

Василевич Л.Ф. Юртин І.І.

Кількісна оцінка компетентності як нечіткої множини

У роботі застосовується означення компетентності як нечіткої дискретної множини, елементами якої виступають необхідні компетенції. Запропонована методика кількісній оцінки компетентності на основі індексу розбіжності дискретних нечітких множин, які задані на одному універсаму. Для прийняття відповідних рішень на основі кількісної оцінки компетентності застосовується лінгвістична змінна «Коефіцієнт компетентності».

Вступ.

Аналіз тенденцій розвитку освіти у світі показує [1,2] зростання тенденції компетентнісно орієнтованої освіти. При цьому компетентність, яка визначається не тільки знаннями, вміннями та навичками, але і значно більшою кількістю факторів (показників), становиться важливішою категорією як в системі освіти, так і на ринку праці. Компетентність включає і уміння добувати, аналізувати, переробляти інформацію; навчатися в упродовж життя; змінюватися відповідно вимогам ринка праці [1].

Таким чином кількісна оцінка компетентності, яка необхідна для прийняття відповідних рішень, є багатокритеріальною задачею, тому потребує отримання інтегральної оцінки компетентності. Оскільки не існує методики рішення цієї задачі, то це і визначає актуальність роботи, у якій на основі нового означення компетентності як нечіткої дискретної множини, значеннями якої виступають необхідні компетенції, і визначається інтегральний показник - коефіцієнт компетентності особи.

Аналіз публікацій. В роботі [1] розглянута концепція ключових компетентностей (key competencies) та аналізуються три ключові компетентності, які визначені представниками Організації економічного співробітництва та розвитку (ОЕСД): автономна діяльність; інтерактивне використання засобів; вміння працювати в соціально гетерогенних групах. Федеральний статистичний департамент Швейцарії та Національний центр освітньої статистики США та Канади в рамках програми «Визначення та відбір компетентностей: теоретичні та концептуальні засади («DeSeCo»))» узагальнили відповідні наукові результати та досвід різних країн. В роботі [2]

приведено огляд робіт за даній тематики. Але в всіх цих роботах застосується тільки якісній підхід к даній проблематики і відсутні методики кількісній оцінки компетентності.

Метою даної роботи є розробка методики кількісної оцінки компетентності на основі її означення у вигляді нечіткої дискретної множини [3], елементами якої виступають необхідні компетенції. На основі цього означення потрібно для прийняття відповідних рішень визначати інтегральну характеристику компетентності.

Основні результати. В публікаціях ЮНЕСКО компетентність визначається як поєднання знань, умінь, цінностей та ставлень, застосованих у повсякденні. Таким чином, якісно під компетентністю особи слід розуміти її здатність ефективно виконувати посадові обов'язки або деякі функції. Але це визначення не дає можливість кількісно оцінити компетентність експерта. Тому запропоновано застосовувати наступне означення компетентності особи.

Означення 1. Компетентність особи – це кінцева дискретна нечітка множина, елементами якої виступають компетенції, які необхідні для посади, або функції на відповідній посаді. Функції належності елементів множини характеризують степінь притаманності цієї компетенції особі.

Означення 2. Компетенції – необхідні властивості, характеристики, здібності, якості, знання, уміння, навички особи та інше, які потрібні для ефективного виконання обов'язків або функцій на відповідній посаді.

Таким чином, спочатку на дискретній множині компетенцій $Y = \{y_j : j = \overline{1, m}\}$ визначаються функції належності $\mu_D(y_i) \in [0; 1]$ нечіткої множини D «Вимоги, які необхідні для ефективного виконання обов'язків або функцій на конкретній посаді». Ці функції належності характеризують достовірність, пріоритетність, важливість відповідній компетенції для конкретної посади або функції.

Далі будемо застосовувати запис дискретної нечіткої множини D у вигляді[3]:

$$D = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|} \hline y & y_1 & y_2 & y_3 & \dots & y_n \\ \hline \mu_D(y) & \mu_D(y_1) & \mu_D(y_2) & \mu_D(y_3) & \dots & \mu_D(y_n) \\ \hline \end{array}$$

або $D = \langle (y_1 / \mu_D(y_1)); (y_2 / \mu_D(y_2)); (y_3 / \mu_D(y_3)); \dots (y_n / \mu_D(y_n)) \rangle$.

Для кожної посади множина компетенцій і відповідні функції належності будуть різні. При завданні множини Y потрібно застосовувати принцип Парето, суть якого полягає в тому, що 20% факторів визначають

80% результату. Практично реалізація цього принципу буде полягати в тому, що компетенції з функціями належності, меншими ніж 0,5, не будуть включатися в множину D . Задання множини компетенцій та відповідних функцій належності відноситься до задачі визначення знань за допомогою експертів і потребує створення відповідних анкет.

Задамо, наприклад, інформаційну компетентність вчителя інформатики у вигляді наступної нечіткої множини D :

y	y_1	y_2	y_3	y_4
$\mu_D(y)$	1	0,9	0,7	0,8

де компетенція y_1 – уміння працювати в середовищі Word; y_2 – уміння працювати в середовищі Excel; y_3 – уміння працювати в середовищі Excess; y_4 – знання спеціальних програм (наприклад, розв’язування задач оптимізації).

Для кількісної оцінки компетентності конкретного вчителя потрібно оцінити його компетенції y_i . Для цього застосовується тестування, співбесіди, іспити, контроль відповідних занять та інші способи. Оцінки компетенцій (їх знаходження функції належності) зводяться до шкали від 0 до 1. Цей процес називається фазифікацією. Таким чином, для кожного суб’єкта (вчителя) визначається у вигляді нечіткої множини його особистий нечіткий вектор компетенцій A , який і визначає його компетентність. Для визначення $\mu_A(y_i)$ може застосовуватися група експертів, які після вивчення суб’єкта відповідають на питання: «Чи притаманна компетенція y_i відповідному суб’єкту?». Коли на це питання експерт L_d відповідає задовільно із L експертів, то

$$\mu_A(y_i) = \frac{L_d}{L}. \quad (1)$$

Оскільки на це питання, як правило, не існує однозначної відповіді, то експерти можуть застосовувати не тільки бінарну логіку ($\mu_{A\gamma}(y_i)$ дорівнює або 0, або 1, де γ - номер експерта), але і нечітку (багатозначну шкалу істинності). При цьому указують значення $\mu_{A\gamma}(y_i) \in [0; 1]$ (суб’єктивна оцінка). Коли кількість експертів дорівнює L , то в якості $\mu_A(y_i)$ береться зважене середньоарифметичне значення цих оцінок:

$$\mu_A(y_i) = \frac{\sum_{\gamma=1}^L k_{\gamma} \mu_{A\gamma}(y_i)}{\sum_{\gamma=1}^L k_{\gamma}}, \quad (2)$$

де k_{γ} – коефіцієнт компетентності γ -го експерта.

Для кількісного порівняння компетентностей різних суб'єктів потрібно спочатку попарно порівняти між собою кінцеві дискретні нечіткі множини D «Вимоги, які необхідні для ефективного виконання обов'язків або функцій на конкретній посаді» та A_j «компетентність j -го суб'єкта», які задані на одному універсумі Y .

Для попарного порівняння цих кінцевих дискретних нечітких множин можна застосовувати оцінку $P(D, A_j)$ розбіжності D і A_j , яка зводиться к оцінки перетину $\overline{D} \cap A_j$ або $D \cap \overline{A_j}$ [3]:

$$P(D, A_j) = \frac{|\overline{D} \cap A_j| - |\overline{D}|}{|D|}, \quad (3)$$

де знак $|\cdot|$ означає скалярну потужність будь якої нечіткої дискретної множини B [3]:

$$|B| = \sum_{x \in X} \mu_B(x); \quad (4)$$

операція \overline{B} доповнення нечіткої множини B визначається функцією належності [3]

$$\mu_{\overline{B}}(y) = 1 - \mu_B(y), \quad \forall y \in Y; \quad (5)$$

операція об'єднання двох нечітких множин ($C = B \cup K$) має функцію належності [3]

$$\mu_C(y) = \max(\mu_B(y); \mu_K(y)), \quad \forall y \in Y. \quad (6)$$

При цьому $P(D, A_j)$, як правило, не дорівнює $P(A_j, D)$. Ця властивість і застосовується для порівняння нечітких множин, які задані на одному універсумі: коли $P(D, A_j) > P(A_j, D)$, тоді нечітка множина $D < A_j$ і навпаки.

Для того щоб компетенції особи, які мають значення деяких функцій належності більшу, ніж значення функцій належності відповідних компетенцій в множині D , не компенсували малі значення функцій належності множини A_j , потрібно здійснити нормалізацію множини A_j : значення функцій належності множини A_j , які перевищують відповідні значення в множині D , потрібно прирівняти до значень відповідних функцій належності множини D . Таким чином, в формулу (3) потрібно підставляти нормовану нечітку множину A_{jn} .

Здійснимо порівняння компетентностей двох суб'єктів. Нехай компетентність одного суб'єкта визначається нечіткою множиною $A_1 = \langle (y_1/0,6); (y_2/0,9); (y_3/0,7); (y_4/0,9) \rangle$, а компетентність іншого – $A_2 = \langle (y_1/0,8); (y_2/1); (y_3/0,5); (y_4/0,9) \rangle$.

Після нормалізації маємо:

$$A_{1н} = A_1 = \langle (y_1/0,6); (y_2/0,9); (y_3/0,7); (y_4/0,9) \rangle;$$
$$A_{2н} = \langle (y_1/0,8); (y_2/0,9); (y_3/0,5); (y_4/0,8) \rangle.$$

Оцінка розбіжності $P(D, A_1)$ дорівнює (3):

$$P(D, A_1) = \frac{0,6 + 0,9 + 0,7 + 0,9 - 0,6}{1 + 0,9 + 0,7 + 0,9} \approx 0,735.$$

Оцінка розбіжності $P(A_1, D)$ дорівнює:

$$P(A_1, D) = \frac{1 + 0,9 + 0,7 + 0,8 - 0,9}{0,6 + 0,9 + 0,7 + 0,9} \approx 0,806.$$

Коефіцієнт компетентності K пропонується знаходити як нормовану оцінку розбіжностей:

$$K = \frac{\min(P(A, D); P(D, A))}{P(A, D)} \quad (7)$$

Цей коефіцієнт завжди належить інтервалу $[0; 1]$. Якщо $P(A, D) > P(D, A)$, то $K < 1$, а якщо $P(A, D) < P(D, A)$, то $K = 1$.

Підставивши знайдені оцінки у формулу (7), отримаємо:

$$K = \frac{\min(0,806; 0,735)}{0,806} \approx 0,912.$$

Підрахунок коефіцієнта компетентності K для другого суб'єкта дасть наступні значення:

$$P(D, A_2) = \frac{3,2 - 0,6}{3,4} \approx 0,765, \quad P(A_2, D) = \frac{3,4 - 0,8}{3,2} \approx 0,813$$
$$K = \frac{\min(P(A, D); P(D, A))}{P(A, D)} = \frac{\min(0,813; 0,765)}{0,813} \approx 0,941.$$

Таким чином можна зробити висновок, що компетентність другої особи вища за компетентність першої.

Для того, щоб по величині коефіцієнта компетентності визначити рівень компетентності особи, необхідно задати – лінгвістичну змінну (ЛЗ) [3] «Коефіцієнт компетентності особи», яку визначимо кортежем $\langle E, E_j, j = \overline{1,5}; \mu_{E_j}(x) \in [0; 1]; x \in [0; 1] \rangle$.

Термами ЛЗ «Компетентність» можуть бути: E_1 – дуже низка компетентність; E_2 – низка компетентність; E_3 – середня компетентність; E_4 – висока компетентність; E_5 – дуже висока компетентність.

Використовуючи трапецієвидні функції належності термів та ураховуючи шкалу Харінгтона, ЛЗ «Компетентність» можна задати наступним чином:

$$E_1 = \langle 0 : 0 : 0.1 : 0.2 \rangle; E_2 = \langle 0.1 : 0.2 : 0.3 : 0.4 \rangle; E_3 = \langle 0.3 : 0.4 : 0.6 : 0.7 \rangle;$$

$$E_4 = \langle 0.6 : 0.7 : 0.8 : 0.9 \rangle; E_5 = \langle 0.8 : 0.9 : 1 : 1 \rangle.$$

Трапецієвидні функції належності термів можуть визначатися експертами за допомогою чотирьох чисел $\langle a : b : c : d \rangle$, які визначають кожний терм. Нехай оцінка E_j терму i -им експертом дорівнює $\hat{E}_{ij} = \langle a_{ij}; b_{ij}; c_{ij}; d_{ij} \rangle$, тоді у якості функції належності E_j терму береться нечітка величина

$$E_j = \left\langle \frac{1}{L} \sum_{i=1}^L a_{ij}; \frac{1}{L} \sum_{i=1}^L b_{ij}; \frac{1}{L} \sum_{i=1}^L c_{ij}; \frac{1}{L} \sum_{i=1}^L d_{ij} \right\rangle. \quad (8)$$

Для більш адекватного завдання термів може бути застосовані метод Дельфі.

Задання бокових гілок функцій належності відрізками прямих ліній не знижує загальності оцінки компетентності осіб, але суттєво спрощує математичні операції над нечіткими величинами [4]. При цьому ліва та права гілки лінійної функції належності мають аналітичний вид відповідно:

$$\mu_L(x) = \frac{x - a}{b - a}; x \in [a; b], \quad (9)$$

$$\mu_R(x) = \frac{d - x}{d - c}; x \in [c; d]. \quad (10)$$

Для приведенного прикладу маємо, що коефіцієнт компетентності $K_1=0,912$ відноситься до терму E_5 (дуже висока компетентність) з функцією належності (достовірністю) одиниця, а коефіцієнт компетентності $K_2=0,88$ відноситься до терму E_4 (висока компетентність) з функцією належності 0,2 і до терму E_5 з функцією належності 0,8.

Алгоритм оцінки компетентності особи складається із шести етапів: підготовчого (1-4) та робочого (5,6).

1. Задання множини компетенцій $Y = \{y_j : j = \overline{1, m}\}$ для посади або функцій.
2. Визначення функцій належності компетенцій (Задання нечіткої множини D) Застосовуються формули (1);(2).
3. Визначення нечіткої множини A_i – «Компетентність особи».
4. Визначення ЛЗ «Компетентність особи»: $\langle E, E_j, j = \overline{1, 5}; \mu_{E_j}(x) \in [0; 1]; x \in [0; 1] \rangle$
5. Розрахунок коефіцієнта компетентності особи.

Розрахунок функцій належності коефіцієнта компетентності особи до відповідних термів ЛЗ «Компетентність особи» (формули (9) та (10).

На підготовчому етапі застосовуються експерти, які визначають поняття «Компетентність» як дискретну нечітку величину, значеннями якої виступають компетенції необхідні для конкретної посади або для виконання конкретних функцій.

Пункт 3 потребує створення відповідних методик, тестів, задач та завдань, які дозволять оцінити різні компетенції особи (знайти функції належності кожної компетенції).

На етапі отримання кількісної оцінки компетентності особи виконуються пункти 5; 6.

Для задання нечіткої множини A апріорних характеристик експерта можуть застосовуватися анкетні дані експерта, його тестування, співбесіди.

Розглянута методика оцінки компетентності, в основі якої лежить застосування нечітких множин та лінгвістичної змінної, дозволяє подолати такі проблеми як перехід від існуючих якісних означень компетентності до її кількісної оцінки, багатокритеріальність задачі оцінки компетентності; неможливість кількісно вимірювати окремі часткові показники компетентності; неможливість проведення реальних експериментів для оцінки компетентності різних осіб.

Висновки

1. Наведене означення компетентності особи як нечіткої дискретної множини, значеннями якої виступають необхідні компетенції. Застосування такого означення компетентності дає можливість кількісно оцінити компетентність осіб та їх порівняти.

2. Запропонована методика кількісної оцінки компетентності особи.

3. Запропоновано кількісно оцінювати компетентність осіб на основі коефіцієнту розбіжності кінцевих дискретних нечітких множин D «Вимоги, які необхідні для ефективного виконання обов'язків або функцій на конкретній посаді»

4. Запропоновано коефіцієнт компетентності експерта задавати у вигляді лінгвістичної змінної «Компетентність».

5. Приведено алгоритм оцінки компетентності експерта.

Список використаних джерел

1. Key Competencies: A Developing Concept in General Compulsory Education. – EURYDICE. The Information Network on Education in Europe, 2002. - 224р.
2. Сисоева С.О. Освіта і особистість в умовах постіндустріального світу: Монографія.- Хмельницький: ХГПА, 2008.- 324 с.
3. Поспелов Б.А. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / Под ред. Б.А. Поспелова. – М. : Наука. - 1986. – 32 с.
4. Василевич Л,Ф., Маловик К.Н., Смирнов С.Б. Количественные методы принятия решений в условиях риска: Учеб. Пособие. – Севастополь: СНУЯЭиП, 2007. – 229 с.