомогою нечіткої моделі наведено в таблиці.

**Таблиця.** Результати роботи інтервальної нечіткої моделі типу-2

№	$x_1$	$x_2$	$x_3$	...	$x_{16}$	$x_{17}$	$x_{18}$	$x_{19}$	$x_{20}$	$x_{21}$	$x_{22}$	$x_{23}$	$y_l$	$y_r$	$y$	$\tilde{y}$
1	24	0	0	...	10	0	0	30	0	0	15	30	9,01	9,44	9,22	В
2	9	3	21	...	12	11	9	20	8	23	18	11	0,89	2,90	1,90	нС
3	18	9	21	...	3	25	6	9	24	10	19	19	0,56	2,90	1,73	Н,нС
4	3	12	12	...	4	6	10	19	14	2	16	15	2,17	7,33	4,75	нС÷вС

З таблиці видно, що для 1-го вектора професійна придатність є високою, тому що крайні точки вихідного інтервального значення належать терму «Високий», а ширина інтервалу, що відображає невизначеність, є незнач-

ною. 2-й вектор вказує на професійну придатність нижчу за середню та має більшу невизначеність, ніж попередній. 3-й вектор має більшу невизначеність, ніж два попередні. Він показує професійну придатність, що може бути як низькою, так і нижчою за середню. 4-й вектор, на відміну від попередніх, має найбільшу невизначеність — його професійна придатність може бути в діапазоні від нижчої за середню до вищої за середню.

Отримані результати показують, що ця модель може виконувати функції помічника експерта з питань визначення найкращих претендентів на працевлаштування. Для підвищення якості прийняття рішень експерту необхідно враховувати оцінку невизначеності професійної придатності, яку дає інтервальна нечітка модель типу-2. При цьому варто скористатися такими практичними рекомендаціями:

- за умови рівності крайніх правих точок інтервальних значень професійної придатності двох кандидатів перевагу необхідно надати кандидату з меншим рівнем невизначеності професійної придатності;
- якщо отриманий у результаті роботи моделі рівень невизначеності професійної придатності не дозволяє чітко встановити єдине якісне значення з вихідної системи якісних термів, то необхідно провести додаткове тестування з метою зменшення цієї невизначеності.

## ВИСНОВКИ

У роботі запропоновано математичну модель, яка може слугувати основою для нечіткого логічного порадики, що дозволить підвищити якість підбору та оцінювання персоналу. Цей результат було досягнуто шляхом використання інтервальних нечітких множин типу-2, що дозволило обчислити нижню та верхню границі професійної придатності людини, яка проходить тестування, і таким чином надати додаткову інформацію для експерта, який приймає кінцеве рішення. У роботі подано практичні рекомендації щодо використання результатів роботи запропонованої моделі.

## ЛІТЕРАТУРА

1. *Рабочая книга практического психолога: пособие для специалистов, работающих с персоналом* / Под ред. А.А. Бодалева, А.А. Деркача, Л.Г. Лаптева. — М.: Изд. Ин-та Психотерапии, 2002. — 640 с.
2. *Злепко С.М., Коваль Л.Г., Бондарчук М.Т.* та ін. Інформаційна технологія психофізіологічного тестування і вибору персоналу для органів внутрішніх справ України: монографія. — Вінниця: Універсум, 2008. — 154 с.
3. *Беллман Р., Заде Л.* Принятие решений в расплывчатых условиях // Вопросы анализа и процедуры принятия решений: пер. с англ. — М.: Мир, 1976. — 230 с.
4. *Борисов А.Н., Крумберг О.А., Федоров И.П.* Принятие решений на основе нечетких моделей. Примеры использования. — М.: Мир, 1976. — 167 с.
5. *Mendel J.M.* Uncertain Rule-Based Fuzzy Logic Systems: Introduction and New Directions. — NJ: Prentice Hall, 2001. — 576 p.
6. *Кондратенко Н.Р., Зелінська Н.Б., Куземко С.М.* Діагностика гіпотиреозу на основі нечіткої логіки з використанням інтервальних функцій належності // *Наук. вісті НТУУ «КПІ»*. — 2003. — № 4. — С. 52–58.
7. *Кондратенко Н.Р., Куземко С.М., Чеборака О.В.* Використання інтервальних функцій належності в задачах класифікації ендокринних захворювань // *Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія*. — 2005. — № 3. — С. 85–90.

Надійшла 07.06.2010