ЕКОНОМІКА, ПРАВО ТА КЕРУВАННЯ В ІНЖЕНЕРНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ

УДК 519.816

Василевич Л.Ф.,
Маловік К.М.

ОЦІНКА КОМПЕТЕНТНОСТІ ЕКСПЕРТІВ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОГО ВІДНОШЕННЯ ПЕРЕВАГИ

У роботі дане означення компетентності експертів як нечіткої дискретної величини, значеннями якої виступають необхідні компетенції експертів. Запропонована методика кількісній оцінки компетентності експертів на основі нечіткого відношення переваги.
Приводиться застосування двох алгоритмів виводу: на основі максимінної та мультиплікативної згорток функцій належності, а також алгоритму, у якому враховується ризик, який приймає на себе особа, що використовує коефіцієнти компетентності експертів.
Порівняння оцінок компетентності різних експертів проводиться на основі коефіцієнту подібності дискретних нечітких величин. Запропоновано коефіцієнт компетентності експерта задавати у вигляді лінгвістичної змінної «Компетентність експерта».

Ключові слова: *переваги, комплексність експериментів, компетентість експерта, коефіцієнт конкордації.*

Вступ

Обрання експертів – це найважніша та найскладніша задача при отриманні експертних оцінок. При рішенні цієї задачі потрібноураховувати степінь компетентності експертів. Але кількісної характеристики « Компетентність експерта» не існує, а при проведенні унікальних експертиз не має і відповідних результатів оцінки роботи експертів. Застосування методів самооцінювання та взаємного оцінювання компетентності експертів має багато недоліків, яки пов'язані з необ'єктивністю відповідних оцінок.

Це і визначає актуальність роботи, у якої дане нове означення компетентності експертів як нечіткої дискретної величини, значеннями якої виступають необхідні компетенції експертів. На основі цього означення визначається коефіцієнт компетентності експерта.

Аналіз публікацій

Проблеми експертного оцінювання на якісному рівні розглядуються в [7]. В якості кількісної оцінки коефіцієнта компетентності K_γ γ-го експерта в роботі [6] пропонується застосовувати коефіцієнт конкордації:

$$K_\gamma = \frac{\sigma_\gamma^2}{\sigma_{\max}^2} = \frac{12 \times S}{L^2 \times (m^3 - m)},$$

де σ^2_γ - дисперсія оцінок γ-ого експерта: $\sigma^2_{\max}$ – максимальне значення дисперсії оцінок всіх експертів; S –сума квадратів відхилень всіх оцінок кожного об'єкта експертизи γ-им експертом від їх середнє арифметичного; m – кількість об'єктів експертизи; L – кількість експертів.

Але, як правило, статистика оцінок експертами не є репрезентативною, тому кращим математичним апаратом для урахування невизначеності цієї задачі є апарат теорії нечітких множин [1,2,3], який і застосовується в роботі.

Мета

Розробка методики кількісної оцінки компетентності експерта на основі її означення у вигляді нечіткої дискретної величини [1], значеннями якої виступають необхідні компетенції експертів, і застосування нечіткого відношення переваги [1,2].

На основі цього означення визначається коефіцієнт компетентності експерта як скалярна потужність нечіткої величини, яка потім задається у вигляді лінгвістичної змінної «Компетентність експерта».

Основні результати

Компетентність експерта – це його здатність ефективно виконувати обов'язки експерта при оцінки характеристик конкретних об'єктів дослідження. Але це визначення не дає можливість кількостне оцінити компетентність експерта. Тому запропоновано застосовувати наступне означення компетентності експерта.

Означення 1. Компетентність експерта – це дискретна нечітка ~~величина~~ множина, значеннями якої виступають компетенції необхідні для оцінки характеристик конкретного об'єкта дослідження.

Означення 2. Компетенції – властивості, характеристики, здібності, експерта (знання, освіта, посада, дослід роботи у відповідній сфери, кількість наукових праць у відповідній галузі науки та техніки, аналітичний склад розуму, креативність та інші), яки подрібни для ефективного виконання обов'язків експерта у відповідній галузі науки та техніки, при оцінки характеристик конкретних об'єктів дослідження.

Таким чином, на дискретної множині компетенцій $Y = \{y_j : j = \overline{1,m}\}$ визначаються функції належності $\mu_D(y_i) \in [0;1]$ нечіткої множини D «Компетентність експерта», яки характеризують пріоритетність (важливість) відповідній компетенції для конкретній задачі експертній оцінки.

Далі будемо застосовувати запис дискретної нечіткої множини D у вигляді:

$D =$

y	y_1	y_2	y_3	...	y_m
$\mu_D(y)$	$\mu_D(y_1)$	$\mu_D(y_2)$	$\mu_D(y_3)$	...	$\mu_D(x_m)$

, або

$$D = \langle (y_1 / \mu_D(y_1)); \quad (y_2 / \mu_D(y_2)); \ \ldots, (y_n / \mu_D(y_n)) \rangle .$$

Для кожної задачі експертної оцінки множина компетенцій і відповідні функції належності будуть різні. При завданні множини Y потрібно застосовувати принцип Парето: 20% факторів визначають 80% результату. Завдання множини компетенцій та відповідних функцій належності відноситься к задачі отримання знань за допомогою експертів.

Наприклад, нехай потрібно отримати експертну оцінку часу наробітки приладу на відказ. Експерти повинні мати наступні компетенції: y_1 – дослід роботи з відповідним приладом (мати дослід роботи на відповідних посадах); y_2 – наявність освіти та наукового рівеня в відповідній галузі науки та техніки; y_3 –дослід роботи експертом в відповідній галузі науки та техніки. Тоді «Компетентність експерта» потрібно знайти у вигляді нечіткої множини:

Таблиця 1

«Компетентність експерта» у вигляді нечіткої множини

y	y_1	y_2	y_3
$\mu_D(y)$	0.7	0,9	0,8

Для кількісній оцінки компетентності конкретного експерта в задачі дослідження об'єкта потрібно задати кінцеву множину необхідних характеристик експерта X, а також нечітке відношення R, яке є кінцевою нечіткою підмножиною декартового добутку універсумов $X^T * Y$, елементи якої $\mu_R(x_i,y_j)$ з'являються значеннями функцією належності (ФН) [1]. Індекс Т означає операцію транспонування вектора – рядка.

Множина характеристик експерта $X = \{x_i : i = \overline{1,n}\}$ може включати в себе тільки компетенції, але може бути і більш розширеною множиною.

Наприклад, вона може складатися з таких елементів: x_1 – знання експерта у потрібній галузі науки та техніки; x_2 - дослід роботи; x_3 - освіта та науковий рівень в відповідній галузі науки та техніки; x_4 - дослід роботи експертом у відповідній галузі науки та техніки; x_5 – креативність та інші.

Нечітке відношення найбільш зручно задавати у вигляді матриці R нечіткого відношення [2,4]. Коли характеристика x_i співпадає з компетенцією y_j, тоді $\mu_R(x_i,y_i)=1$ (умова рефлективності). Значення $\mu_R(x_i,y_j) \in [0;1]$ інтерпретуються в цьому випадку як степінь притаманності характеристики експерта x_i компетенції y_i, або степіні кореляції характеристики x_i з компетенцією y_i.

Для визначення $\mu_R(x_i,y_j)$ можуть застосовуватися або статистична оцінка відповідних коефіцієнтів кореляції, або різні методи експертних завдань значень функції належності $\mu_R(x_i,y_j)$.

В прямих методах фазіфікації експерти задають для кожної комбінації (x_i, y_j) , $i=\overline{1,n};\ j=\overline{1,m}$ значення ФН $\mu_{R\gamma}(x_i, y_j) \in [0;1]$, де γ – номер експерта. В якості $\mu_R(x_i, y_j)$ береться зважене середнеарифметичне:

$$\mu_R(x_i;y_j)=\frac{\sum\limits_{\gamma} K_\gamma \mu_{R\gamma}(x_i;y_j)}{\sum\limits_{\gamma=1}^{L} K_\gamma} \tag{1}$$

де K_γ – коефіцієнт компетентності γ-го експерта.

Для кожного експерта визначається у вигляді нечіткої величини його особистий вектор характеристик А. В прямих методах визначення $\mu_A(x_i)$ фазіфікації експерт або група експертів відповідають на питання: «Чи притаманна характеристика x_i відповідному майбутнєму експерту?». Коли на питання про достовірність того, характеристика x_i відповідає експерту, $L_д$ із L експертів відповідає задовільно, тоді

$$\mu_A(x_i)=\frac{L_D}{L} \tag{2}$$

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

$$\mu_A(x_i)=\frac{\sum\limits_{\gamma} k_\gamma \mu_{A\gamma}(x_i)}{\sum\limits_{\gamma=1}^{L} k_\gamma} \tag{3}$$

де k_γ – коефіцієнт компетентності γ-го експерта. Постільку для завдання нечіткої множини А «Характеристики експерта» застосовуються інші експерти, чим для майбутній оцінки об'єкта дослідження, тому в цьому випадку вважається однакова компетентність експертів ($k_\gamma=1;\ \forall\gamma\in$ L).

Після завдання нечіткої множини А «Характеристики експерта» та нечіткого відношення у вигляді матриці R з елементами $\mu_R(x_i, y_j)$ знаходиться образ D нечіткої множини А за нечітким відношенням переваги за формулою [2]:

$$\mu_D(y)=\max_{x\in X}\left\{\min_{y\in Y}(\mu_A(x),\mu_R(x,y))\right\},\ \forall(x_i,y_j)\in X^T * Y \tag{4}$$

Таким чином, в основі визначення нечіткого відношення переваги для різних управлінських рішень буде лежати максімінная композиція функцій належності $\mu_A(x)$ і $\mu_R(x,y)$, яка лежить і в основі теорії антагоністичних ігор, а також критерію Вальда в задачі прийняття рішень за умов невизначеності середовища [5].

Розглянемо наступний ілюстративний приклад. Нехай нечітка множина А апріорних характеристик експерта визначається вектор – строчкою функцій належності: А = ⟨ $(x_1/0{,}9)$; $(x_2/0{,}7)$; $(x_3/0{,}6)$; $(x_4/0{,}8)$⟩ , а нечітке бінарне відношення R має ФН $\mu_R(x_i, y_j)$, яка задана наступною матрицею:

$$\mu_R(x_i,y_j)=\begin{array}{ccccc} x_i\setminus y_j & y_1 & y_2 & y_3 & y_4 \\ x_1 & 1 & 0{,}9 & 0{,}8 & 0.7 \\ x_2 & 0{,}9 & 1 & 0{,}9 & 0.4 \\ x_3 & 0{,}8 & 0.9 & 1 & 0.6 \\ x_4 & 0{,}7 & 0{,}4 & 0{,}6 & 1 \end{array}$$

Потрібно знайти образ D нечіткої множини А , який відображається нечітким відношенням R.

Відповідно максімінної композиції (3) спочатку береться операція мінімуму для всіх попарно взятих елементів вектор - строки $\mu_A(x)$ і елементів стовбцю $\mu_R(x_i, x_j)$, а потім для отриманих результатів береться операція максимуму:

$$\mu_D(y_1)=\max\min\left(|0,9;\,0,7;\,0,6;\,0,8|\otimes\begin{vmatrix}0,9\\0,8\\0,7\\0,6\end{vmatrix}\right)=\max\left(|0,9;\,0,7;\,0,6;\,0,6|\right)=0,9\,;$$

$$\mu_D(y_2)=\max\min\left(|0,9;\,0,7;\,0,6;\,0,8|\otimes\begin{vmatrix}0,9\\1\\0,9\\0,4\end{vmatrix}\right)=\max\left(|0,9;\,0,7;\,0,6;\,0,4|\right)=0,9\,;$$

$$\mu_D(y_3)=\max\min\left(|0,9;\,0,7;\,0,6;\,0,8|\otimes\begin{vmatrix}0,8\\0,9\\1\\0,6\end{vmatrix}\right)=\max\left(0,8;\,0,7;\,0,6\;0,6\right)=0,8\,,$$

$$\mu_D(y_4)=\max\min\left(|0,9;\,0,7;\,0,6;\,0,8|\otimes\begin{vmatrix}0,7\\0,4\\0,6\\1\end{vmatrix}\right)=\max\left(0,7;\,0,4;\,0,6\;0,8\right)=0,8\,,$$

де знак $\otimes$ означає деяку попарну операцію між відповідними елементами вектор – рядка і вектор – стовпчика.

Таким чином, $D_1 = \langle\, (y_1/0,9);\ (y_2/0,9);\ (y_3/0,8);\ (y_4/0,8)\rangle$. Це означає, що для цього експерта більш притаманними є компетентності y_1 та y_2.

Можлива і альтернативна операція нечіткого відношення переваги, наприклад, при якої береться композиція max- добуток (*)[2]:

$$\mu_D(y)=\max_{x\in X}\left\{\left(\mu_A(x)*\mu_R(x,y)\right)\right\},\ \forall(x_i,y_j)\in X^T*Y. \qquad (5)$$

Відповідно (5) із попарно взятих елементів вектор – строки $\mu_A(x)$ і елементів стовпчиків матриці $\mu_R(x_i,y_j)$ спочатку вибирається не мінімальне значення, а знаходиться їх добуток, а потім із отриманих чисел вибирається максимальне.

Для прикладу, який розглядується, в випадку альтернативної операції нечіткого відношення переваги маємо:

$$\mu_D(y_1)=\max\left(|0,9;\,0,7;\,0,6;\,0,8|*\begin{vmatrix}0,9\\0,8\\0,7\\0,6\end{vmatrix}\right)=\max\left(|0,81;\,0,56;\,0,42;\,0,48|\right)=0,81\,;$$

$$\mu_D(y_2)=\max\left(|0,9;\,0,7;\,0,6;\,0,8|*\begin{vmatrix}0,9\\1\\0,9\\0,4\end{vmatrix}\right)=\max\left(|0,81;\,0,7;\,0,54;\,0,32|\right)=0,81\,;$$

$$\mu_D(y_3)=\max\left(|0,9;\,0,7;\,0,6;\,0,8|*\begin{vmatrix}0,8\\0,9\\1\\0,6\end{vmatrix}\right)=\max\left(0,72;\,0,63;\,0,6;\,0,48\right)=0,72\,.$$

$$\mu_D(y_4)=\max\left(\begin{vmatrix}0{,}9; 0{,}7; 0{,}6; 0{,}8\end{vmatrix} * \begin{vmatrix}0{,}7\\0{,}4\\0{,}6\\1\end{vmatrix}\right)=\max(0{,}63; 0{,}28; 0{,}36; 0{,}8)=0{,}8.$$

Маємо нечітку множину $D_2 = \langle (y_1/0{,}81); (y_2/0{,}81); (y_3/0{,}72); (y_4/0{,}8)\rangle$, яка відрізняється від множини D_1 значеннями функцій належності компетенцій, що отримана за максімінним правилом, але відносний рівень цих компетенцій не змінився.

Для урахування степені ризику, який приймає на себе особа, яка використовує коефіцієнти компетентності експертів пропонується знаходити образ D нечіткої множини A в Y за нечітким відношенням переваги наступним чином:

$$\mu_D(y)=\max_{x\in X}\left\{(1-\lambda)\min_x(\mu_A(x),\mu_R(x,y))+\lambda\max_x(\mu_A(x),\mu_R(x,y))\right\}, \forall(x_i,y_j)\in X^T * Y, \quad (6)$$

де $\lambda\in[0;1]$ - коефіцієнт, який характеризує степінь ризику, яку приймається при застосуванні коефіцієнтів компетентності.

При нулевій степені ризику ($\lambda=0$) вираз (6) перетворюється у вираз (4). Максимальна степінь ризику відповідає $\lambda=1$.

Для прикладу, який розглядується, і $\lambda=0.6$, застосовує (6), маємо:

$$\mu_D(y_1)=\max((1-0.6)\min\left(\begin{vmatrix}0{,}9; 0{,}7; 0{,}6; 0{,}8\end{vmatrix}\otimes\begin{vmatrix}0{,}9\\0{,}8\\0{,}7\\0{,}6\end{vmatrix}\right)+0.6\max\left(\begin{vmatrix}0{,}9; 0{,}7; 0{,}6; 0{,}8\end{vmatrix}\otimes\begin{vmatrix}0{,}9\\0{,}8\\0{,}7\\0{,}6\end{vmatrix}\right))=0{,}9;$$

$$\mu_D(y_2)=\max((1-0.6)\min\left(\begin{vmatrix}0{,}9; 0{,}7; 0{,}6; 0{,}8\end{vmatrix}\otimes\begin{vmatrix}0{,}9\\1\\0{,}9\\0{,}4\end{vmatrix}\right)+0.6\max\left(\begin{vmatrix}0{,}9; 0{,}7; 0{,}6; 0{,}8\end{vmatrix}\otimes\begin{vmatrix}0{,}9\\1\\0{,}9\\0{,}4\end{vmatrix}\right))=0{,}9;$$

$$\mu_D(y_3)=\max((1-0.6)\min\left(\begin{vmatrix}0{,}9; 0{,}7; 0{,}6; 0{,}8\end{vmatrix}\otimes\begin{vmatrix}0{,}8\\0{,}9\\1\\0{,}6\end{vmatrix}\right)+0.6\max\left(\begin{vmatrix}0{,}9; 0{,}7; 0{,}6; 0{,}8\end{vmatrix}\otimes\begin{vmatrix}0{,}8\\0{,}9\\1\\0{,}6\end{vmatrix}\right))=0{,}86.$$

$$\mu_D(y_4)=\max((1-0.6)\min\left(\begin{vmatrix}0{,}9; 0{,}7; 0{,}6; 0{,}8\end{vmatrix}\otimes\begin{vmatrix}0{,}7\\0{,}4\\0{,}6\\1\end{vmatrix}\right)+0.5\max\left(\begin{vmatrix}0{,}9; 0{,}7; 0{,}6; 0{,}8\end{vmatrix}\otimes\begin{vmatrix}0{,}7\\0{,}4\\0{,}6\\1\end{vmatrix}\right))=0{,}82.$$

Таким чином, нечітка множина $D_3 = \langle (y_1/0{,}9); (y_2/0{,}9); (y_3/0{,}86); (y_4/0{,}82)\rangle$ мало відрізняється від множини D_1.

Для кількісного порівняння компетентностей різних експертів потрібно порівняти між собою кінцеві дискретні нечіткі множини, які задані на одному універсуму Y.

Для попарного порівняння можне застосовувати оцінку $P(D_1,D_2)$ розбігу D_1 і D_2, яка зводиться к оцінки перетину $\overline{D_1}\cap D_2$ або $D_1\cap\overline{D_2}$:

$$P(D_1, D_2)=\frac{\left|\overline{D_1}\cup D_2\right|-\left|\overline{D_1}\right|}{\left|D_1\right|} \quad (7)$$

де знак $|..|$ означає скалярну потужність нечіткої дискретної множини D:

$$|D|=\sum_{x\in X}\mu_D(y_i) \quad (8)$$

операція $\overline{D}$ доповнення нечіткої множини D визначається функцією належності

$$\mu_{\bar{D}}(y) = 1 - \mu_D(y), \quad \forall\, y \in Y \tag{9}$$

операція об'єднання двох нечітких множин ($C = D_1 \cup D_2$) має функцію належності

$$\mu_C(y) = \max\left(\mu_{D_1}(y); \mu_{D2}(y)\right), \quad \forall\, y \in Y. \tag{10}$$

При цьому $P(D_1,D_2)$, як правило, не дорівнює $P(D_2,D_1)$. Ця властивість і застосовується для порівняння нечітких множин, які задані на одному універсуму: коли $P(D_1,D_2) > P(D_2,D_1)$, тоді нечітка множина $D_1<D_2$ і навпаки.

Зробимо порівняння компетентностей двох експертів. Нехай компетентність одного експерта визначається нечіткою множиною $D_1 = \langle (y_1/0,7); (y_2/0,9); (y_3/0,8)\rangle$, а компетентність другого експерта дорівнює $D_2 = \langle (y_1/0,8); (y_2/1); (y_3/0,5)\rangle$.

Оцінка $P(D_1,D_2)$ подібності D_1 і D_2

$$P(D_1, D_2) = \frac{0{,}8+1+0{,}5-0{,}6}{0{,}7+0{,}9+0{,}8} \approx 0{,}708.$$

Оцінка $P(D_2,D_1)$ подібності D_2 і D_1

$$P(D_2, D_1) = \frac{0{,}7+0{,}9+0{,}8-0{,}7}{0{,}8+1+0{,}5} \approx 0{,}695.$$

Як бачимо, оцінки подібності компетентностей експертів практично не відрізняються.

Коефіцієнт компетентності експерта k є апроксимація залежності $k = f(y_1,y_2,\ldots,y_n)$. Пропонується знаходити коефіцієнт компетентності як нормовану скалярну потужність нечіткої множини D_i «Компетентність і-ого експерта»:

$$k(D_i) = \frac{|D_i|}{\max(|D_i|;|D|)}, \tag{11}$$

де $|D_i|$ - скалярна потужність нечіткої дискретної множини D_i «Компетентність і-ого експерта»; $|D|$ - скалярна потужність нечіткої дискретної множини D «Компетентність експерта», яка означена. Цій коефіцієнт завжди лежить в інтервалі [0;1].

Для прикладу, який розглядується, маємо коефіцієнти компетентності експерта, що були розраховані за різними методами: $k(D_1)=0{,}85$; $k(D_2)=0{,}785$; $k(D_3)=0{,}87$.

Застосування нечіткого відношення, в основі якого лежить max- добуток композиція, дає менше значення коефіцієнти компетентності.

Значення коефіцієнта компетентності, яка розраховується за формулою (6), залежить від коефіцієнту λ, який характеризує степінь ризику застосування цих коефіцієнтів.

Як установлене психологами, в мозку людини числова інформація вербально перекодується і зберігається у вигляді лінгвістичних змінних [1,2].

Для отримання коефіцієнта компетентності експерта у вигляді зручному для застосування потрібно нечітку множину D – «Компетентність експерта» задати у вигляді лінгвістичної змінної.

При цьому важливими стають не самі кількісні дані, а їх інтерпретація (терми).

Лінгвістичну змінну «Компетентність експерта» визначимо кортежем $< E, E_j, j=\overline{1,5}; \mu_{E_j}(x) \in [0;1], x \in [0;1]; >$, де E – назва ЛЗ (в даній задачі E – це «Компетентність експерта»), область значень якої є коефіцієнт компетентності (x=k), що лежить в інтервалі [0;1]; $E_j, j=5$ – терми ЛЗ; $\mu_{E_j}(x)$ – функція належності терму E_j.

Термами ЛЗ «Компетентність експерта» можуть бути, наприклад,: 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, ЛЗ «Компетентність експерта» 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 визначаються експертами за допомогою чотирьох чисел $\langle a:b:c:d\rangle$. 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 E_j терму береться нечітка величина

$$E_j = \left\langle \frac{1}{L}\sum_{i=1}^{L} a_{ij};\frac{1}{L}\sum_{i=1}^{L} b_{ij};\frac{1}{L}\sum_{i=1}^{L} c_{ij};\frac{1}{L}\sum_{i=1}^{L} d_{ij} \right\rangle, \qquad (12)$$

Для більш адекватного завдання термів може бути застосовані метод Дельфі.

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

$$\mu_Л(x) = \frac{x-a}{b-a};\ x \in [a;b], \qquad (13)$$

$$\mu_П(x) = \frac{d-x}{d-c};\ x \in [c;d], \qquad (14)$$

Для прикладу, який розглядується вище, маємо, що при розрахунках коефіцієнта компетентності за формулами нечіткого відношення переваги (4) і (6), він відноситься до терму E_5 (дуже висока компетентність експерта) з достовірністю одиниця. При розрахунках коефіцієнта компетентності за формулою нечіткого відношення переваги (5) коефіцієнт компетентності відноситься до терму E_5 (лева гілка) з функцією належності 0,87, а до терму E_4 (висока компетентність) з функцією належності 0,13 (розрахунок за формулою (14)).

Алгоритм оцінки компетентності експерта складається із наступних основних етапів та зв'язків між ними (рис.1).

1. Визначення множини компетенцій для задачі, яка розглядується: $Y = \{y_i : j = \overline{1,m}\}$.

↓

2. Визначення множини характеристик експерта: $X = \{x_i : i = \overline{1,n}\}$

↓

3. Визначення нечіткого відношення R: матриці R з елементами $\mu_R(x_i, y_j)$.

↓

4. Визначення ЛЗ «Компетентність експерта»: $< E, E_j, j = \overline{1,5}; \mu_{E_j}(x) \in [0;1]; x \in [0;1]; >$

↓

5. Визначення на множині X у вигляді нечіткої величини характеристики експерта A.

↓

6. Розрахунок (формули (4); (5) або (6)) компетенції експерта D.

↓

7. Розрахунок (формула (11)) коефіцієнта компетенції експерта k.

Рис. 1. Алгоритм оцінки компетентності експерта

При оцінки повинно бути два головних етапа: підготовчий етап отримання знань та робочий етап оцінки компетентності.