

## МЕТОДИКА ОЦІНКИ ЯКОСТІ РОБОТИ РІЗНИХ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ ОСВІТИ НА ОСНОВІ ЛІНГВІСТИЧНИХ ЗМІННИХ

*Проблема кількісної оцінки якості складових системи вищої освіти пов'язана з тим, що поняття якості як системи вищої освіти в цілому, так і її складових не має визначеної кількісної характеристики. По-друге, ця задача є багатокритеріальною. Крім того, оцінки по різних критеріям неможливо отримати чіткими. Тому пропонується для вирішення цієї задачі використовувати апарат теорії нечітких множин, зокрема, лінгвістичні змінні.*

*У роботі приводиться алгоритм оцінки якості вищого навчального закладу та ілюстративний приклад вирішення цієї задачі. Для аналізу чутливості оцінок якості до зміни нечітких експертних оцінок за різними критеріями, пропонується використовувати показник розмитості нечітких величин. Доведені окремі властивості цього показника розмитості. Перевагою запропонованої методики кількісної оцінки якості складових системи вищої освіти, є те, що вона більш адекватна не тільки до об'єкта, але й до суб'єкта дослідження.*

Якість будь-якого об'єкта дослідження визначається ступенем (повнотою) виконання вимог, які ставляться перед ним. Вирішення завдання кількісної оцінки якості об'єкта дослідження є складним завданням внаслідок наступних причин:

- необхідності обліку великої кількості частинних показників якості й складності визначення як взаємозалежності між ними, так і залежності з узагальненим показником;
- складності отримання вихідних оцінок деяких частинних показників;
- необхідності використання для окремих частинних показників експертних оцінок;
- необхідності контролювати процес, а не якісні показники продукції;
- внаслідок того, що якість - поняття, яке у загальному випадку, не має певної кількісної характеристики.

Зазначені особливості роблять практично неможливим кількісно оцінювати якість складних об'єктів за допомогою математичних апаратів теорії ймовірностей і математичної статистики. Перспективним для цього завдання є математичний апарат теорії нечітких множин, який і за змістом, і за ефективністю оцінок більш адекватний задачі оцінки якості, яка розглядається.

Пропонується для оцінки якості складних об'єктів дослідження застосовувати оцінку якості на основі лінгвістичних змінних, методику якої і буде розглянуто нижче.

Лінгвістична змінна (ЛЗ) визначається кортежем  $\langle E, E_i, i = \overline{1, n}; X, \mu_{E_i} \rangle \in [0, 1], i = \overline{1, n}$ , де  $E$  найменування лінгвістичної змінної (у розглянутому випадку  $E$  - це "ЯКІСТЬ");  $E_i, i = \overline{1, n}$  - множина термів лінгвістичної змінної, яка представляє собою найменування нечітких змінних, областю визначення кожної з яких є множина  $X$ ;  $\mu_{E_i}$  - функція приналежності значень  $x$  до терму  $E_i$ .

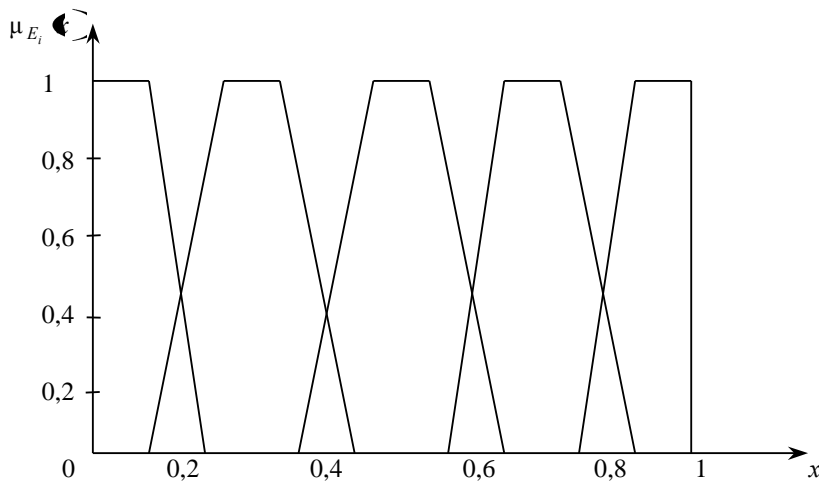
Якщо  $\mu_{E_i} = 1$  для деякого  $x \in X$ , то це означає, що елемент  $x$  "визначено" належить  $E_i$ , а при  $\mu_{E_i} = 0$  - "визначено" не належить нечіткій множині  $E_i$ .

Термами лінгвістичної змінної "ЯКІСТЬ" можуть бути:

$E_1$  - дуже низька якість;  $E_2$  - низька якість;  $E_3$  - середня якість;  $E_4$  - висока якість;  $E_5$  - дуже висока якість.

При необхідності число  $n$  термов лінгвістичної змінної  $E = \text{"ЯКІСТЬ"}$  можна збільшити. Лінгвістична змінна пов'язана як з мовними неточностями, так і зі суб'єктивними оцінками, які визначаються методом експертного опитування.

Оскільки кількісної характеристики якості не існує, то областю її визначення можна взяти, наприклад, інтервал  $[0; 1]$ . Тоді лінгвістична змінна "ЯКІСТЬ" може бути представлена наступним чином:



**Рис. 1. Лінгвістична змінна "ЯКІСТЬ"**

Кожен терм ЛЗ заданий трапеційдальною функцією приналежності, хоча бічні вітки можуть описуватись і нелінійними функціями. При трапеційдальній функції приналежності, вона повністю задається чотирма числами (a, b, c, d). У роботі [2] показано, що задання бічних віток лінійними функціями практично не знижує загальності завдання оцінки й прийняття рішень при нечіткій вихідній інформації, але при цьому істотно спрощуються арифметичні операції над нечіткими числами й ЛЗ. Задання чисел (a<sub>i</sub>, b<sub>i</sub>, c<sub>i</sub>, d<sub>i</sub>) може бути виконано із врахуванням вербально числової шкали Харрінгтона й уточнено особою, яка приймає рішення. У розглянутому випадку E<sub>1</sub> = (0; 0; 0,1; 0,2); E<sub>2</sub> = (0,1; 0,2; 0,3; 0,4); E<sub>3</sub> = (0,3; 0,4; 0,5; 0,6); E<sub>4</sub> = (0,5; 0,6; 0,7; 0,8); E<sub>5</sub> = (0,7; 0,8; 1; 1). Для кожного об'єкта дослідження ці числа можуть відрізнитися. За відомим значенням a і b записується рівняння лівої вітки функції приналежності

$$\mu_{E_i} = \frac{x - a}{b - a}; \quad x \in [a, b], \quad (1)$$

а за відомим значенням c і d - рівняння правої вітки

$$\mu_{E_i} = \frac{d - x}{d - c}; \quad x \in [c, d]. \quad (2)$$

Знаючи x, за цими формулами розраховуються точні значення μ(x).

Визначивши поняття ЛЗ "ЯКОСТІ", необхідно знайти значення комплексного (узагальнюючого) показника  $x \in X$  для аналізованого об'єкта. Цей показник, у свою чергу, визначається частинними показниками.

Очевидно, що параметр  $X$ , який є комплексним показником якості об'єкта дослідження є деякою функцією частинних показників  $Y, Z, W, \dots$ :  $X = \Psi(Y, Z, W, \dots)$ . Визначити цей функціональний зв'язок навряд чи є можливим. Єдине, що можна зробити - це визначити характер зміни комплексного показника  $X$  в залежності від зміни деякого частинного показника  $X_i$ .

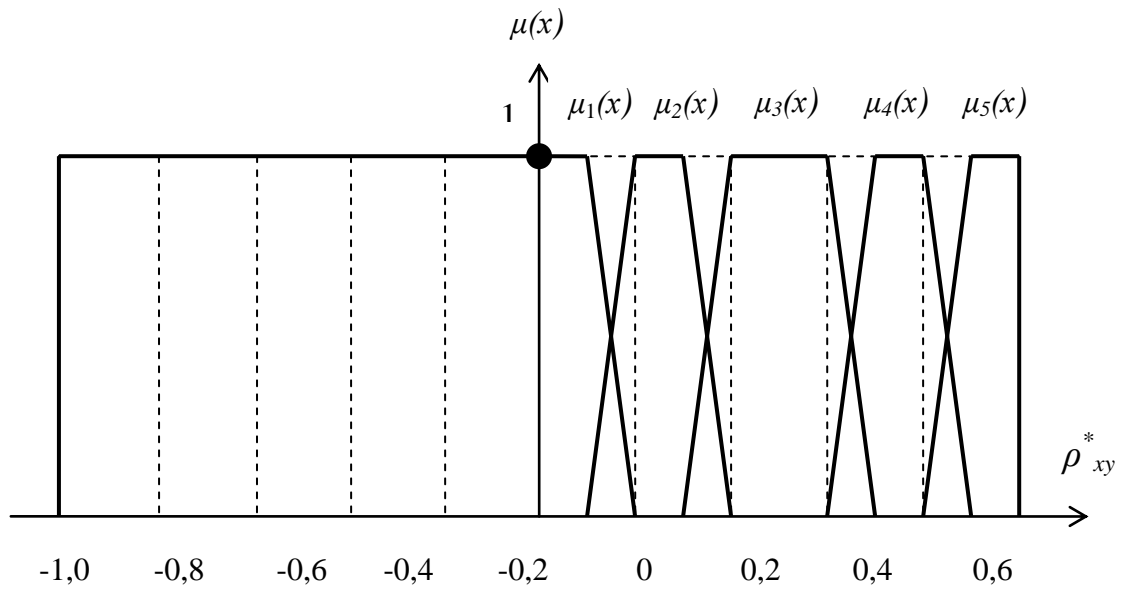
Частинні показники ЛЗ "ЯКІСТЬ" залежно від об'єкта дослідження можуть бути різними. Наприклад, при оцінці якості функціонування вищого навчального закладу це можуть бути  $Y =$  "Рівень підготовки фахівців",  $Z =$  "Рівень професорсько-викладацького складу",  $W =$  "Рівень наукової роботи" та інші.

Одним із важливіших показників якості складових системи вищої освіти є знання студентів. Але завжди існувала проблема об'єктивності в оцінці знань студентів. У силу того, що різні викладачі мають різні уявлення щодо граничних значень знань студентів, абсолютної об'єктивності не існує. Для зменшення суб'єктивної складової оцінки знань пропонується критерій на основі коефіцієнта кореляції між двома дисциплінами  $\rho^*_{xy}$ , який розраховується на основі теорії математичної статистики.

В залежності від значення коефіцієнта  $\rho^*_{xy}$  можна задати лінгвістичну змінну "Ступінь об'єктивності оцінки" (СОО). З урахуванням властивості коефіцієнта кореляції та результатів експертних оцінок, які були проведені в рамках даної роботи, пропонується задати СОО п'ятьма термами:

$T_1$  - "необ'єктивна оцінка одним з викладачів";  $T_2$  - "низька об'єктивність одного з викладачів";  $T_3$  - "середня об'єктивність викладачів";  $T_4$  - "об'єктивна оцінка двох викладачів";  $T_5$  - "висока об'єктивність двох викладачів".

Функції приналежності  $\mu_i(x)$  термів змінної СОО показані на рис.2.



**Рис.2. Функції приналежності термів лінгвістичної змінної  
"Ступінь об'єктивності оцінки знань студентів"**

Шляхом попарних порівнянь значень коефіцієнта кореляції визначаються викладачі, які не є об'єктивними в оцінці знань студентів. Практично неможливо, щоб 5 - 6 викладачів, які мають приблизно однакові значення  $\rho^*_{xy}$  в інтервалі 0,35 - 0,65 (границі середнього терму), були необ'єктивні в порівнянні з викладачем, який має  $\rho^*_{xy}$  з різними викладачами, наприклад, менше 0,2.

Від'ємні значення коефіцієнта кореляції можуть бути сигналом для керівництва кафедр та факультетів щодо проблем з викладанням дисципліни та оцінки знань студентів у викладачів (наприклад, виставляються занижені оцінки студентам, що навчаються добре, та завищені оцінки студентам, що навчаються задовільно).

Оскільки коефіцієнт кореляції не змінюється, при додаванні до відповідних вибірок одного й того ж числа або при помноженні всіх елементів вибірок на одне й те ж число, то ці властивості коефіцієнта кореляції роблять його вибір у якості об'єктивної оцінки знань студентів більш ефективним, ніж, наприклад, анкетування студентів.

Кожен частинний показник також визначається ЛЗ  $\Pi_j$ ,  $j = \overline{1, n}$ , з тією ж кількістю термів, що й ЛЗ "ЯКІСТЬ" (п'ятьма в нашому прикладі: дуже погане значення показника, погане значення, середнє значення, гарне значення, дуже гарне значення частинного показника), але самі параметри можуть приймати різні значення й мати різні розмірності. Наприклад, "Рівень підготовки фахівців" може визначатися в балах (наприклад, за 10-ти бальною шкалою). Рівень професорсько-викладацького складу (ПВС) може оцінюватись кількістю викладачів, що мають вчені ступені й звання (у відсотковому відношенні до загальної кількості викладачів). Рівень наукової праці може оцінюватись кількістю наукових праць за рік, що припадають в середньому на одного викладача.

Визначимо ЛЗ  $\Pi_1$  "Рівень підготовки фахівців" у вигляді наступних термів:  $\Pi_{11} = (0; 0; 2; 3)$ ;  $\Pi_{12} = (2; 3; 4; 5)$ ;  $\Pi_{13} = (4; 5; 6; 7)$ ;  $\Pi_{14} = (6; 7; 8; 9)$ ;  $\Pi_{15} = (8; 9; 10; 10)$ .

Для даного частинного показника терми мають наступні значення:

$\Pi_{11}$  - дуже поганий (дуже низький) результат;  $\Pi_{12}$  - поганий (низький) результат;  $\Pi_{13}$  - середній результат;  $\Pi_{14}$  - гарний (високий) результат;  $\Pi_{15}$  - дуже гарний (дуже високий) результат підготовки фахівців.

Очевидно, що для різних об'єктів дослідження, показник яких вимірюється в балах, носії ядра термів  $\Pi_{1j}$  будуть різні.

Функції приналежності ЛЗ  $\Pi_2$  "Рівень ПВС" задамо границями носіїв і ядер:

$\Pi_{21} = (0; 0; 20; 30)$ , що відповідає дуже низькому (дуже поганому) результату;

$\Pi_{22} = (20; 30; 40; 50)$ , що відповідає низькому (поганому) результату;

$\Pi_{23} = (40; 50; 60; 70)$ , що відповідає середньому результату;

$\Pi_{24} = (60; 70; 80; 90)$ , що відповідає високому результату;

$\Pi_{25} = (80; 90; 100; 100)$ , що відповідає дуже високому результату.

Нарешті, функції приналежності ЛЗ  $\Pi_3$  "Рівень наукової роботи" задамо з наступними даними:

$\Pi_{31} = (0; 0; 0,3; 0,4)$ , що відповідає дуже низькому (дуже поганому) результату;

$P_{32} = (0,3; 0,4; 0,5; 0,8)$ , що відповідає низькому (поганому) результату;

$P_{33} = (0,8; 0,9; 1; 1,2)$ , що відповідає середньому результату;

$P_{34} = (1; 1,2; 1,5; 2)$ , що відповідає високому результату;

$P_{35} = (1,5; 2; \infty; \infty)$ , що відповідає дуже високому результату.

При оцінці якості об'єкта дослідження необхідно далі врахувати важливість (ваги) частинних показників, що визначають якість. Для визначення коефіцієнтів пріоритетності частинних показників (критеріїв) можна використати методи Фишберна, Уея та ін.[1].

Для визначення значення  $x$  комплексного показника  $X$ , спочатку роблять оцінку об'єкта дослідження за всіма частинними показникам. Нехай у нашому прикладі один об'єкт дослідження (інститут) має такі показники:

$y_1 = x_1^0 = 7,5$  балів;  $z_1 = x_2^0 = 85\%$ ;  $w_1 = x_3^0 = 1,5$  наукових праць, де далі через  $x_i^0$

будемо позначати оцінку кожного об'єкта дослідження за  $i$ -им показником.

Потім визначаються значення функцій приналежності по кожному терму для кожної лінгвістичної змінної:

$$\mu_{ij} \left( x_i^0 \right), i = \overline{1,3}; j = \overline{1,5}$$

Отримані дані занесемо в табл.1.

Для кожного однакового за змістом (дуже поганий результат; поганий; середній; гарний і дуже гарний) терму одержимо зважені з коефіцієнтами пріоритетності оцінки:

$$X_i = \sum_{j=1}^m k_j \mu_{ij} \left( x_i^0 \right) \quad (3)$$

Для розглянутого прикладу, використовуючи коефіцієнти, отримані за методом Фишберна й дані табл.1, отримуємо:

$$X_1 = \frac{1}{4} * 0 + \frac{1}{2} * 0 + \frac{1}{4} * 0 = 0 \quad ; \quad X_2 = \frac{1}{4} * 0 + \frac{1}{2} * 0 + \frac{1}{4} * 0 = 0 \quad ;$$

$$X_3 = \frac{1}{4} * 0 + \frac{1}{2} * 0 + \frac{1}{4} * 0 = 0 \quad ; \quad X_4 = \frac{1}{4} * 1 + \frac{1}{2} * 0,5 + \frac{1}{4} * 1 = 0,75 \quad ;$$

$$X_5 = \frac{1}{4} * 0 + \frac{1}{2} * 0,5 + \frac{1}{4} * 0 = 0,25$$

Ці дані також заносимо в табл.1 (нижній рядок).

Таблиця 1

Показник	Терми				
	Дуже низький	Низький	Середній	Високий	Дуже високий
Y	$\mu_{11}(y1) = 0$	$\mu_{12}(y1) = 0$	$\mu_{13}(y1) = 0$	$\mu_{14}(y1) = 1$	$\mu_{15}(y1) = 0$
Z	$\mu_{21}(z1) = 0$	$\mu_{22}(z1) = 0$	$\mu_{23}(z1) = 0$	$\mu_{24}(z1) = 0,5$	$\mu_{25}(z1) = 0,5$
W	$\mu_{31}(w1) = 0$	$\mu_{32}(w1) = 0$	$\mu_{33}(w1) = 0$	$\mu_{34}(w1) = 1$	$\mu_{35}(w1) = 0$
$X_i = \sum_{i=1}^3 k_i \mu_{ij}$	0	0	0	0,75	0,25

Оцінку узагальненого показника якості знаходимо по формулі:

$$x = \sum_{j=1}^n X_j E_{\alpha j} = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m k_i \mu_{ij} \left( x_i \right) E_{\alpha j}, \quad (4)$$

де  $E_{\alpha j} = \frac{E_{\alpha j+} + E_{\alpha j-}}{2}$  - середина зрізу нечіткого терма  $E_j$  лінгвістичної змінної "ЯКІСТЬ";

$E_{\alpha j+}$  і  $E_{\alpha j-}$  - ліва й права границі множини  $\alpha$ - рівня ( $\alpha$ -зрізу нечіткого терма  $E_j$ ).

При симетричних бічних вітках функцій приналежності  $E_{\alpha j}$  середина  $\alpha$ -зрізу нечіткого терма  $E_j$  дорівнює координаті середини ядра  $E_j$ .

На практиці часто беруть  $\alpha = 1$ . Для розглядуваного приклада при  $\alpha = 1$  одержуємо:

$$E_{\alpha 1} = \frac{0,1}{2} = 0,05; \quad E_{\alpha 2} = 0,25; \quad E_{\alpha 3} = 0,45; \quad E_{\alpha 4} = 0,65; \quad E_{\alpha 5} = 0,9.$$



Тоді узагальнений показник буде дорівнювати:

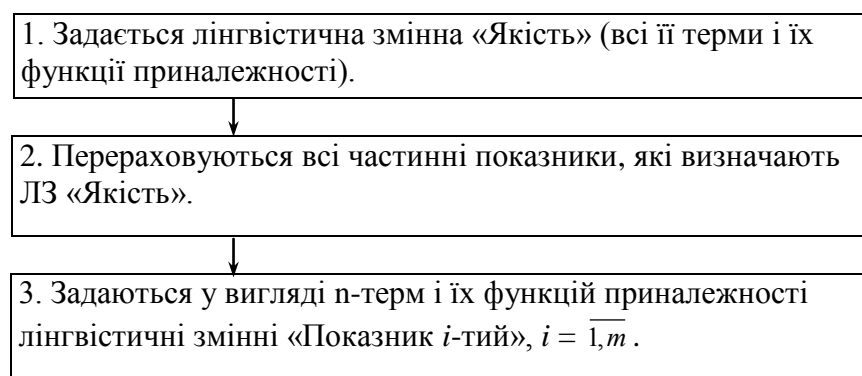
$$x = \sum_{j=1}^5 X_j E_{\alpha_j} = 0 * 0,05 + 0 * 0,25 + 0 * 0,45 + 0,75 * 0,65 + 0,25 * 0,9 = 0,713.$$

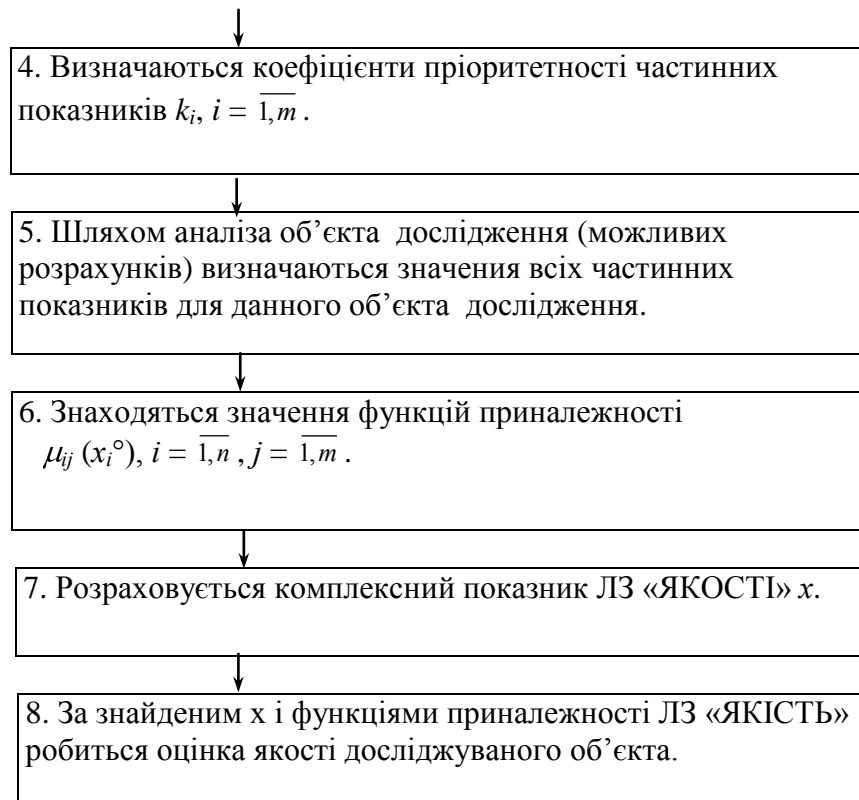
Як видно з рис.1, при  $x = 0,713$  якість досліджуваного об'єкта відповідає терму "Високий результат" з функцією приналежності (ступенем вірогідності)  $\mu_4(0,713) = 0,7$ , і терму "Дуже високий результат" з функцією приналежності (ступенем вірогідності)  $\mu_5(0,713) = 0,13$ , а всім іншим термам з функцією приналежності, рівної нулю.

Таким чином, якість об'єкта, розглядуваного в прикладі, більш ніж висока. За узагальненим показником різні досліджувані об'єкти зрівнюються між собою.

У випадку, коли оцінки за різними показниками задаються нечіткими величинами, функції приналежності по кожному терму для кожної лінгвістичної змінної  $\mu_{ij}$  можуть визначатися шляхом: дефазифікації нечітких оцінок; використання індексів ранжирування для порівняння нечітких змінних відповідних термів і нечітких оцінок за різними показниками.

Алгоритм розглянутої методики оцінки якості на основі лінгвістичних змінних представлений на рис. 3.





**Рис.3. Алгоритм оцінки якості**

Пункти 1÷4 алгоритма виконуються попередньо й можуть відповідати різним тимчасовим оцінкам. Пункти 5÷8 алгоритму виконуються безпосередньо при оцінці якості досліджуваного об'єкта в конкретні тимчасові інтервали.

Застосування теорії нечітких множин до побудови систем прийняття рішень привело до збільшення їхньої ефективності. Однак залишається невирішеною задача аналізу чутливості й стабільності нечітких систем до зміни (апріорному заданню) їхніх нечітких параметрів або вхідних величин. Потрібно уточнити визначення самих понять чутливості й стабільності цих систем прийняття рішень. Пропонується вирішити зазначене завдання на основі оцінок показників розмитості нечіткої вихідної величини системи й параметрів системи, що задають нечіткими величинами.

Розглянута методика оцінки якості має наступні переваги: вона відтворює розумові процеси людини, нечіткі моделі найбільш адекватні не тільки досліджуваному об'єкту, але й специфічним особливостям суб'єкта оцінки (оцінюючої особи);

при знаходженні комплексного показника якості використовується не просто адитивний узагальнений показник, а здійснюється згортання значень приналежності до тих або інших терм лінгвістичних змінних, що забезпечує коректність використовуваної нечіткої моделі;

методика на основі лінгвістичних змінних враховує невизначеність без використання імовірнісних розподілів оцінок показників, що особливо підходить для випадків, коли відповідні процеси не є стохастичними, або коли їхні імовірнісні оцінки не можуть бути отримані через не репрезентативності або неоднорідності відповідних вибірок.