

ФОРМАЛІЗАЦІЯ ЗНАНЬ ПРО ПРОЦЕСИ ПІДГОТОВКИ ВИХІДНИХ ДАНИХ ПРИ ТЕСТУВАННІ

Анотація. В роботі запропонований підхід до формалізованого опису процесу визначення рівня знань студентів шляхом тестування. Враховуючи складність опису звичайними математичними моделями нечіткої, неповної і різномірної інформації, запропоновано для визначення результатів тестування використання методів штучного інтелекту, а саме використання нечітких мір і множин. Еталонні та поточні результати тестування представляються у вигляді нечітких LR-інтервалів, а процес логічного виводу на формалізованих знаннях організовується за допомогою неоднорідної функціональної мережі.

Ключові слова: тестування, формалізований опис, знання, нечіткі множини, LR-інтервал, початкова умова, функція приналежності, ознака, еталонні значення, поточні значення, функціональна модель.

Abstract. The paper presents a formal description process to determine the level of students' knowledge by testing. Vrahovuchy complexity of conventional mathematical models describing fuzzy, incomplete and heterogeneous information by applying the test results to determine the use of artificial intelligence methods, such as using weights and fuzzy sets. Reference and current test results are represented as LR-fuzzy intervals, and the process of inference on formalized knowledge is organized with the help of functional heterogeneous network.

Keywords: testing, formal description, knowledge, fuzzy sets, LR-interval, initial condition, membership function, feature, reference value, current value, functional model.

Вступ і постановка завдання. В теперішній час для оцінки рівня знань тих, хто навчається, все більше використовуються тести: тестування в середній школі, зовнішнє незалежне оцінювання, перевірка знань студентів за кожною темою, допуск до лабораторної роботи, проведення екзамену і т.д. При цьому, загалом, використовуються наступні типи тестів: множинний або альтернативний вибір, встановлення відповідності або послідовності, вільне формулювання відповіді, доповнення та ін.

Аналізуючи зазначені типи тестів, в них можна виділити дві складові результатів – кількісні і якісні (семантичні). Перевіряючому необхідно порівняти результати тестування з еталонними (експертними) значеннями. При цьому, як

кількісні так і семантичні відповіді можуть мати дуже широкі межі відхилення від еталонних. Результати тестування не завжди можна описати звичайними математичними методами. Таким чином виникає проблема якісної формалізації результатів тестування.

Для формалізації процесу підготовки вихідних даних при оцінці рівня знань студентів доцільно використовувати методи штучного інтелекту, а саме методи, засновані на використанні нечітких мір та множин. До таких мір відносяться міри можливості, необхідності, базисної ймовірності [1].

Нечітка множина – множина з нечіткими границями, коли перехід від належності елементів множині до не належності їх множині відбувається не різко, а поступово. В класичній логіці елемент X із відповідної предметної області належить або не належить деякій множині M . Характеристична функція належності елемента множині приймає тільки два значення: 1, коли X дійсно належить M , і 0, коли X не належить множині M .

В нечітких множинах елемент X належить множині M з відповідним ступенем належності, який приймає значення в інтервалі від 0 до 1. Даний математичний апарат застосовується при розпізнаванні образів в інформаційних системах. Використання безперервної шкали оцінок дозволяє приймати рішення щодо наявності (відсутності) події на основі неточної, неповної й різнорідної інформації, суперечливості знань і даних.

З погляду формалізованого подання для забезпечення наступної алгоритмізації та програмної реалізації, завдання автоматизації процесу підготовки вихідних даних при тестуванні студентів включає:

- змістовний опис процесу тестування студентів, самих тестів та еталонних відповідей на поставленні питання;
- формалізацію знань про процеси тестування;
- організацію логічного виводу на формалізованих структурах знань.

Перелік розв'язуваних при цьому завдань впливає з аналізу змісту процесу організації навчання, що полягає, з одного боку, у розпізнаванні варіантів дій того, якого навчають, з іншого боку – у рішенні приватних завдань, кожна з яких впливає на управління процесом тестування.

Ціллю та завданнями даної роботи є розробка формально-логічного апарату для опису знань про процеси тестування, який дозволить якісно визначати рівень знань студентів в умовах неточності, невизначеності та різнорідності вхідної інформації.

Основна частина. Процес оцінки варіантів відповідей в процесі тестування може бути зведений, з одного боку, до розпізнавання й оцінки множини

подій, що відбуваються в різні моменти часу t_i ; визначенню їх кількісних і якісних характеристик; порівнянню результатів з тими, що були виділені на етапі розробки тестів. При цьому під подією будемо розуміти миттєву зміну деяких характеристик процесу навчання в результаті дій того, якого навчають, викладача, впливу зовнішніх факторів або природної еволюції. Множина приватних завдань процесу тестування після декомпозиції формально можна представити множиною початкових умов (ПУ).

Під початковою умовою (ПУ) будемо розуміти формальний опис події в процесі навчання, що визначає множину необхідних і достатніх умов для реалізації процедур управління навчальним процесом [2]. Тоді, якщо вважати, що кожне ПУ (підмножина ПУ) є формальне подання деякої події (групи подій), то множиною ПУ можна визначити один з варіантів відповідей того, якого навчають, виділених на етапі підготовки тестів. При такому підході під розпізнаванням подій можна мати на увазі інтерпретацію ПУ в процесі тестування.

При оцінці результатів процесу тестування множина ПУ (рис.1) інтерпретується на системі поточних ознак Pr_j^p , де $j=1, \dots, J$ – номер ознаки, J – кількість ознак, що надходять від основних джерел інформації (тих, яких навчають, викладача).

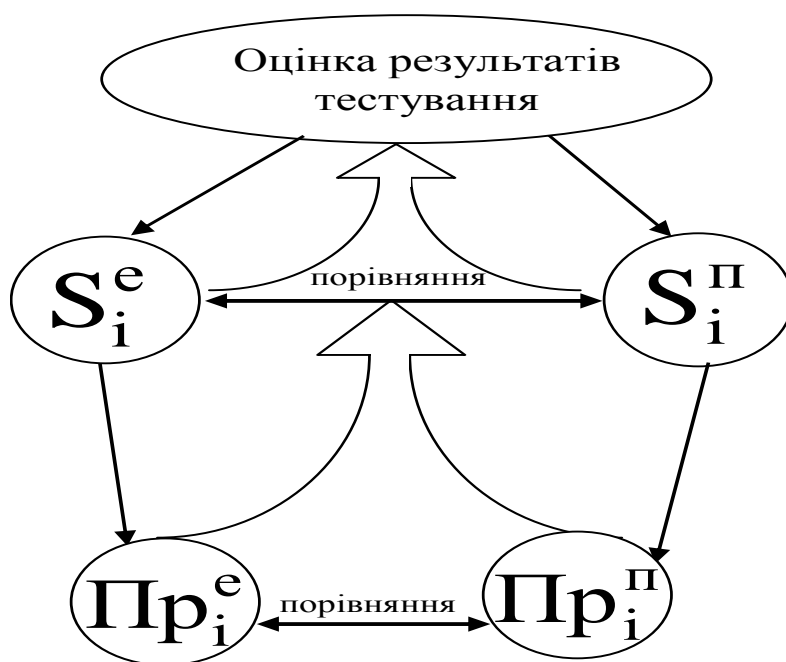


Рис. 1. Ілюстрація до порядку оцінки результатів тестування.

При цьому поточна оцінка процесу (результатів) тестування формально може бути зведена до визначення відповідності між:

з одного боку – подіями (ПУ), виділеними на етапі розробки тестів S_i^e , ($i = 1, \dots, I$ – номер події (ПУ), I – кількість подій (ПУ)), які формально можуть бути представлені системою еталонних значень ознак \mathbb{P}_i^e , сформованої викладачами;

з іншого боку – подіями S_i^n , що відбивають поточний стан процесу тестування й значеннями, що інтерпретуються, поточних \mathbb{P}_i^n ознак, що надходять в результаті відповідей на тести.

Аналіз змісту процесу тестування дозволив виділити наступні типи розв'язуваних при цьому завдань: логіко-аналітичні, розрахункові, пошукові. Кожний з типів завдань можна привести до відповідного класу ПУ. Тоді метод інтерпретації відповідного ПУ буде визначатися методом рішення певних завдань. З огляду на характер цих завдань і особливості їхнього рішення, а, отже, і інтерпретації ПУ, пропонується ввести наступну класифікацію ПУ [2]:

функціональні ПУ – забезпечують рішення завдань логіко-аналітичного характеру (на кожне питання той, хто навчається, повинен запропонувати свою відповідь: дописати слово (словосполучення), знак, формулу та ін.);

розрахункові ПУ – забезпечують проведення розрахунків для визначення кількісних характеристик розпізнаних ситуацій (необхідно провести обчислення, порівняти отриманий результат та запропоновані відповіді);

пошукові ПУ – забезпечують організацію пошуку й вибірки необхідної інформації з бази даних (знань) відповідно до деяких критеріїв або характеристик (кожне питання супроводжується готовими варіантами відповідей, з яких необхідно вибрати одну або декілька правильних).

Формально ПУ можна представити кортежем:

$$N_k = \langle S_k, T_k, Pr_k, \bar{P}_k, R_k \rangle,$$

де S_k – семантичний опис ПУ; T_k – тип ПУ; Pr_k – процедура визначення істинності (розпізнавання, означування) ПУ; \bar{P}_k – множина вихідних даних для означування ПУ; R_k – результат означування ПУ. У свою чергу, результатами означування ПУ можуть бути: тип розпізнаної події; значення функції, отриманої в результаті чисельного розрахунку, результати пошуку необхідної інформації.

Слід відмітити, що організація логічного виводу для різних початкових умовах має свої особливості. Так означення пошукових ПУ полягає в присвоєнні результатів пошуку або узагальнення інформації. Означення розрахункових

вих ПУ передбачає запуск процедур, які реалізують деякі алгоритми обчислень. Результатом означення функціональних початкових умов є отримання одного із двох значень «істина» або «хибність».

Формулювання й постановка цілей перевірки рівня знань є одним основних етапів цільового планування й управління в навчанні. Всю множину цілей процесу навчання (надалі – цілей) можна розділити на основні, допоміжні й проміжні [4, 24].

Основні цілі визначають шляхи вирішення завдань оцінки рівня знань студента.

Допоміжні – це такі цілі, формулювання яких не входить безпосередньо в опис процесу тестування, але їхнє виконання є необхідною умовою для реалізації системи навчання або забезпечення нормального ходу процесу тестування.

Проміжні цілі виникають у ході підготовки й виконання дій для досягнення основних цілей і виражають необхідні або достатні умови одержання необхідних результатів навчання.

Процес тестування при відповідній декомпозиції може бути розбитий на логіко-аналітичні, розрахункові та пошукові завдання.

Формалізацію логіко-аналітичних завдань процесу тестування будемо здійснювати за рахунок інтерпретації відповідних початкових умов. При цьому процес інтерпретації зведемо до вирішення задачі розпізнавання в її розширеному розумінні. Суть такого розпізнавання полягає у віднесенні подій, що розпізнаються, до деякого класу еталонних подій відповідного алфавіту, сформованого на етапі підготовки тестів, і подальшого визначення кількісних та якісних характеристик цих подій експертами.

Оцінка істинності функціональних ПУ може бути розбита на наступні етапи:

- 1) інтерпретація значень поточних ознак;
- 2) інтерпретація подій, складених на основі описів ознак;
- 3) визначення кількісних і якісних характеристик подій і варіантів дій при тестуванні.

Перший етап передбачає визначення ступеня близькості еталонного та поточного опису ознак. Це дозволяє врахувати інформаційну цінність ознак при описанні конкретної ситуації. Ця процедура в нашому випадку різна для кількісних і якісних ознак. Для кількісних ознак – це ступінь близькості еталонного та поточного розподілу їх значень, для якісних – ступінь узгодженості еталонного і поточного розподілів базисної ймовірності [3].

Оцінка ступеня близькості кількісних ознак можна визначити наступним чином:

$$v(\delta, \xi) = \frac{V(\delta, \xi) + N(\delta, \xi)}{2},$$

де: δ – базовий (еталонний) розподіл можливих значень ознаки;

ξ – поточні ознаки;

$V(\delta, \xi)$ та $N(\delta, \xi)$ – міри можливості і необхідності відповідно, які використовуються для оцінки ступеня узгодженості твердження δ відносно ξ .

Оцінка ступеня близькості якісних ознак можна визначити наступним чином:

$$\pi(\delta, \xi) = 1 - m_0,$$

де: $m_0 = \sum_{E_i \cap E_j} m_1(E_i) m_2(E_j)$ – ступінь неузгодженості розподілу базисних ймовірностей.

Інтерпретація подій (другий етап) припускає згортку приватних значень ступеня близькості поточного та еталонного розподілів значень ознак, отриманих на попередньому етапі [4, 5]:

$$\begin{cases} v_{A \cap B} \langle x_m \rangle = \min \{ v_A \langle x_m \rangle, v_B \langle x_m \rangle \} \\ v_{A \cup B} \langle x_m \rangle = \max \{ v_A \langle x_m \rangle, v_B \langle x_m \rangle \} \end{cases}$$

де $v_A \langle x_m \rangle$, $v_B \langle x_m \rangle$ – приватні значення ступеня близькості еталонного та поточного значень ознаки x_m .

Під класом будемо розуміти довільну сукупність подій (об'єктів), що характеризуються яких-небудь набором загальних властивостей або ознак [4].

Під алфавітом класів $A_r = \{k_1^r, k_2^r, \dots, k_n^r\}$ будемо розуміти непересічні підмножини класів, що описують ту чи іншу подію в процесі навчання, де $r = 1, \dots, R$ – порядковий номер алфавіту; R – кількість необхідних алфавітів для оцінки результатів процесу навчання; n – кількість класів в алфавіті.

Моделі розпізнавання класів можуть включати допоміжні мережі з проміжними алфавітами, які описуються своїм набором ознак, що не перетинають-

де G – множина відображень значень ознак в базі знань (даних) (БЗ); $\Pi_{N_{ПЗ}}^{N_B}$ – поле запису x_i - го об'єкта в бібліотеці БЗ; $N_{ПЗ}$ – ім'я поля запису; N_B – ім'я бібліотеки БЗ; V_{x_i} – кортеж опису x_i - го об'єкта в БЗ.

Інтерпретація розрахункових ПУ припускає організацію обчислювального процесу для реалізації алгоритмів, заснованих на відомих математичних методах і методиках. Аналогічно можуть реалізовуватися і процедури пошуку інформації в базі знань (даних) – для інтерпретації пошукових ПУ.

З огляду на вимоги до формалізації різнорідних, неточних і неповних знань, будемо формальний опис класів здійснювати методами, заснованими на положеннях теорії нечітких мір і множин. При цьому, опис деякого класу подій може бути представлено у вигляді формули на мові булевої алгебри [4, 5]:

$$k = \bigcup_{i=1}^I \bigcap_{j=1}^J X_{ij},$$

де X_{ij} – ознака, що характеризує деякий властивість події; i – порядковий номер групи ознак; I – кількість груп ознак; j – порядковий номер ознаки; J – кількість ознак у групі.

Всю сукупність ознак об'єктів (ситуацій) розділимо на кількісні та якісні. При цьому під кількісними розуміються ознаки, для яких можливе введення метрики на множина допустимих значень, що дозволяють дати кількісну оцінку тому чи іншому значенню ознаки.

Під якісними ознаками розуміються ознаки, що визначають семантичне опис властивостей ситуацій, що склалися в проблемній області. До якісних ознак належать, наприклад, ознаки, що описують тип тих, яких навчають, тип, форму, зміст джерел інформації та ін.

У загальному випадку формалізований опис цілей тестування може включати деяку множину формул, пов'язаних між собою логічними операціями диз'юнкції і кон'юнкції.

Логічна послідовність досягнення цілей визначається відносинами між ними. Ці відносини можуть бути розділені на відносини підпорядкування, передування і дії [5].

Відносини підпорядкування цілей тестування x і y (позначимо xPy) визначають необхідні і достатні умови досягнення мети. Формально відносини підпорядкування можна представити у вигляді:

$$xPy \equiv \langle \langle \in \Phi_y \rangle \rangle \langle \langle x \in \Phi_y \rangle \rangle \langle \langle x \wedge \neg y \rightarrow \neg M \uparrow_y \rangle \rangle,$$

де Φ_y – множина складових мети тестування y ; $M \uparrow$ – оператор «можливо в майбутньому», а останній диз'юнктивні член висловлює необхідність x для досягнення y .

Відносини передування (xTy) визначають послідовність досягнення вищих цілей системи при досягненні цілей нижнього рівня протягом деякого проміжку часу.

Відношення передування визначається наступним чином: мета x передує цілі y , якщо існує така ситуація α і момент часу t для яких: якщо x істинно, то y помилково в цій ситуації і в цей момент часу. Формально це може бути виражене твердженням:

$$xTy \equiv \exists \alpha_1 \exists t_1 \exists \alpha_2 \exists t_2 \left[\langle \langle \alpha_1, t_1 \rangle \rangle \langle \langle \neg y \rangle \rangle \langle \langle \alpha_1, t_1 \rangle \rangle \langle \langle y \rangle \rangle \langle \langle \alpha_2, t_2 \rangle \rangle \langle \langle t_2 > t_1 \rangle \rangle \right],$$

де $\langle \langle \alpha, t \rangle \rangle \langle \langle x \rangle \rangle$ – позначають значення істинності формул x , y в ситуації α і момент часу t .

Відносини дії (xDy) характеризують дії системи з множини D , що визначають її перехід з одного стану в інший і є необхідними умовами такого переходу.

Всі типи відносин між цілями є відносинами суворого часткового порядку і мають властивості:

- 1) антирефлексивності – $\langle \langle Rx \rangle \rangle$,
- 2) антисиметричних – $\langle \langle Ry \rangle \rangle \rightarrow \neg \langle \langle Rx \rangle \rangle$,
- 3) транзитивність – $\langle \langle Ry \rangle \rangle \langle \langle Rz \rangle \rangle \rightarrow \langle \langle Rz \rangle \rangle$,

де R – одне з розглянутих відносин.

Розглянемо засоби формалізації і правила визначення ознак інформації для вирішення логіко-аналітичних завдань навчання.

Визначення варіантів дій при тестуванні може бути зведене до оцінки відповідності між виділеною на етапі розробки тестів множиною еталонних відповідей S_i^e і реальними відповідями S_i^n . Рішення даної задачі на початковому етапі передбачає визначення ступеня відповідності еталонних та поточних значень ознак.

Для цього необхідно:

1) формально представити значення еталонної та поточної ознакової інформації;

2) визначити правила порівняння (відповідності) значень еталонних та поточних ознак для розпізнавання правильних відповідей, виділених на етапі розробки тестів.

Для формального представлення знань про закономірності прояви значень поточної ознакової інформації пропонується використовувати метод формалізації, заснований на використанні положень нечітких мір і множин [1].

З огляду на прийнятий підхід до визначення класів подій, доцільно ввести деяку функцію, яка характеризує інформативність ознак.

В якості такої функції для кількісних ознак виберемо функцію приналежності $\mu_n^r \langle \leftarrow_m \rightarrow \rangle$ з областю визначення на інтервалі $[0, 1]$ і характеризує закономірності прояви значень ознаки x_m при описі n -го класу r -го алфавіту учасників процесу тестування.

Для формального опису кількісних ознак обґрунтовано використання нечітких LR-інтервалів:

$$\mu_n^r \langle \leftarrow_m \rightarrow \rangle = \langle A, B, C, D \rangle,$$

де B, C – відповідно нижнє і верхнє модальні значення ознаки (межі ядра нечіткого множини з найбільш можливим значенням ознаки); A, D – лівий і правий коефіцієнти нечіткості (найменше та найбільше значення ознаки).

Існує декілька видів представлення функції приналежності. В даній роботі запропоновано використання LR-інтервалів трапецоїдальної форми.

Аналітично функцію $\mu_n^r \langle \leftarrow_m \rightarrow \rangle$ можна записати у вигляді [5]:

$$\mu_n^r \langle \leftarrow_m \rightarrow \rangle = \begin{cases} 0, & \text{если } E_m \leq A; \\ \frac{E_m - A}{B - A}, & \text{если } A < E_m < B; \\ 1, & \text{если } B < E_m < C; \\ -\frac{E_m - D}{D - C}, & \text{если } C < E_m < D; \\ 0, & \text{если } E_m \geq D, \end{cases} .$$

де E_m – оцінка значення ознаки x_m .

Формалізований опис якісних ознак може бути представлено функцією можливості $\pi_n^r \left(\left[\frac{\cdot}{m} \right] \right)$ з областю визначення на інтервалі $[0, 1]$, що визначає ступінь можливості віднесення об'єкта (події) до n -го класу r -го алфавіту за значенням ознаки x_m .

Формалізація ознак за допомогою LR-інтервалів має наступні переваги [1]: можливість одночасного представлення даних зі стохастичною та не стохастичною невизначеністю в рамках єдиного формально-логічного апарату; простота з погляду користувача; висока виразність з погляду описових можливостей; зручність наступної обробки на рівні програмних модулів.

Кількісні ознаки характеризуються стохастичною невизначеністю (реалізація методів стохастичного оцінювання) і не стохастичною невизначеністю (поняття природної мови про значення кількісної ознаки).

Будемо вважати, що результати крапкового статистичного оцінювання закономірностей прояву значення ознаки знань студента розподілені по нормальному закону (рис. 2).

Тоді параметри нечіткого LR-інтервалу можна обчислити таким чином:

$$B = \hat{x} - 2\delta_{\hat{x}}; C = \hat{x} + 2\delta_{\hat{x}}; A = D = \hat{x}$$

де \hat{x} – поточне значення ознаки об'єкту; $\delta_{\hat{x}}$ – середньоквадратичне відхилення засобу вимірювання ознаки об'єкту.

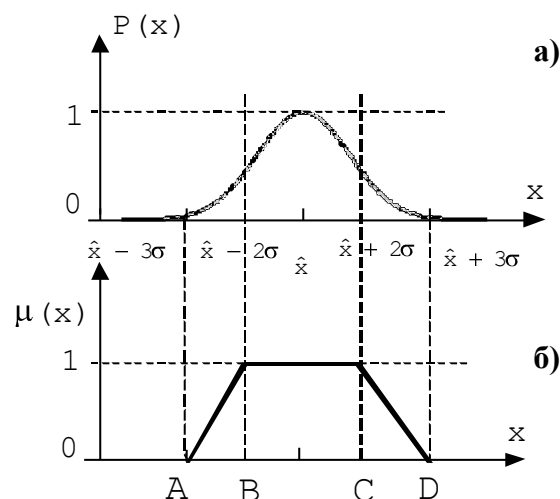


Рис. 2. Опис проявів значень ознак за допомогою: а) нормального закону, б) нечіткого LR-інтервалу

Оцінку значень кількісної ознаки з нестохастичною невизначеністю мож-

на представити у виді нечіткої змінної, котра задається набором з 3-х компонентів [4]:

$$\langle \text{Id}, X, R(Y, X) \rangle,$$

де Id – ім'я ознаки; X – множина припустимих значень ознаки; $R(Y, X)$ – нечітка множина, визначена на множині X та нечітке обмеження, що представляє собою, числове значення ознаки X , обумовлене лінгвістичним значенням Y .

Наприклад, для ознаки "уміння студента" з множиною припустимих значень $X = [1, 12]$, числовим значенням $X = 6$ і лінгвістичним значенням $Y =$ "біля" нечітка множина може мати наступний вид (рис. 3):

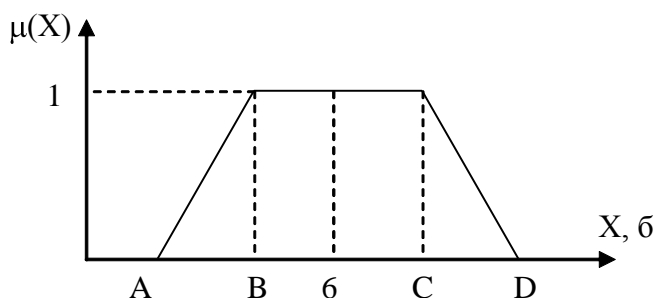


Рис. 3. Представлення у вигляді LR-інтервалу значення ознаки "біля б"

Параметри LR-інтервалів визначати таким чином:

$$A = k_A \cdot |x|$$

$$B = x + k_B \cdot |x|$$

$$C = x + k_C \cdot |x|$$

$$D = k_D \cdot |x|$$

де $|x|$ – потужність множини X ; k_A, k_B, k_C, k_D – числа з інтервалу $[-1, 1]$, що характеризують частину $|x|$ для кожного лінгвістичного значення Y .

Таким чином, формалізація кількісних даних про значення ознак полягає в побудові нечітких LR-інтервалів множини припустимих значень ознак, використовуючи при цьому статистичні дані (стохастична невизначеність) і знання експертів (нестохастична невизначеність).

Для прийняття рішення про близькість об'єкту до одного з класів, необхідно провести перевірку еталонних й поточних розподілів значень ознак та визначити їх ступінь близькості $\mu^*(x)$.

LR-інтервал є рівнобіною трапецією. Тому можливі два різних положення еталонної та поточної ознаки відносно одна одної: у першому випадку у всіх можливих взаємних положеннях розподілів $A_2 > A_1$; у другому випадку у всіх можливих взаємних положеннях $A_2 < A_1$ (Рис. 4):

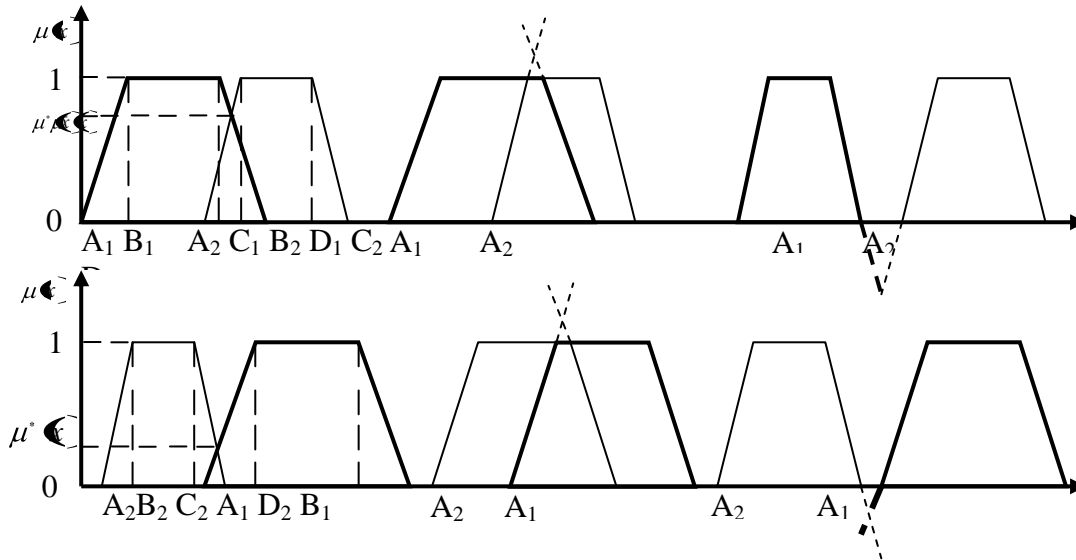


Рис. 4. Можливі варіанти перетинання еталонного й поточного розподілів деякої ознаки

При знаходженні точки перетинання двох розподілів необхідно в першому випадку розглянути прями A_1D_1 і A_2B_2 , у другому випадку – C_2D_2 і A_1B_1 і вирішити для них системи рівнянь.

Для першого випадку:

$$\begin{cases} Y_1 = -\frac{x_1 - d_1}{d_1 - c_1} \\ Y_2 = \frac{x_2 - a_2}{b_2 - a_2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} Y_1(d_1 - c_1) = d_1 - x_1 \\ Y_2(b_2 - a_2) = x_2 - a_2 \end{cases}$$

Оскільки значення функції в точці перетину однакове, то можна записати $Y_1 = Y_2 = Y$. Тоді:

$$Y(b_2 - a_2) + a_2 = d_1 + Y(d_1 - c_1)$$

$$Y(b_2 - a_2 + d_1 - c_1) = d_1 - a_2$$

$$Y = \frac{d_1 - a_2}{(b_2 - a_2 + d_1 - c_1)}$$

Аналогічно для другого випадку:

$$\begin{cases} Y_1 = \frac{x_1 - a_1}{b_1 - a_1} \\ Y_2 = \frac{x_2 - d_2}{d_2 - c_2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} Y_1(b_1 - a_1) = x_1 - a_1 \\ Y_2(d_2 - c_2) = d_2 - x_2 \end{cases}.$$

$$Y(b_1 - a_1) + a_1 = -Y(d_2 - c_2) + d_2$$

$$Y(b_2 - a_1 + d_1 - c_1) = c_2 - a_1 \quad .$$

$$Y = \frac{c_2 - a_1}{b_2 - a_1 + d_1 - c_1}$$

Якщо $Y \leq 0$, то оцінці ступеня відповідності ознаки еталонному слід присвоїти значення, рівне нулю. В інших випадках – значенню Y .

Таким чином, правило визначення $\mu^* \left(\leftarrow \right)$ можна записати у вигляді:

$$\mu^* \left(\leftarrow \right) = \begin{cases} 1, Y \geq 1 \\ 0, Y \leq 0 \\ \frac{c_2 - a_1}{b_2 - a_1 + d_1 - c_1}, a_1 > a_2 \quad . \\ \frac{d_1 - a_2}{b_2 - a_2 + d_1 - c_1}, a_2 > a_1 \end{cases}$$

Отримані правила визначення $\mu \left(\leftarrow \right)$ дозволяють визначити ступінь близькості еталонного й поточного розподілів значень ознаки.

Для формалізованого опису процесу тестування будемо використовувати наступну множину ознак [5]:

$$X = \{NW, T, T_d, MO, MO_d, R, R_d, O, O_d\},$$

де NW – кількість питань в TV_{kn} тесті; T – час, припустимий на тестування в TV_{kn} тесті; T_d – результати порівняння припустимого й поточного часу на тестування в TV_{kn} тесті («так», «ні»), MO – кількість помилок, припустима в TV_{kn} тесті, MO_d – результати порівняння припустимої й фактичної кількості помилок

(«так», «ні») в TV_{kn} тесті, R – припустима кількість повторень питання в TV_{kn} тесті; R_d – результати порівняння припустимої й фактичної кількості повторень питання в TV_{kn} тесті; O – оцінка за TV_{kn} тест у заданій метриці; O_d – результати порівняння оцінки із припустимою для TV_{kn} тесту.

Формалізований опис еталонних розподілів значень кількісних і якісних ознак для опису результатів тестування можна представити у вигляді:

$$\Phi_n^r \langle \mathbb{K}_m \rangle = \langle \mu_n^r \langle \mathbb{K}_m \rangle, \pi_n^r \langle \mathbb{K}_m \rangle \rangle,$$

де $\Phi_n^r \langle \mathbb{K}_m \rangle$ – множина еталонних розподілів значень ознак X_m , $m=1, \dots, M$ – номер ознаки (групи ознак), M – кількість ознак, використовуваних для опису типів тих, яких навчають; $\mu_n^r \langle \mathbb{K}_m \rangle = \langle A, B, C, D \rangle$ – розподіл значень кількісних ознак при описі n -го класу r -го алфавіту, представлені у вигляді нечіткого LR-інтервалу; $\pi_n^r \langle \mathbb{K}_m \rangle$ – розподіл функцій приналежності об'єкта (події) до n -му класу r -го алфавіту за значенням якісної ознаки X_m .

Використовуючи множину поточних ознак $X_j = \{NW_j, T_j, T_{dj}, MO_j, MO_{dj}, R_j, R_{dj}, O_j, O_{dj}\}$, що характеризують для кожного j -го учасника процесу навчання тест TV_{kn} , $j = \overline{1, J}$, де J – кількість тих, яких навчають у групі, і правила подання значень ознак у вигляді нечітких множин, одержимо формалізований опис у вигляді функцій описів кількісних $\mu \langle \mathbb{K}_j \rangle$ і якісних $\pi \langle \mathbb{K}_j \rangle$ поточних ознак [5].

В роботі [5] запропоновано підхід до формування аксіом щодо визначення результатів тестування та використання неоднорідної ієрархічної функціональної мережі для організації логічного виводу, яка дозволяє ефективно і наглядно представити результати тестування на основі сформульованих правил.

Закінчення. Використання положень теорії нечітких мір і множин, а саме нечітких LR-інтервалів дозволить врахувати нечіткість, неповноту і різномірність інформації під час тестування та приймати якісні рішення щодо рівня знань студентів.

Розроблений математичний опис визначення функції приналежності при різних значеннях розподілів поточних ознак дасть змогу автоматизувати процес тестування.

Література

1. Дюбуа Д. Теория возможностей. Приложения к представлению знаний в информатике /Д. Дюбуа, А. Прад // Перевод с фр. – М. : Радио и связь, 1990. – 288 с.
2. Затхей В. А. Формалізація знань в системі дистанційного навчання / В. А. Затхей, І. П. Ковріжних // Системи обробки інформації. – Х. : Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба. – 2012. – Вип. 8(106) – С. 242.
3. Затхей В. А. Селезнев С. Е. Использование функциональных сетей для означивания начальных условий в открытых экспертных системах / В. А. Затхей, С. Е. Селезньов // Збірник наукових праць / ХВУ. – Х. , 2000. – Вип. 4(30). – С. 126-131.
4. Затхей В. А. Формально-логический аппарат представления знаний о процессах управления обучением в экспертных обучающих системах / В. А. Затхей, Н. В. Шаронова, И. Е. Лещенко // «АСУ и приборы автоматики» № 130/ М-во образования и науки Украины, Харьковский национальный университет радиоэлектроники. – Х. , 2005.- С. 52-56.
5. Моделі визначення компетентностей у системі дистанційного навчання: монографія / В. П. Степанов, І. О. Борозенець, В. П. Бурдаєв та ін.; за заг. ред. Степанова В. П. – Х. : Вид. ХНЕУ, 213. – 224.