

**УЗАГАЛЬНЕНА МОДЕЛЬ АНАЛІЗУ ІНЖЕНЕРНОЇ ПІДГОТОВКИ  
СТУДЕНТІВ ВИЩИХ ТЕХНІЧНИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ***Носов П.С.,**Одеський національний політехнічний університет, Херсонська філія*

**Вступ.** Одним із найважливіших завдань професійної освіти є зміцнення зв'язку теоретичних знань із практичними спеціальними вміннями та навичками. Відомо, що кожен суб'єкт навчання оперує образами, складні образи формуються на основі асоціативних зв'язків властивостей раніше сформованих образів, згідно з набутим рівнем світосприйняття суб'єкта навчання. Спостереження свідчать, що студенти вищих технічних закладів не повною мірою ототожнюють інженерну підготовку зі своєю майбутньою професією. Це можна пояснити недостатньо вираженими зв'язками між інженерними і спеціальними дисциплінами, що ізолюють інженерну підготовку. У зв'язку з цим суттєво знижується не тільки рівень мотивації під час вивчення інженерних дисциплін, але і те, що значний клас понять, що розглядається в інженерних фахових дисциплінах, практично не засвоюється.

**Актуальність дослідження.** Проблема, що склалася, може бути усунена насамперед викладачем, високий рівень педагогічної майстерності якого дозволяє постійно акцентувати увагу на ключових термінах, поняттях, принципах і пов'язувати їх з курсом спеціальної підготовки. Проте у більшості випадків сфокусувати належну увагу студентів на об'єктах вивчення інженерних дисциплін повною мірою не вдається. Таким чином, виникає суперечність між вимогами освітніх стандартів, принципів професійної освіти і дійсним рівнем інженерної підготовки студентів. Необхідність у вирішенні позначеної суперечності вказує на актуальність даної проблеми.

**Постановка задачі.** Не дивлячись на наявні причини такої проблеми, першочергова складність вибору методології, її рішення полягає у відсутності класифікації досліджуваних міждисциплінарних і міжоб'єктних зв'язків у рамках певної дисципліни або предметної області (Про). Відсутність вагових коефіцієнтів зв'язків, у свою чергу, не дозволяє об'єктивно оцінювати пріоритет відносин об'єктів вивчення. При цьому, відсутність інформаційної моделі студента (ІМС) не дає можливості проводити імітаційне моделювання в різних педагогічних ситуаціях, виконувати прогнозування можливих станів ІМС, що накладає невизначеність на навчальний процес у цілому.

Один з перших підходів рішення задачі класифікації міждисциплінарних зв'язків у даній проблемі був запропонований професором Растрігіним Л.А. і Еренштейном М.Х. [1]. Даний підхід базувався на побудові наближеної моделі знань суб'єкту навчання і адаптації до її властивостей для забезпечення найбільшої адекватності навчального

процесу відповідно до індивідуальних когнітивних властивостей. Надалі цей підхід отримав назву – мультилінгвістична адаптивно-навчальна технологія (МЛ-технологія). Указана технологія ґрунтується на моделюванні пам'яті суб'єкта в навчальному процесі [2]. У МЛ-технології пам'ять суб'єкта навчання представляється у вигляді сукупності певної кількості термінів. Так, при вивченні 1-ої ПрО, внаслідок поетапного поповнення знань, у пам'яті генерується нова множина термінів  $K_N = \{k_1, \dots, k_N\}$  і їх значень. При актуалізації  $i$ -го терміну в пам'яті виникають асоціації з його значенням:  $K_E = \{k_1, \dots, k_E\}$ . При вивченні 2-ої ПрО через певний проміжок часу в пам'яті формуються нові значення для нових термінів і правил, множина яких позначена як  $K_G = \{k_1, \dots, k_G\}$ . Множину значень 2-ої ПрО –  $KG$  частково перекриває множина значень 1-ої ПрО –  $KE$ , оскільки кількість елементів множини  $KE$  в залежності від часу після кінцевого етапу навчання зменшується.

Не дивлячись на те, що результатом даного дослідження було знаходження функціональної залежності від часу засвоєння термінів, проте МЛ-технологія не враховує асоціативних зв'язків між термінами в рамках однієї ПрО. Крім того аналізувалися терміни – філологічні синоніми, а не властивості образів.

**Результати досліджень.** Одним із шляхів знаходження причин певних дій студента – це розгляд ситуації в рамках системного підходу. При цьому, ситуацію необхідно описати з урахуванням проявів попередньої інтелектуальної діяльності студента і визначити функціональні залежності між концептами ПрО – навчальними елементами. Для цього необхідно виконати ряд наступних завдань:

1. Провести класифікацію та індексацію всіх навчальних елементів, у межах дисципліни, що вивчається.
2. Представити навчальні елементи у вигляді складних об'єктів, властивості яких відображаються у відповідних когнітивних властивостях (КВ) [3, 4].
3. Визначити зв'язки між результатами рішення практичних завдань і КВ.
4. Визначити залежності зв'язків навчальних елементів у вигляді відносин КВ для окремо взятого студента.
5. Виконати композицію нечітких відносин КВ у вигляді кінцевої нечіткої множини.
6. Виділити класифікуючу нечітку множину професійних компетенцій студента з метою визначення схильності студента до напрямів майбутньої професії. З метою наочності, розглянемо послідовність результатів виконання завдань відносно фрагменту інтелектуальної діяльності студента. Припустимо, що студент ініціалізував зв'язки між навчальними елементами, які відображені на рисунку 1.

Таким чином, за допомогою (min-max) композиції можна відстежити зв'язки між навчальними елементами та їх вагові коефіцієнти. Під час аналізу зв'язків між навчальними елементами, представляється можливість

визначити нечіткі відносини КВ конкретного студента у вигляді нечіткого графа.

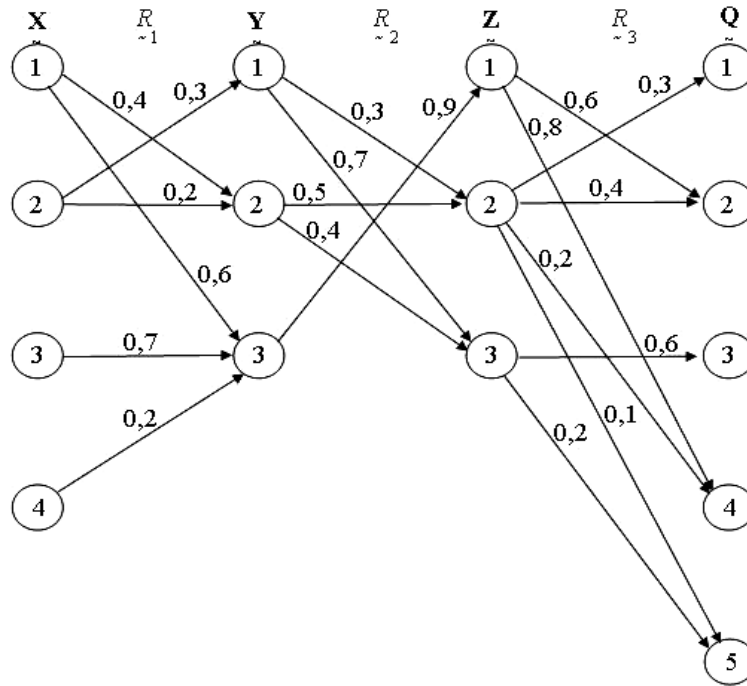


Рисунок 1. Нечіткі відносини множини навчальних елементів

Композиція нечітких відносин  $R_{\sim 1} \circ R_{\sim 2} \circ R_{\sim 3}$ , наведена таблично щодо множини навчальних елементів і тимчасових зрізів знань студента: X, Y, Z, Q.

$R_{\sim 1} \circ R_{\sim 2} \circ R_{\sim 3}$	q1	q2	q3	q4	q5
1	0,3	0,6	0,4	0,6	0,2
2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2
3	0	0,6	0	0,7	0
4	0	0,2	0	0,2	0

Даний нечіткий граф є апроксимацією бінарного нечіткого відношення  $K$ , яке задається на базисній множині КВ і КВ',  $K = \{ \langle kv_i, kv_j \rangle, \mu_K(\langle kv_i, kv_j \rangle) \}$ , де  $\mu_K(\langle kv_i, kv_j \rangle)$  – функція приналежності бінарного нечіткого відношення, яка визначається як відношення  $\mu_K : KB \times KB' \rightarrow [0, 1]$ , а через  $\langle kv_i, kv_j \rangle$  позначений кортеж із двох елементів, при цьому  $kv_i \in KB, kv_j \in KB'$ . Параметри нечіткого графа дають можливість визначити результуючі нечіткі відносини КВ окремого студента. Для цього необхідно декомпонувати кожен КВ щодо графа. Отримані нечіткі множини, проаналізуємо по індексу нечіткості  $\eta(KB_i)$  (1).

$$\eta(KB_i) = \frac{4}{N} \sum_{i=1}^N \mu_{KB_i}^-(x_i). \quad (1)$$

Дані KB студента вказують на відносини навчальних елементів інженерних і спеціальних дисциплін, утворюючи тим самим метадані – знання і правила, що визначають особливості моделі поведінки студента в навчальному просторі.

Наступним етапом дослідження є розробка формального апарату експертної системи для порівняння значень отриманих характеристик щодо бази знань професійних компетенцій. При розробці інтелектуальної експертної системи пропонується обрати нечітку модель. Це пов'язано з тим, що основна частина інформації про навчання студента може бути отримана експертним шляхом або у вигляді евристичних описів процесів. Первинний аналіз рівня інженерної підготовки студента може бути представлений декомпозицією підзадач по діагностиці окремих рівнів міждисциплінарних і міжоб'єктних взаємозв'язків.

Кожен такий рівень представляється у вигляді нелінійного об'єкта з множиною вхідних змінних  $\{x_i\}, i = \overline{1, n}$  і однієї вихідної змінної  $y = f_y(x_1, x_2, \dots, x_n)$ .

Для встановлення залежності між  $\{x_i\}$  і  $y$  зручніше використовувати якісні терми з наступних терм-множин, заданих на універсальній множині, де  $R_i = \{r_i^1, \dots, r_i^{l_i}\}$  – терм-множина змінної  $\{x_i\}, i = \overline{1, n}$  і  $T = \{d_1, \dots, d_m\}$  – терм-множина змінної  $y$ .

Для опису нечіткої бази знань пропонується застосувати алгоритм Мамдані [5] (2).

$$\bigcup_{p=1}^{k_j} \left[ \bigcap_{i=1}^n (x_i = r_i^{jz}) \text{ з вагою } \omega_{jz} \right] \rightarrow y = d_j, j = \overline{1, m}, \quad (2)$$

де  $r_i^{jz}$  – нечіткий терм, яким оцінюється значення входу  $x_i$ ,

$t_j$  – нечіткий терм вихід, що описує  $y$ ,

$m$  – кількість термів, використаних для лінгвістичної оцінки вихідних даних,

$\omega_{jz} \in [0, 1]$  – ваговий коефіцієнт правил з номером  $jz$ .

Алгоритм нечіткого логічного виводу залежить від функції приналежності  $\mu^{r_i^{jz}}(x_i)$  входу  $x_i \in [\underline{x}_i, \overline{x}_i]$  нечіткому терму, що представляє процес фазифікації змінної  $x_i$ :

$$r_i^{jz} = \int_{\underline{x}_i}^{\overline{x}_i} \mu^{r_i^{jz}}(x_i) / x_i. \quad (3)$$

У свою чергу фаззифікація змінної  $y$ ,  $t_j = \int_{\underline{y}}^{\bar{y}} \mu^{t_j}(y) / y$  здійснюється шляхом завдання функції приналежності  $\mu^{t_j}(y)$  виходу  $y \in [\underline{y}, \bar{y}]$  нечіткому терму-рішенню  $t_j$ . Ступінь приналежності  $\{x_i\}$  нечіткому терму  $t_j$  з бази знань визначається системою рівнянь:  $\mu^{t_j}(x_i) = \bigvee_{z=1}^{k_j} [\bigwedge_{i=1}^n \mu^{r_i^z}(x_i)]$ ,  $j = \overline{1, m}$  і визначається як (4):

$$\tilde{y} = \bigcup_{j=1}^m \int_{\underline{y}}^{\bar{y}} \min(\mu^{t_j}(x_i), \mu^{t_j}(y)) / y. \quad (4)$$

Процес дефаззифікації пропонується проводити методом центру ваги для всіх змінних:  $y = \int_{\underline{y}}^{\bar{y}} y \mu_y dy / \int_{\underline{y}}^{\bar{y}} \mu_y dy$ .

Описана нечітка модель передбачає подальшу оптимізацію із застосуванням навчальної вибірки в конкретних педагогічних ситуаціях, налаштування моделі може здійснюватися як по структурі, так і по параметрах, залежно від стратегії застосування «м'яких обчислень» і еволюції ІМС. Така еволюція у рамках навчального процесу, передбачає зміну сталих взаємозв'язків навчальних елементів через зовнішні й внутрішні чинники. Через це, важливим етапом аналізу інженерної підготовки майбутніх фахівців – це вчасне виявлення тенденцій зміни зв'язків відносно навчальних елементів. Сигналом зміни таких зв'язків є симптоми, що повторюються, під час неспрацьовування визначених правил. Фіксація сигналів зміни зв'язків дозволяє класифікувати ІМС, визначити її приналежність до конкретної, ціле орієнтованої групи суб'єктів навчання. При цьому множина альтернатив у рамках навчального простору обмежена, оскільки існує максимум навчальних елементів певної інженерної дисципліни.

Ураховуючи вищезазначене, представимо задачу знаходження приналежності студента до конкретної, ціле орієнтованої групи суб'єктів навчання в термінах математичного апарату Парето оптимальних альтернатив нечіткого відношення переваги.

Хай на універсальній множині альтернатив  $X$  задані відносини переваги  $R_1, R_2, \dots, R_m$ , нечіткі з функціями приналежності  $\mu_j(\zeta_i, \zeta_j)$ , а також – вагові коефіцієнти відповідних відносин. Побудуємо згортку відносин

$R_1, R_2, \dots, R_m$  у вигляді перетину  $Q_1 = \bigcap_{j=1}^m R_j$ , з функцією приналежності (5):

$$\mu_{Q_1}(\zeta_i, \zeta_j) = \min\{\mu_1(\zeta_i, \zeta_j), \mu_2(\zeta_i, \zeta_j), \dots, \mu_m(\zeta_i, \zeta_j)\}. \quad (5)$$

Визначимо множину альтернатив, що не домінують  $Q_1^{na}$  на множині  $(\Sigma, Q_1)$  (6).

$$\mu_{Q_2}^{na}(\zeta_i) = 1 - \sup_{\zeta_j \in \Sigma} \left\{ \sum_{j=1}^m \mu_{Q_1}(\zeta_i, \zeta_j) - \mu_{Q_1}(\zeta_j, \zeta_i) \right\}. \quad (6)$$

Використовуючи згортку критеріїв, будемо нечітке відношення переваги  $Q_2$  (7):

$$\mu_{Q_2}(\zeta_i, \zeta_j) = \sum_{j=1}^m \omega_j \mu_j(\zeta_i, \zeta_j), \sum_{j=1}^m \omega_j = 1, \omega_j \geq 0. \quad (7)$$

Знаходимо нечітку підмножину альтернатив, що не домінують відносно  $Q_2$  (8):

$$\mu_{Q_2}^{na}(\zeta_i) = 1 - \sup_{\zeta_j \in \Sigma} \left\{ \sum_{j=1}^m \mu_{Q_2}(\zeta_j, \zeta_i) - \mu_{Q_2}(\zeta_i, \zeta_j) \right\}. \quad (8)$$

Знаходимо перетин множин  $Q_1^{na}$  та  $Q_2^{na}$  і загальну множину альтернатив, що не домінує  $Q_{na} = Q_1^{na} \cap Q_2^{na}$  з функцією приналежності  $\mu_{na}(\zeta_i) = \min\{\mu_{Q_1}^{na}(\zeta_i), \mu_{Q_2}^{na}(\zeta_i)\}$ . Тоді раціональним уважатиметься вибір альтернатив із множини (9).

$$\Sigma_{na} = \left\{ \zeta_i^+ : \mu_{na}(\zeta_i^+) = \sup_x \mu_{na}(\zeta_i), \zeta_i \in \Sigma \right\}. \quad (9)$$

Визначивши рівень переваг студента, з'являється можливість у визначенні ймовірності переходу в один з проміжних станів ІМС:  $G_i = f(\Sigma_{na})$ .

$G_0$  – аналіз навчального простору;

$G_1$  – вибір стратегії навчання;

$G_3$  – тактика вивчення дисциплін згідно зі сформульованими перевагами ІМС.

Відповідно до теореми Колмогорова [6], отримуємо систему рівнянь (10):

$$\begin{cases} \frac{dG_0(\tau)}{dt} = -g_{01}G_0(\tau) + g_{10}G_1(\tau); \\ \frac{dG_1(\tau)}{d\tau} = -(\tau_{10} + \tau_{12})G_1(\tau) + \tau_{01}G_0(\tau); \\ \frac{dG_2(\tau)}{d\tau} = \tau_{12}G_1(\tau) - \tau_{21}G_2(\tau); \\ G_0(\tau) + G_1(\tau) + G_2(\tau) = 1; G_0(\tau) = 1, G_1(\tau) = 0, G_2(\tau) = 0. \end{cases} \quad (10)$$

Статичним рішенням даної системи рівнянь буде:

$$G_1 = \frac{g_{01}}{g_{10}},$$

$$G_2 = \frac{g_{01}g_{12}}{g_{21}g_{10}}.$$

Таким чином, на базі марківських дискретних однорідних ланцюгів з'являється можливість виконати оцінку ймовірності переходу ІМС у нові стани з урахуванням індивідуальних особливостей та інтересів студентів до навчальних дисциплін.

**Висновки.** У даній роботі розглянуто основні принципи і комбінації застосування математичних моделей, спрямованих на вирішення проблеми виявлення зв'язків між інженерними і спеціальними дисциплінами в ході підготовки студентів. Використання узагальненої моделі спрямовано на формалізацію і упорядковування бази знань ІМС. Застосування експертної системи підтримки прийняття рішень дасть можливість зменшити суб'єктивний вплив на інженерну підготовку студентів, а також підвищити інформативність навчального процесу.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Растринин Л.А., Эренштейн М.Х. Адаптивное обучение с моделью обучаемого. – Рига : Знание, 1988. – 160 с.
2. Ковалев И.В., Ступина А.А., Суздалева Е.А. Информационно-алгоритмическое обеспечение мультилингвистической обучающей технологии : материалы 4-й региональной НМК [«Современное образование: массовость и качество»]. – Томск : ТГУСУР, 2001. – С. 98–99.
3. Солсо Р. Когнитивная психология. – 6-е изд. – СПб. : Питер, 2006. – 589 с.
4. Носов П.С., Яковенко О.Є., Тонконогий В.М. Використання компонентів мислення експертними системами, як фактору адаптивного впливу в автоматизованих навчальних системах : труды Одес. политехн. ун-та. – Одеса : ОНПУ, 2005. – Спецвыпуск. – С. 101–105.
5. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – СПб. : БХВ-Петербург, 2005. – 736 с.
6. Портенко Н.И., Скороход А.В., Шуренков В.М. Марковские процессы // Итоги науки и техники. Современные проблемы математики. – М. : ВИНТИ, 1989. – 248 с.