

**Панченко В. А.**  
кандидат економічних наук, доцент,  
заступник директора  
ВНЗ «Кіровоградський кооперативний  
коледж економіки і права імені М.П. Сая»

**Panchenko V. A.**  
Candidate of Economic Sciences, Associate Professor,  
Deputy Director  
M.P. Sai Kirovohrad Cooperative College of Economics and Law

## НЕЧІТКІ БАЗИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В СИСТЕМІ КАДРОВОЇ БЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВА

**Анотація.** Удосконалений підхід в системі управління кадровою безпекою підприємства за рахунок розробки нечітких баз знань, що дозволить враховувати як кількісні, так і якісні показники. Визначені функції приналежності нечітких термів вхідних та вихідних функцій приналежності, налаштовані параметри з метою підвищення точності розрахунків. Спроектвані бази знань у вигляді системи продукційних правил для подальшого їх впровадження у динамічну модель прийняття рішень на основі нечіткої логіки. Обраний алгоритм нечіткого логічного виведення та формалізовані основні його етапи.

**Ключові слова:** кадрова безпека, динамічна модель прийняття рішень, бази знань, нечітка логіка, функції приналежності, точність.

**Постановка проблеми.** Процес прийняття кадрових рішень на підприємстві вимагає високої точності та швидкості, тому що від результативності працівників, відповідності їх характеристик обраній посаді залежить ефективність роботи підприємства в цілому.

Тому актуальним є питання кадрової безпеки на підприємстві, а саме побудови такої системи управління, яка б дозволила підвищити фінансову результативність організації і в той же час задовольняла потреби окремого працівника. Це потребує аналізу та обробки статистичної інформації, залучення думок експертів та обрання відповідного методу побудови бази знань для прийняття рішень.

**Стан дослідження.** У роботі [1] запропоновано модель загроз кадрової безпеки організації на основі використання апарату теорії нечітких множин; виділені особистісні та внутрішньоорганізаційні чинники, що впливають на стан кадрової безпеки організації і провокують виникнення загроз з боку персоналу. В роботах [2–3] розглянуті питання використання інформаційно-аналітичних технологій в кадровій безпеці, наведено класифікацію факторів, що впливають на кадрову безпеку організації; запропонована схема процесу управління кадровою безпекою з виділенням етапів і підсистем управління.

Питанням можливих загроз певним групам і категоріям співробітників і відповідні їм методи протидії присвячені роботи [4–5], в яких визначено параметри і критерії якісного професійного відбору та застосований підхід на основі теорії людської мотивації (піраміда Маслоу) стосовно проблем забезпечення кадрової безпеки.

Таким чином, виникає потреба в комплексному застосуванні математичних методів та інтелектуальних технологій для автоматизації процесу прийняття рішень в системі кадрової безпеки підприємства.

**Мета.** Метою роботи є розробка баз знань у формі правил продукцій для нечітких систем, що дасть змогу автоматизувати процес прийняття кадрових рішень на підприємстві.

**Виклад основних положень.** Необхідно розробити чотири нечіткі системи  $k_1=f_1(K_1, K_2, K_3, K_4)$ ,  $k_2=f_2(K_5, K_6, K_7, K_8)$ ,  $k_3=f_3(K_9, K_{10})$ ,  $D=f_4(k_1, k_2, k_3)$ , де  $D$  – «відповідність кандидата посаді»,  $k_1$  – «особистісні характеристики кандидата»,  $k_2$  – «професійні характеристики кандидата»,

$k_3$  – «професійні характеристики кандидата»,  $k_3$  – «якісні характеристики кандидата»,  $K_1$  – «вік»,  $K_2$  – «сімейний стан»,  $K_3$  – «кількість дітей»,  $K_4$  – «житлові умови»,  $K_5$  – «стаж роботи»,  $K_6$  – «освіта»,  $K_7$  – «знання іноземних мов»,  $K_8$  – «рекомендації»,  $K_9$  – «зовнішній вигляд, охайність»,  $K_{10}$  – «комунікативні навички».

На першому етапі необхідно визначити терм-множину для кожної лінгвістичної змінної. Для змістовної інтерпретації кожної з терм-множин необхідно виконання наступних умов:

- 1) кількість термів не має занадто великим, щоб експерт кожній нечіткій множині міг поставити лінгвістичну оцінку;
- 2) нечіткі множини різних термів не повинні бути еквівалентні або майже еквівалентні;
- 3) не повинна порушуватися лінійна впорядкованість нечітких множин.

В якості терм-множини для вхідних і вихідних лінгвістичних змінних використовується множина  $T = \{\text{«низьке»}, \text{«середнє»}, \text{«високе»}\}$  або  $T = \{\text{«Н»}, \text{«С»}, \text{«В»}\}$  [6].

Для визначення функцій належності нечітких термів необхідно виконання наступних умов:

- 1) нечіткі множини повністю покривають інтервал можливих значень вхідних змінних, тобто будь-яке число з цього інтервалу належить з ненульовим ступенем хоча б до одної нечіткої множини;
- 2) перетинаються тільки функції приналежності сусідніх нечітких термів;
- 3) відсутня неінтерпретувемість крайніх термів.

Функції приналежності для вхідних змінних були побудовані з використанням методу статистичної обробки навчальної вибірки та експертної інформації, а для вихідних змінних – на основі методу парних порівнянь [7].

При побудові застосовувалися такі кусочно-лінійні функції приналежності – трикутна (1), і трапецієвидна (2):

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & c \leq x \end{cases} \quad (1)$$

Таблиця 1

де  $a, c$  – чисельні параметри, які характеризують основу трикутника;  $b$  – чисельний параметр, який характеризує вершину трикутника;  $x$  – число, для котрого необхідно визначити ступінь приналежності нечіткому терму.

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & c \leq x \leq d \\ 0, & d \leq x \end{cases} \quad (2)$$

де  $a, d$  – чисельні параметри, які характеризують нижню основу трапеції;  $b, c$  – чисельні параметри, які характеризують верхню основу трапеції [6].

$a \leq b \leq c \leq d, \{a, b, c, d\} \in X = \{x_i\}$ , де  $x_i$  – універсум, на якому задається  $i$ -ая лінгвістична змінна  $i = \overline{1, 10}$ .

Для підвищення адекватності моделі були налаштовані вид і параметри функцій приналежності термів за допомогою навчальної вибірки.

Математична постановка задачі навчання нечіткої моделі:

$P$  – вектор параметрів функцій приналежності термів вхідних і вихідних змінних;

$K_r = \{K_{r1}, K_{r2}, \dots, K_{r10}\}$ ,  $r=1 \dots m$ ,  $m=100$  – вектор значень вхідних змінних моделі;

$D(P, K_r)$  – значення показника відповідності кандидата посаді в результаті застосування нечіткої моделі з параметрами  $P$  при значеннях входів  $K_r$ ;

$D_r$  – значення показника відповідності кандидата навчальної вибірки,  $r=1 \dots m$ ,  $m=100$ .

Необхідно налаштувати параметри моделі таким чином, щоб виконувалася умова (3):

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{r=1}^m (D_r - D(P, K_r))^2} \rightarrow \min \quad (3)$$

Було проведено 10 експериментів на вибірках обсягом 100 значень кожна.

Результати оцінок представлені в таблиці 1.

Значення налаштованих параметрів функцій приналежності нечітких термів представлені в таблицях 2–3.

Графічне зображення функцій приналежності вихідних лінгвістичних змінних представлено на рис. 1.

Наступним етапом є розробка нечіткої бази знань, яка повинна задовольняти таким умовам:

1) база знань є несуперечливою або ненадлишковою, тобто не містить правил з однаковими антецедентами;

2) база знань узгоджена з кількістю термів, тобто кожен терм фігурує хоча б в одному нечіткому правилі;

3) для довільного вхідного вектора на виході виходить не пуста нечітка множина [8].

Необхідно розробити базу знань виду (4):

$\Pi_i$ : ЯКЩО  $K_1 \in T_{i1}$  ТА... ТА  $K_j \in T_{ij}$  ТА ... ТА  $K_m \in T_{im}$ , то  $D \in T_i$ ,

$$i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}, \quad (4)$$

де  $n$  – кількість правил в базі знань;

$m$  – кількість вхідних змінних.

Для розробки бази знань використані експериментальні дані та експертна інформація.

Розробка бази знань на основі експертної інформації складається з наступних етапів:

1) Розбиття множини вхідних і вихідних змінних;

2) Формування початкової бази правил;

3) Скорочення числа правил;

4) Параметрична оптимізація кінцевого набору правил [9].

Результати експерименту

№ експерименту	Значення RMSE, %
1.	4
2.	3
3.	5
4.	2
5.	3
6.	3
7.	5
8.	3
9.	2
10.	3

Таблиця 2

Параметри функцій приналежності нечітких термів вхідних змінних

Лингвистические переменные	Термы	Параметры функций принадлежности			
		a	b	c	d
K <sub>1</sub>	H	0	0	0.2	0.4
	C	0.35	0.6	0.75	0.9
	B	0.6	0.8	1	1
K <sub>2</sub>	H	0	0	0.55	-
	C	0.45	0.5	0.75	-
	B	0.7	1	1	-
K <sub>3</sub>	H	0	0	0.2	0.35
	C	0.3	0.35	0.4	0.6
	B	0.48	0.65	1	1
K <sub>4</sub>	H	0	0	0.2	0.2
	B	0.6	0.75	1	1
K <sub>5</sub>	H	0	0	0.2	0.5
	C	0.2	0.5	0.8	-
	B	0.7	0.75	1	1
K <sub>6</sub>	H	0	0	0.55	-
	C	0.45	0.5	0.75	-
	B	0.7	1	1	-
K <sub>7</sub>	H	0	0	0.2	0.35
	C	0.3	0.4	0.6	0.7
	B	0.65	0.8	1	1
K <sub>8</sub>	H	0	0	0.2	0.35
	C	0.3	0.35	0.4	0.6
	B	0.48	0.65	1	1
K <sub>9</sub>	H	0	0	0.4	0.45
	C	0.4	0.45	0.65	0.7
	B	0.65	0.7	1	1
K <sub>10</sub>	H	0	0	0.2	0.4
	C	0.2	0.4	0.6	0.8
	B	0.75	0.8	1	1

Таблиця 3

Параметри функцій приналежності нечітких термів вихідних змінних

Лингвистические переменные	Термы	Параметры функций принадлежности			
		a	b	c	d
k <sub>1</sub>	Н	0	0	0.2	0.35
	С	0.3	0.35	0.4	0.6
	В	0.45	0.75	1	1
k <sub>2</sub>	Н	0	0	0.2	0.35
	С	0.3	0.35	0.4	0.6
	В	0.38	0.75	1	1
k <sub>3</sub>	Н	0	0	0.2	0.35
	С	0.3	0.35	0.4	0.6
	В	0.55	0.75	1	1
D	Н	0	0	0.2	0.35
	С	0.3	0.35	0.4	0.6
	В	0.53	0.75	1	1

Таблиця 4

База правил для нечіткої системи k<sub>3</sub>=f<sub>3</sub>(K<sub>9</sub>, K<sub>10</sub>)

№ правила	K <sub>9</sub>	K <sub>10</sub>	k <sub>3</sub>
1.	Н	Н	Н
2.	С	С	С
3.	В	В	В
4.	Н	В	С
5.	Н	С	Н
6.	В	Н	С
7.	В	С	В
8.	С	Н	Н
9.	С	В	С

Таблиця 5

База правил для нечіткої системи D=f<sub>4</sub>(k<sub>1</sub>, k<sub>2</sub>, k<sub>3</sub>)

№ правила	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	k <sub>3</sub>	D
1.	В	В	В	В
2.	С	С	С	С
3.	Н	Н	Н	Н
4.	В	В	Н	В
5.	В	В	С	В
6.	С	В	Н	С
7.	Н	Н	В	Н
8.	Н	Н	С	Н
9.	Н	С	В	Н
10.	С	С	Н	С
11.	С	С	В	С
12.	Н	С	С	Н
13.	Н	В	В	С
14.	Н	В	С	С
15.	В	С	Н	С
16.	В	С	С	С
17.	В	Н	Н	С
18.	С	В	В	В

Проведена генерація множини правил виходячи з можливих поєднань нечітких висловлювань в передумовах і висновках правил, відповідно до яких максимальна кількість правил в базі визначається наступним відношенням:  $N=N_{x1} \cdot N_{x2} \cdot \dots \cdot N_{xm} \cdot N_y$ , де  $N_{x1} \cdot N_{x2} \cdot \dots \cdot N_{xm} \cdot N_y$  – число функцій приналежності для задання вхідних і вихідних змінних ( $N = 648$ ). Оскільки початково сформована база правил є надмірною – з однаковими передумовами і різними висновками, то набір правил оптимізований на основі експертної інформації, в результаті чого сформована база з 18 правил - для нечітких моделей  $k_1=f_1(K_1, K_1, K_3, K_4)$ ,  $k_2=f_2(K_5, K_6, K_7, K_8)$ ,  $D=f_4(k_1, k_2, k_3)$ , і 9 правил – для нечіткої моделі  $k_3=f_3(K_9, K_{10})$ . Елементи антецедентів нечітких правил пов'язані логічною операцією ТА, вагові коефіцієнти кожного з правил дорівнюють 1.

В якості прикладу в таблицях 4–5 представлені бази правил для нечітких систем  $k_3=f_3(K_9, K_{10})$  та  $D=f_4(k_1, k_2, k_3)$ .

В якості алгоритму нечіткого виведення використаний алгоритм Мамдані. За допомогою агрегування визначені ступеня істинності умов кожного з правил нечітких продукцій, використовуються парні нечіткі логічні операції

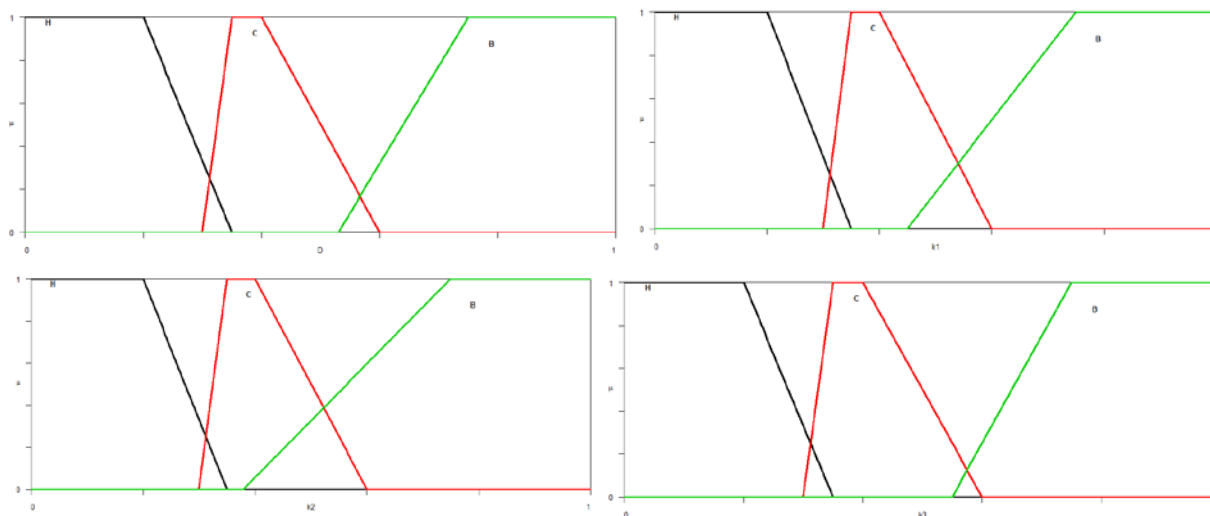


Рис. 1. Функції приналежності для лінгвістичних змінних D, k<sub>1</sub>, k<sub>2</sub>, k<sub>3</sub>

(*min*-кон'юнкції і *max*-диз'юнкції). Ті правила, ступінь істинності умов яких відмінна від нуля, вважаються активними і застосовуються для подальших розрахунків.

Активізація висновків в нечітких правилах продукцій здійснена за методом *min*-активізації, акумуляція висновків – шляхом об'єднання нечітких множин, дефазифікація вихідних змінних – за методом центра ваги [10].

**Висновки.** В роботі розроблені чотири нечіткі системи, для яких були визначені функції приналежності кожної із змінних, побудовані бази знань, налаштовані параметри моделей з метою підвищення точності розрахунків.

Наукова новизна роботи – удосконалений підхід до процесу прийняття рішень в системі кадрової безпеки підприємства за рахунок розробки нечітких баз знань, що дозволить враховувати як кількісні, так і якісні показники.

Практичні цінності полягає в можливості застосування розробленої бази знань, що базується на експертній інформації та статистичних даних, для прийняття рішень в системі кадрової безпеки підприємства.

Перспективою дослідження є розробка автоматизованої нечіткої системи управління кадровою безпекою на підприємстві.

#### Список використаних джерел:

1. Кузнецова Н.В., Кривов М.В. Теоретические подходы к моделированию угроз кадровой безопасности организации / Н.В. Кузнецова, М.В. Кривов // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2014. – № 3(86). – С. 172–179.
2. Герасимова В.Г. К вопросу использования информационно-аналитических технологий в кадровой безопасности / В.Г. Герасимова, М.Р. Меламуд, Ю.Д. Романова // Менеджмент и бизнес-администрирование. – 2015. – № 3. – С. 163–166.
3. Хорев А.И. Управление кадровой безопасностью организации / А.И. Хорев, Е.В. Горковенко, И.В. Платонова // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2014. – № 11-1. – С. 181–184.
4. Сивушков К.В. Отбор персонала и формирование профессионального кадрового ядра как превалирующее направление обеспечения кадровой безопасности организации / К.В. Сивушков, А.П. Стерхов // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2015. – № 6(101). – С. 272–275.
5. Илякова И.Е. Диагностика интеллектуальной и кадровой составляющих экономической безопасности корпорации: угрозы и условия нейтрализации / И.Е. Илякова, О.С. Саушева // Интернет-журнал Науковедение. – 2015. – Т. 7. – № 5(30). – С. 1–16.
6. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / А.В. Леоненков. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 736 с.
7. Семенов С. Оценка качества и технического уровня сложных систем. Практика применения метода экспертных оценок, М.: Ленанд, 2015. – 352 с.
8. Мышкис А.Д. Элементы теории математических моделей / А.Д. Мышкис. – М.: КомКнига, 2007. – 192 с.
9. Gorokhovatskyi V.A. Employment of Intelligent Technologies in Multiparametric Control Systems / V.A. Gorokhovatskyi, A.A. Zamula // Telecommunications and Radio Engineering. – 2016, Vol. 75, No 19. – P. 1775–1785.
10. Демидова Л.А. Принятие решений в условиях неопределенности / Л.А. Демидова, В.В. Кираковский. – М.: Горячая линия-Телеком, 2012. – 288 с.

### НЕЧЕТКИЕ БАЗЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СИСТЕМЕ КАДРОВОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

**Аннотация.** Усовершенствован подход в системе управления кадровой безопасностью предприятия за счет разработки нечетких баз знаний, что позволит учитывать как количественные, так и качественные показатели. Определены функции принадлежности нечетких термов входных и выходных функций принадлежности, настроены параметры с целью повышения точности расчетов. Спроектированы базы знаний в виде системы продукционных правил для дальнейшего их внедрения в динамическую модель принятия решений на основе нечеткой логики. Выбран алгоритм нечеткого логического вывода и формализованы основные его этапы.

**Ключевые слова:** кадровая безопасность, динамическая модель принятия решений, базы знаний, нечеткая логика, функции принадлежности, точность.

### FUZZY DECISION-MAKING BASES IN THE ENTERPRISE PERSONNEL SECURITY SYSTEM

**Summary.** The process of making personnel decisions at the enterprise requires high accuracy and speed, because the efficiency of the company as a whole depends on the efficiency of employees, the matching of their characteristics in the chosen position. Therefore, the issue of personnel security at the enterprise is relevant, namely, the construction of such a management system that would increase the financial efficiency of the organization and at the same time satisfy the needs of the individual employee. This requires the analysis and processing of statistical information, the involvement of experts and the choice of the appropriate method for building a knowledge base for decision-making. Approach in the personnel management system of the enterprise due to the development of fuzzy knowledge bases, which will allow to take into account both quantitative and qualitative indicators, was improved.

**Key words:** personnel security, dynamic decision making model, knowledge base, fuzzy logic, accessory functions, accuracy.