

УДК 378.147: 621.391

В. Є. Козлов, О. О. Новикова

ОПИС ШКАЛ ПЕДАГОГІЧНОЇ КВАЛІМЕТРІЇ МЕТОДАМИ НЕЧІТКОЇ МАТЕМАТИКИ

Розглянуто формалізований опис шкал педагогічної кваліметрії методами нечіткої математики, який може бути використаний у реалізації інформаційних технологій експертного оцінювання.

К л ю ч о в і с л о в а: інформаційні технології, нечітка математика, експертний метод, педагогічна кваліметрія.

Постановка проблеми та аналіз публікацій. Методи нечіткої математики [1; 2; 3] знаходять широке застосування у різних галузях науки і техніки, де використовують експертне оцінювання для виконання завдань, наприклад, професійного відбору. Одним з найбільш поширених понять цього розділу математики є “лінгвістична змінна” (ЛЗ) – набір

$$\langle \beta, T, X, G, M \rangle, \quad (1)$$

де β – найменування змінної; T – множина термів (значень ЛЗ), тобто найменувань нечітких змінних, які задають семантику термів і використовуються для формалізації; X – універсальна множина; G – синтаксичне правило генерації елементів терм-множини T , тобто критерії прийняття рішення щодо відповідності терму одній з нечітких змінних; M – множина функцій належності $\mu(x)$ для кожного з термів ЛЗ, тобто семантичне правило, яке ставить у відповідність кожному терму деяку нечітку змінну на універсальній множині X .

У [4] наведено приклад опису ЛЗ $\beta_{ШХ}$ “Експертна оцінка за шкалою Харрінгтона” і графічні інтерпретації відповідних функцій належності (множини M), що формалізують терми T цієї ЛЗ. Відмічено, що відповідні оцінки експерт виставляє для деякої визначеної ознаки методом приписування балів (із універсальної множини X). Критерії для цього (множина G) не визначені і віддаються на розсуд експерта. Тому фактично лінгвістична змінна $\beta_{ШХ}$ із виразу (1) теж не визначена.

Педагогічна кваліметрія у процесі оцінювання знань, умінь та навичок суб’єктів навчання (СН) оперує шкалами порядку: чотирибальною, десятибальною, дванадцятибальною, рейтинговою, стобальною, ECTS-шкалою. Їх опис, аналогічний виразу (1), у друкованих та електронних джерелах відсутній. Саме це обумовлює **актуальність і мету статті** – формалізувати опис шкал педагогічної кваліметрії методами нечіткої математики.

Виклад основного матеріалу. У роботі [5] розглянуто можливість використання чотирибальної шкали для експертного оцінювання якостей особистості відповідно до професіограми – переліку професійно значимих ознак. Безперечною перевагою цієї шкали є чітко визначені критерії виставлення балів (оцінок визначеної ознаки) як відповідь на запитання типу: “в наявності у кандидата визначена ознака (якість)?”, тобто описані значення G та X із набору (1).

Введемо опис відповідної лінгвістичної змінної $\beta_{ЧШ}$ “Експертна оцінка за чотирибальною шкалою”, аналогічний розглянутому в роботі [5]. У **табл. 1** наведений опис ЛЗ, а на **рис. 1** – графічна інтерпретація функцій належності, які формалізують терми цієї ЛЗ.

У **табл. 2** наведений опис ЛЗ $\beta_{ЧШ1}$ “Експертна оцінка за чотирибальною шкалою”, отриманий з урахуванням припущення, що похибка визначення кожного бала не перевищує ту, яка допускається при окомірному вимірюванні. На **рис. 2** наведені графічні інтерпретації функцій належності, що формалізують терми цієї ЛЗ.

Для чотирибальної шкали в педагогічній кваліметрії чітко й однозначно прописані критерії виставлення відповідних балів як відповіді на запитання: “збігається відповідь суб’єкта навчання з еталонною?”. Так – 5 балів; скоріше так, чим ні – 4 бали; скоріше ні, чим так – 3 бали; ні – 2 бали, тобто описані значення G та X із набору (1).

Таблиця 1

ЛЗ $\beta_{\text{чш}}$ “Експертна оцінка за чотирибальною шкалою”

Терм	Характеристична функція належності	X
$T_2 = \{\text{“незадовільно”}\}$	$\mu_{Q_2}(x) = \begin{cases} 1, \text{ якщо } 2 \leq x < 2,5; \\ 0, \text{ якщо } 2,5 \leq x < 5. \end{cases}$	2
$T_3 = \{\text{“задовільно”}\}$	$\mu_{Q_3}(x) = \begin{cases} 0, \text{ якщо } 2 \leq x < 2,5; \\ 1, \text{ якщо } 2,5 \leq x < 3,5; \\ 0, \text{ якщо } 3,5 \leq x < 5. \end{cases}$	3
$T_4 = \{\text{“добре”}\}$	$\mu_{Q_4}(x) = \begin{cases} 0, \text{ якщо } 2 \leq x < 3,5; \\ 1, \text{ якщо } 3,5 \leq x < 4,5; \\ 0, \text{ якщо } 4,5 \leq x < 5. \end{cases}$	4
$T_5 = \{\text{“відмінно”}\}$	$\mu_{Q_5}(x) = \begin{cases} 1, \text{ якщо } 4,5 \leq x < 5; \\ 0, \text{ якщо } 2 \leq x < 4,5. \end{cases}$	5

Таблиця 2

ЛЗ $\beta_{\text{чш}}$ “Експертна оцінка за чотирибальною шкалою”

Терм	Характеристична функція належності	X
$T_2 = \{\text{“незадовільно”}\}$	$\mu_{Q_2}(x) = \begin{cases} 1, \text{ якщо } 2 \leq x < 2,4; \\ 12,75 - 4,90x, \text{ якщо } 2,4 \leq x < 2,6; \\ 0, \text{ якщо } 2,6 < x \leq 5. \end{cases}$	2
$T_3 = \{\text{“задовільно”}\}$	$\mu_{Q_3}(x) = \begin{cases} 0, \text{ якщо } 2 \leq x < 2,4; \\ 4,90x - 11,75, \text{ якщо } 2,4 < x \leq 2,6; \\ 1, \text{ якщо } 2,6 < x \leq 3,4; \\ 17,65 - 4,90x, \text{ якщо } 3,4 < x < 3,6; \\ 0, \text{ якщо } 3,6 < x \leq 5. \end{cases}$	3
$T_4 = \{\text{“добре”}\}$	$\mu_{Q_4}(x) = \begin{cases} 0, \text{ якщо } 2 \leq x < 3,4; \\ 4,90x - 16,65, \text{ якщо } 3,4 < x \leq 3,6; \\ 1, \text{ якщо } 3,6 < x \leq 4,4; \\ 22,55 - 4,90x, \text{ якщо } 4,4 < x < 4,6; \\ 0, \text{ якщо } 4,6 < x \leq 5. \end{cases}$	4
$T_5 = \{\text{“відмінно”}\}$	$\mu_{Q_5}(x) = \begin{cases} 0, \text{ якщо } 2 \leq x < 4,4; \\ 4,90x - 21,55, \text{ якщо } 4,4 \leq x < 4,6; \\ 1, \text{ якщо } 4,6 < x \leq 5. \end{cases}$	5

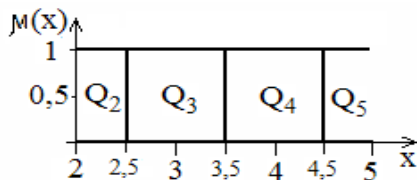


Рис. 1

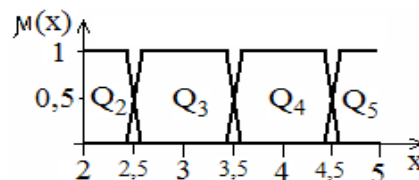


Рис. 2

Аналогічно описана усереднена чотирибальна шкала (див. табл. 3 та рис. 3). Таку шкалу можна застосовувати за таких припущень:

– оцінки кожного з СН усереднюються із залишенням декількох (двох) цифр після коми, що відповідає відомому з метрології методу ноніуса [6]; зауважимо, що середнє арифметичне використовують для шкал порядку у випадку, якщо оцінки подані числовими значеннями в просторі невеликої розмірності (1–3) з максимально можливим збереженням відстаней між точками, а результати отримані для великих обсягів вибірок [7];

ЛЗ $\beta_{учш}$ "Експертна оцінка за національною усередненою шкалою"

Терм	Характеристична функція належності	X
$T_{2-3} = \{\text{"незадовільно-задовільно"}\}$	$\mu_{Q_{2-3}}(x) = \begin{cases} 1 - (x-2) , & \text{якщо } 2 \leq x \leq 3; \\ 0, & \text{якщо } 3 < x \leq 5. \end{cases}$	2,00-3,00
$T_{2-4} = \{\text{"незадовільно-задовільно-добре"}\}$	$\mu_{Q_{2-4}}(x) = \begin{cases} 1 - (x-3) , & \text{якщо } 2 \leq x \leq 4; \\ 0, & \text{якщо } 4 < x \leq 5. \end{cases}$	2,00-4,00
$T_{3-5} = \{\text{"задовільно-добре-відмінно"}\}$	$\mu_{Q_{3-5}}(x) = \begin{cases} 1 - (x-4) , & \text{якщо } 3 \leq x \leq 5; \\ 0, & \text{якщо } x \leq 3. \end{cases}$	3,00-5,00
$T_{4-5} = \{\text{"добре-відмінно"}\}$	$\mu_{Q_{4-5}}(x) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } x \leq 4; \\ 1 - (x-5) , & \text{якщо } 4 < x \leq 5. \end{cases}$	4,00-5,00

– отримані значення оцінок неперервні в обмеженому діапазоні, і як характеристику серединного положення можна використовувати також медіану, яка існує тільки для неперервних випадкових величин [8]; у такому випадку можливо, не змінюючи критеріїв прийняття рішень, використовувати оцінки типу 2^+ або 4^- , які при обробленні замінюють на оцінки 2,33 або 3,66 відповідно.

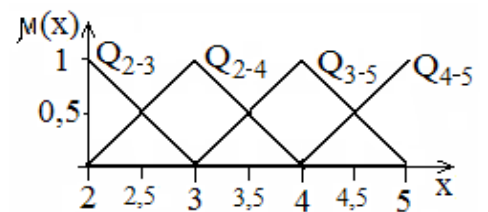


Рис. 3

Опис десятибальної та дванадцятибальної шкал методами нечіткої математики неможливий через те, що критерії виставлення відповідних балів (множини G) взагалі не визначені. Тому фактично лінгвістичні змінні за набором (1) теж не визначаються.

Вимога застосування стобальної рейтингової шкали (РШ) та зв'язаної з нею ECTS-шкали в практиці вищої школи передбачає, поза сумнівом, наявність їх опису методами нечіткої математики.

З погляду на графічні інтерпретації функцій належності, що формалізують терми цих ЛЗ аналогічно до $\beta_{чш}$ і $\beta_{шл}$ (рис. 4 та 5), такий опис ускладнений з двох причин:

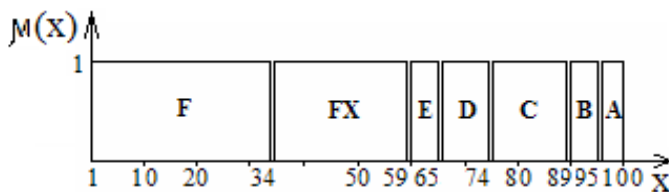


Рис. 4

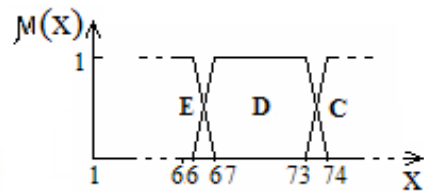


Рис. 5

1) між всіма оцінками РШ пропущено по одному балу (рис. 4), що для шкал порядку неприпустимо, проте, цей недолік нескладно усунути (фрагмент на рис. 5);

2) критерії виставлення відповідних балів визначені для інтервалів (1 – 35, 35 – 60, ..., 96 – 100) і віддаються на розсуд експерта, тому фактично лінгвістичні змінні за набором (1) теж не визначаються.

За ймовірно-інформаційним підходом [9; 10] оцінка для будь-якої L-бальної шкали визначається як

$$Q_L = N_n + \log_2[-2^N / ((2^N - 1)q - 2^N)], \quad (2)$$

де N_n – початкова відмітка шкали; $N = N_k - N_n$ – довжина шкали; N_k – кінцева відмітка шкали; $q = 0 \dots 1$ – частка повернутої суб'єктом навчання при оцінюванні (опитуванні, тестуванні тощо) інформації.

Оцінка для чотирибальної шкали:

$$Q_4 = 2 + \log_2[-8 / (7q - 8)]. \quad (3)$$

За формулою (3) отримано номограму (див. рис. 6), що зв'язує результати оцінювання знань суб'єктів навчання за усередненою чотирибальною, рейтинговою стобальною та ECTS шкалами.

	F				FX		E	D	C	B
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	2,00	2,13	2,28	2,44	2,62	2,83	3,07	3,37	3,74	4,23
1	2,01	2,15	2,29	2,46	2,64	2,85	3,10	3,40	3,78	4,30
2	2,03	2,16	2,31	2,47	2,66	2,88	3,13	3,43	3,82	4,36
3	2,04	2,17	2,32	2,49	2,68	2,90	3,16	3,47	3,87	4,42
4	2,05	2,19	2,34	2,51	2,70	2,92	3,18	3,50	3,92	4,49
5	2,06	2,20	2,36	2,53	2,72	2,95	3,21	3,54	3,96	4,57
6	2,08	2,22	2,37	2,55	2,74	2,97	3,24	3,58	4,01	4,64
7	2,09	2,23	2,39	2,56	2,76	3,00	3,27	3,62	4,07	4,72
8	2,10	2,25	2,41	2,58	2,79	3,02	3,30	3,66	4,12	4,81
9	2,12	2,26	2,42	2,60	2,81	3,05	3,34	3,70	4,18	4,90
	F				FX	E	D	C	B	A

Рис. 6

Зв'язок усередненої чотирибальної шкали з десятибальною та дванадцятибальною шкалами наведений у [10].

Висновки

Наявність опису лінгвістичних змінних для чотирибальної $\beta_{чш}$ та усередненої чотирибальної $\beta_{уцш}$ шкал методами нечіткої математики дозволяє використовувати методи оброблення нечітких змінних для отримання чітких значень оцінок суб'єктів навчання або інших суб'єктів експертного оцінювання.

Можливість зіставлення оцінок, отриманих за різними шкалами, з чотирибальними дає змогу використовувати чотирибальні шкали для оцінювання різних складників якостей особистості кандидатів, таких як психофізіологічні, фізичні, інтелектуальні тощо у професійному відборі.

Формалізований опис шкал педагогічної кваліметрії методами нечіткої математики може бути використаний у реалізації інформаційних технологій експертного оцінювання в будь-якій галузі.

Список використаних джерел

1. Борисов, А. Н. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений [Текст] / А. Н. Борисов, А. В. Алексеев, Г. В. Меркурьев. – М. : Радио и связь, 1989. – 304 с.
2. Пегат, А. Нечеткое моделирование и управление [Текст] : пер. с англ. / А. Пегат. – М. : БИНОМ, 2009. – 798 с.
3. Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий [Текст] / Т. Саати. – М. : Радио и связь, 1989. – 316 с.
4. Горелишев, С. А. Теоретико-множинний метод професійного відбору [Текст] / С. А. Горелишев, О. Ю. Іохов, О. О. Новикова // Системи обробки інформації. – 2011. – Вип. 2(92). – С. 188–190.
5. Козлов, В. Є. Методика рейтингового оцінювання для експертного застосування [Текст] / В. Є. Козлов, В. Т. Оленченко, І. О. Юзьков // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2009. – Вип. 4 (12). – С. 69–74.
6. Шишкин, И. Ф. Метрология, стандартизация и управление качеством [Текст] / И. Ф. Шишкин. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 343 с.
7. Орлов, А. И. Эконометрика [Текст] / А. И. Орлов. – М. : Экзамен, 2002. – 442 с.
8. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей [Текст] / Е. С. Вентцель. – М. : Высш. шк., 1998. – 576 с.
9. Белокурський, Ю. П. Рейтингове оцінювання – імовірно-інформаційний підхід [Текст] / Ю. П. Белокурський, В. Є. Козлов, І. О. Юзьков // зб. тез доповідей наук.-практ. конф., 17–18 берез. 2009 р. – Х. : Акад. ВВ МВС України, 2009. – С. 40.
10. Козлов, В. Є. Модель подання оцінних функцій викладача [Текст] / В. Є. Козлов, В. Т. Оленченко, І. О. Юзьков // Системи обробки інформації. – 2009. – Вип. 6 (80). – С. 233–236.

Стаття надійшла до редакції 19.02.2013 р.