ТЕХНІЧНІ НАУКИ

УДК 1082

МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ЗНАНЬ ТА ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО РЕСУРСУ В СИСТЕМІ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ

Беліченко М.А., Кравченко Ю.В.
Київський національний університет імені Тараса Шевченка

У статті викладені теоретичні аспекти використання інформаційного ресурсу системи дистанційного навчання як сукупність взаємозалежних математичних моделей, методів, методик аналізу й синтезу процесу структурування знань.

Ключові слова: інформаційного ресурс, дистанційне навчання, нечітка семантична мережа, елементарна семантична мережа 1-го роду, елементарна семантична мережа 2-го роду, N-арна неоднорідна семантична мережа, метод обчислення нечітких кванторів, нечіткий предикат.

Методологічні аспекти структурування знань іншими словами ефективного використання інформаційного ресурсу системи дистанційного навчання університету призначені для науково-методичного обґрунтування практичних рекомендації із впровадження в систему дистанційного навчання. У світі розроблені й успішно використовуються системи дистанційного навчання, що пропонують послуги з вивчення різних навчальних програм і курсів. Системи сітьового дистанційного навчання складаються з наступних базових елементів [1; 4; 5; 6; 7]:

- навчального закладу, як організаційної структури дистанційної форми навчання;
- інформаційних ресурсів – баз даних учбово-довідкових матеріалів;
- технічних і програмних засобів забезпечення технології дистанційного навчання;
- викладачі дистанційної форми навчання (тьютори) і ті, що навчаються (студенти, слухачі).

Моделювання або представлення знань – це створення певної моделі, в якій може бути відображена існуюча структура знань та метод дослідження об'єктів пізнання. Як відомо, моделювання може бути предметним і знаковим. Предметним моделюванням називається дослідження моделі, відтворюючої реальний об'єкт, знаковим – дослідження символів об'єкту на основі логіко-математичних структур. Моделювання є однією з гносеологічних категорій, що дозволяють пізнати об'єкт на основі дослідження його моделі [2; 5; 6].

Основними принципами використання інформаційного ресурсу є: абстрагування, інкапсуляція, модульність, ієрархічність, типізація, паралелізм і збереженість. Кожний із цих принципів сам по собі не новий [2], але в запропонованій послідовності вони застосовані вперше.

Дана *N*-арна неоднорідна семантична мережа $S = (V, D, \Gamma)$, де V – множина вершин (понять) мережі потужності $|V| = n$; D – множина дуг (відносин між поняттями) мережі потужності $|D| = m$; $\Gamma = (\Gamma_V, \Gamma_D)$ – множина ваг вершин і дуг мережі відповідно, потужністю $|\Gamma| = |\Gamma_V \cup \Gamma_D| = n + m, \quad n, m \in N$, $\gamma_i \in \Gamma_V, \ i = \overline{1,n}; \ \gamma_j \in \Gamma_D, \ j = \overline{n+1,m}$ (рис. 2.1).

Сучасна теорія навантажених орграфів розроблена для випадку коли $|\Gamma| = |\Gamma_D| = m, \quad m \in N$, тобто враховуються тільки ваги дуг, а $\Gamma_V = \varnothing$ [4,6,7,9,12,13,54]. Таким чином, виникла **теоретична проблема** математичної формалізації *N*-арної неоднорідної семантичної мережі $S = (V, D, \Gamma)$.

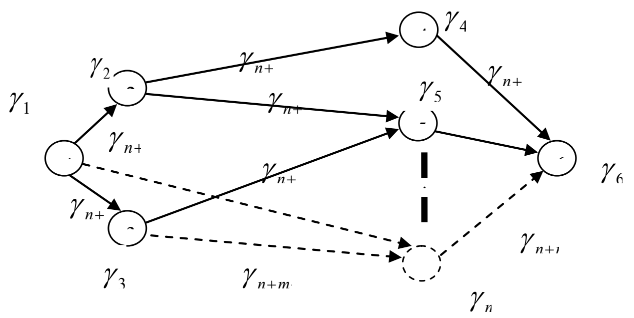

Рис. 2.1. N-арна неоднорідна семантична мережа S = (V, D, Г)

Пропонується наступний підхід щодо розв'язання даної проблеми. Уведемо поняття «елементарна семантична мережа 1-го роду», як мережа із двох вершин і дуги між ними з відповідними вагами (рис. 2.2).

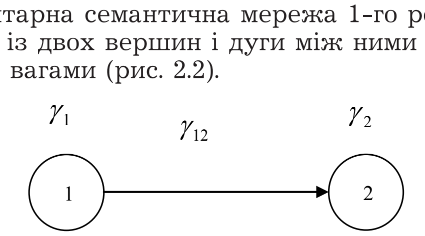

Рис. 2.2. Елементарна семантична мережа 1-го роду

Тоді логічно ввести поняття «наведена елементарна семантична мережа 1-го роду» з вагою дуги γ, що відповідає елементарній семантичній мережі 1-го роду (рис. 2.3).

$$\gamma = \Theta_k(\gamma_1, \gamma_2, \gamma_{12}) \equiv m, \ m^T = (m_0, m_1), \ (2.1)$$

де $\Theta_k(\gamma_1, \gamma_2, \gamma_{12}) \equiv m$ – предикат, що приймає значення нечіткого логічного вектору.

Очевидно, що мережа (рис.) отримана після перетворення мережі (рис. 2.2). Область значення предиката розширена від традиційних 0 або 1 до нечіткого двохкомпонентного логічного вектору [57] $m_{ijk}^T = (m_{0ijk}, m_{1ijk})$, при цьому якщо $m_{ijk}^T = (0,1)$, то вектор приймає значення «істинно», а якщо $m_{ijk}^{T} = (1, 0)$, то – «хибно».

Крім цього повинні бути здійсненні умови

$$0 \geq m_{0ilk}\,,\ m_{1ilk \geq}1,\ m_{0ijk} + m_{0ilk} = 1. \qquad (2.2)$$

Заперечення вектору $\overline{m_{ijk}}$ відповідає перестановці його елементів $\overline{m}_{ilk}^{T} = (m_{1ijk}, m_{0ilk})$. Мірою нечіткості логічного вектору m_{ijk} служить ентропія $S(m_{ijk}) = -m_{0ijk}\log_2 m_{0ijk} - m_{1ilk}\log_2 m_{1ijk}$. Мірою нечіткості семантичної мережі є величина $S(M) = \sum_{i,j} S(m_{ijk})$, де $m_{ijk} \in M$, $i = \overline{1,l}$, $j = \overline{1,c}$, $i, j \in N$.

Кожної логічної операції між векторними змінними зіставляється тензор 3-рангу. При цьому тензори зберігають той вид, що вони мали у векторному представленні традиційної чіткої логіки. Це дозволяє однозначно описати операції над нечіткими логічними змінними. Крім того, між операціями зберігаються ті ж зв'язки, які мали місце в чіткій логіці. Істотна зручність векторного представлення полягає в тому, що операції над логічними змінними можуть бути представлені в матричному виді.

Пропонований підхід відрізняється від існуючої теорії нечітких предикатів, тим що замість значення нечіткого логічного вектору предикату ставиться у відповідність ***нечітка семантична мережа***. Це дозволило при логічних висновках об'єднати переваги теорії предикатів, векторного представлення логічної змінної й теорії матриць.

Уведемо поняття «елементарна семантична мережа 2-роду» (рис. 2.3) $S = (V, D, \Gamma)$, $|V| = n$, $|D| = m$, $|\Gamma| = |\Gamma_V \cup \Gamma_D| = n + m,\ \ n, m \in N$, як мережа, що у результаті перетворень (2.1), (2.2) може стати так називаною «приведеною елементарною семантичною мережею 2-роду» $S^* = (V^*, D^*, \Gamma^*)$, для якої

$$|V| > |V^*| > 2;\ |D| > |D^*| > 1;\ |\Gamma| > |\Gamma^*| > 3. \qquad (2.3)$$

Таким чином, запропонований підхід дозволив розв'язати теоретичну проблему математичної формалізації *N*-арної неоднорідної семантичної мережі. Найбільш перспективною, на наш погляд, є, розроблена модель, що поєднує переваги теорій предикатів, нечіткої логіки й семантичних мереж.

Визначення 2.1. Нехай змінні $\gamma_1, \gamma_2, ..., \gamma_{n+m}$ приймають значення, що належать довільним множинам: $\gamma_i \in \Gamma_V,\ i = 1, 2, ..., n,\ \gamma_j \in \Gamma_D,\ j = n+1, n+2, ..., m$, тоді функція $y = \Theta(\gamma_1, \gamma_2, ..., \gamma_{n+m})$, якій можна поставити у відповідність нечітку семантичну мережу $S = (V, D, \Gamma)$, тобто $\Theta(\gamma_1, \gamma_2, ..., \gamma_{n+m}) \equiv S$, де V – множина вершин (понять) мережі потужності $|V| = n$; D – множина дуг (відносин між поняттями) мережі потужності $|D| = m$; $\Gamma = (\Gamma_V, \Gamma_D)$ – множина ваг вершин і дуг мережі відповідно, потужністю $|\Gamma| = |\Gamma_V \cup \Gamma_D| = n + m,\ \ n, m \in N$, $\gamma_i \in \Gamma_V,\ i = \overline{1, n};\quad \gamma_j \in \Gamma_D,\ j = \overline{n+1, m}$ називається **n+m-місцевим предикатом на нечіткій семантичній мережі**.

Тому що будь-яку нечітку семантичну мережу $S = (V, D, \Gamma)$ можна представити навантаженим орграфом у вигляді наведеної елементарної семантичної мережі 2-роду, то вищевказану мережу можна описати однією й тільки однією матрицею суміжності М.

Таким чином, математична формалізація даного твердження має вигляд

$$\forall\, \gamma_i \in V, i = \overline{1, n}, \gamma_j \in D, j = \overline{n+1, m} \Rightarrow \exists$$

$$\Theta_k(x_1, x_2, ..., x_m) \equiv \begin{Vmatrix} m_{11k} & m_{12k} & ... & m_{1ck} \\ m_{21k} & m_{22k} & ... & m_{21k} \\ \vdots & & ... & \vdots \\ m_{l1k} & m_{l2k} & ... & m_{lck} \end{Vmatrix}. \qquad (2.4)$$

Область значень елементів матриці суміжності розширена від традиційних 0 або 1 до нечіткого двохкомпонентного логічного вектору $m_{ijk}^{T} = (m_{0ijk}, m_{1ijk})$.

Отже, логіка нечітких предикатів розвинена у векторно-матричному представленні. Предикат представимо як векторне поле нечітких змінних над заданою множиною термів. Досліджуємо операції над предикатами, розробимо варіант побудови нечіткого висновку на основі правил, сформульованих у вигляді відносин між предикатами. Дамо визначення й визначимо метод обчислення нечітких кванторів ∀ й ∃.

Mizraji E. в роботі «Vector logics: The matrix-vector representation of logical calculus» розвинув матричне представлення нечіткої логіки, природно узагальнюючий апарат звичайної «чіткої» логіки. Відправною крапкою було обрано тензорне представлення логіки, запропоноване E. Mizraji. Логічні змінні представлені *2D* векторами $m^T = (m_0, m_1)$ компонента, яких задовольняють умовам: $0 \geq m_0,\ m_1 \leq 1,\ m_0 + m_1 = 1$. Заперечення $\overline{m}$ вектора m еквівалентно перестановці його компонент: $\overline{m}^T = (m_0, m_1)$. Простір нечітких векторів позначаємо символом *F*. Мірою нечіткості логічного вектора $m \in F$ служить ентропія

$$S(m) = -m_0\log_2 m_0 - m_1\log_2 m_1.$$

Кожної логічної операції *P* між векторними змінними *m, y* зіставляється тензор 3-рангу $T^{(P)}$, що реалізує відображення $m \otimes y \xrightarrow{P} z$ (або $F \otimes F \xrightarrow{P} F$). При цьому тензори $T^{(P)}$ зберігають той вид, що вони мали у векторному представленні «чіткої» логіки. Це дозволяє однозначно інтерпретувати операції над нечіткими логічними змінними. Крім того, між операціями зберігаються ті ж зв'язки, які мали місце в «чіткій» логіці, наприклад, правила де Моргана. Однак алгебраїчні властивості деяких операцій над «істотно нечіткими» змінними, такі як ідемпотентність, дистрибутивність, закон виключення третього й закон протиріччя, у нечіткій логіці не виконуються. При цьому вони залишаються справедливими для випадку, коли логічні змінні приймають чіткі значення, що збігаються з векторами «базису» $\left(e^{(0)}\right)^T = (1,0)$ або $\left(e^{(1)}\right)^T = (0,1)$, що мають зміст «неправда» й «істина» відповідно.

Велика зручність векторного представлення полягає в тому, що операції над логічними змінними можуть бути представлені в матричному виді. Наприклад, зіставляючи вектору *m* кон'юнктиву *C (m)* й диз'юнктивну *D (m)* матриці

$$\tilde{N}(m) = \begin{pmatrix} 1 & m_0 \\ 0 & m_1 \end{pmatrix};\ D(m) = \begin{pmatrix} m_0 & 0 \\ m_1 & 1 \end{pmatrix}, \qquad (2.5)$$

представимо нечіткі кон'юнкцію, диз'юнкцію й імплікацію у вигляді

$$m \wedge y:\ \ C(m)y;\ \ m \vee y:\ \ D(m)y;\ \ m \to y:\ \ D(\overline{m})y. \qquad (2.6)$$

Це дозволяє виразити результат операцій через компоненти вихідних векторів («співмножників»), а також використати при рішенні логічних задач матричну алгебру.

Відзначимо також, що будь-яка формула, що зв'язує нечіткі змінні має реалізацію у вигляді розгалуженої електричної схеми, що містить певне число дільників струму, що природно узагальнює схеми з дискретними перемикачами в реалізаціях «чіткої» логіки.

Основне достоїнство матричного представлення нечіткої логіки складається в можливості відомості задач одержання логічних висновків до рішення лінійних алгебраїчних рівнянь. В науковій літературі це продемонстровано на прикладах нечіткого правила «модус поненс» та «методу резолюцій».

Розробимо матричну модель нечітких предикатів. Як відомо, язик предикатів значно розширює можливості рішення задач у порівнянні з логікою висловлень.

«Чіткі», тобто класичні предикати визначаються як функції на множині «термів» M, що приймають значення в булевому просторі $B = \{0,1\}$. Так, якщо, $M = \{\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \gamma_4, \gamma_5\}$, то прикладом одномісного предиката $P(m)$, де $m \in M$, може служити функція

$$\begin{array}{cccccc} m & \gamma_1 & \gamma_2 & \gamma_3 & \gamma_4 & \gamma_5 \\ P(m) & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{array}, \qquad (2.7)$$

Аналогічно визначаються двомісні, тримісні й т.п. предикати. Наприклад, двомісний предикат $P(m,y)$, $m \in M$, $y \in N$ визначений на множині $M \otimes N$.

Нечіткий предикат $P(m)$ визначаємо як функцію, задану на множині M й приймаючого значення в просторі векторних нечітких змінних F, яке було визначено вище. Отже, областю значень предиката є нечіткі логічні вектори, $P(m) \in F$ або $[P(m)]^T = (P_0(m), P_1(m))$, причому для всіх справедливо

$$0 \le P_0(m),\ P_1(m) \le 1, \quad P_0(m) + P_1(m) = 1. \qquad (2.8)$$

Таким чином, нечіткий предикат $P(m)$ задає на M деяке векторне поле, як це показано на рис. 2.4.

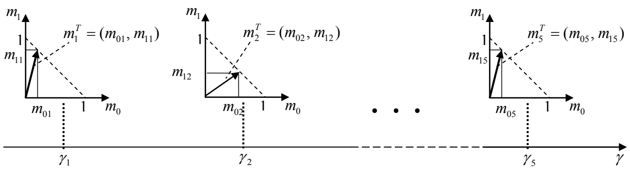

Рис. 2.4. Приклад нечіткого предиката P(m) як векторного поля нечітких змінних, заданого на множині $M = \{\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \gamma_4, \gamma_5\}$

Отже, тому що предикати є логічними змінними, то до них можуть бути застосовані всі нечіткі логічні операції. Це дозволяє з деяких заданих на M предикатів будувати нові, більш складні, предикати, що дає можливість розширити на область предикатів правила логічного висновку.

Правило «модус поненс» можна проілюструвати наступним простим прикладом. Нехай між предикатами $P(m)$, $Q(m)$, $R(m)$ заданими на M, існує зв'язок (зв'язки такого роду називають «правилами»)

$$P(m) \to Q(m) = R(m). \qquad (2.9)$$

Тут предикат $R(m)$ можна інтерпретувати як ступінь істинності того, що «із $P(m)$ треба $Q(m)$». Перепишемо (2.9) у матричному виді

$$D(\overline{P(m)})Q(m) = R(m) \text{ або } \begin{pmatrix} P_1(m) & 0 \\ P_0(m) & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Q_0(m) \\ Q_1(m) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R_0(m) \\ R_1(m) \end{pmatrix}. \qquad (2.10)$$

Висновки: отже, виходячи з вищесказаного розроблена модель представлення знань (рис. 2.5.)

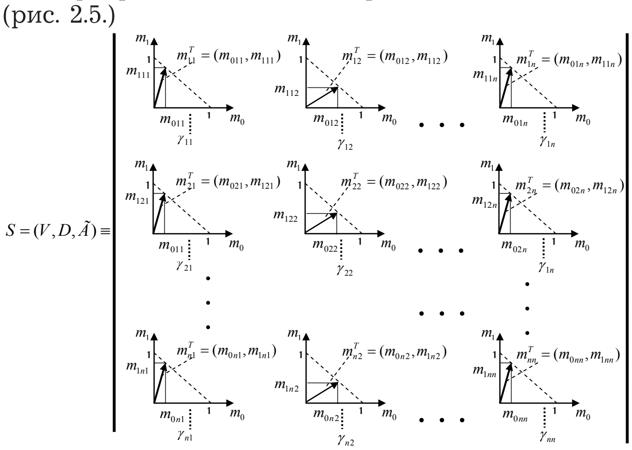

Рис. 2.5. Матриця суміжності N-арної неоднорідної семантичної мережі $S = (V, D, \tilde{A})$

Розглянута вище схема застосування нечітких предикатів у векторно-матричному представленні дозволяє ввести логічні операції без довільних допущень. Логічні операції над нечіткими змінними описуються тими ж самими тензорами, що й в «чіткій» логіці. У результаті виходить гнучка й обґрунтована система розрахунків, що містить емпіричні експертні оцінки тільки «на вході» алгоритмів.

Список літератури:

1. Герасимов Б. М. Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень: навчальний посібник / [Б. М. Герасимов, В. М. Локазюк, А. Г. Оксиюк, О. В. Поморова.]. – К.: Київ, Європейський університет, 2007. – 335 с.
2. Герасимов Б. М. Проектування та застосування експертно-навчальних систем: монографія / Б. М. Герасимов, О. Г. Оксіюк, С. О. Шворов // – К.: Європейський університет, 2008. – 263 с.
3. Дистанційний навчальний процес: навчальний посібник [за ред. В. Ю. Бикова та В. М. Кухаренка.]. – К.: Міленіум, 2005. – 292 с.
4. Кравченко Ю. В. Концепція структурування інформаційного ресурсу системи дистанційного навчання / Кравченко Ю. В., Оксіюк О. Г. // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. – К.: 2009. – № 1(4). – С. 6–11.
5. Кравченко Ю. В. Математическая модель сложной социальной системы/ Кравченко Ю. В., Лобанов А. А., Оксиюк А. Г. // Матеріали міжнародної наукової конференції «Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту (ISDMCI'2009)». – Херсон: ХНТУ, 2009. – С. 56–57.
6. Лавров О. Дистанционное обучение: Классификация проблем. Термины и определения [Электронный ресурс]: http://olavr.nm.ru
7. Mizraji E. Vector logics: The matrix-vector representation of logical calculus / Mizraji E. // Fuzzy Sets and Systems. – 1992. – V. 50. – P. 179–185.

Беличенко М.А., Кравченко Ю.В.
Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко

МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ В СИСТЕМЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

Аннотация
В статье изложены теоретические аспекты использования информационного ресурса системы дистанционного обучения как совокупность взаимосвязанных математических моделей, методов, методик анализа и синтеза процесса структурирования знаний.
Ключевые слова: информационные ресурсы, дистанционное обучение, нечеткая семантическая сеть, элементарная семантическая сеть 1-го рода, элементарная семантическая сеть 2-го рода, N-Арная неоднородна семантическая сеть, метод вычисления нечетких кванторов, нечеткий предикат.

Belichenko M.A., Kravchenko Yu.V.
Taras Shevchenko National University of Kyiv

MODEL OF KNOWLEDGE REPRESENTATION AND USE OF INFORMATION RESOURCES OF IN THE DISTANCE LEARNING SYSTEM

Summary
The article describes the theoretical aspects of the use of information resources of distance learning as a set of interrelated mathematical models, methods and techniques of analysis and synthesis of knowledge structuring process.
Keywords: information resources, distance learning, fuzzy semantic network, elementary semantic network of the 1st kind, elementary semantic network of the 2nd kind, N-A heterogeneous semantic network, a method for calculating the fuzzy quantifiers, fuzzy predicate.