УДК 681.5

О.Г. Оксіюк, Ю.В. Волосюк

Європейський університет, Київ

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ЗНАНЬ У СИСТЕМІ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ

Запропоновано підхід щодо вирішення проблеми, з якою доводиться зіштовхуватися при моделюванні знань у вигляді N-арної неоднорідної семантичної мережі − проблема її формального представлення.

Ключові слова: *семантична мережа, предикат, матриця суміжності.*

Вступ

Аналіз існуючих моделей представлення знань в інформаційних системах дозволив зробити висновок про значні переваги комбінованих мережевих моделей, які в змозі враховувати нечіткий зміст деякої інформації [1, 2]. Тому математичною моделлю представлення знань системи дистанційного навчання прийнята семантична мережа, яка відрізняється від загальновідомої особливостями, які викладені в матеріалі статті.

Постановка проблеми Нехай 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

$$|\Gamma|=|\Gamma_V \cup \Gamma_D|=n+m, \quad n, m \in N,$$

$$\gamma_i \in \Gamma_V,\ i=\overline{1,n};\ \gamma_j \in \Gamma_D,\ j=\overline{n+1,m} \text{ (рис. 1).}$$

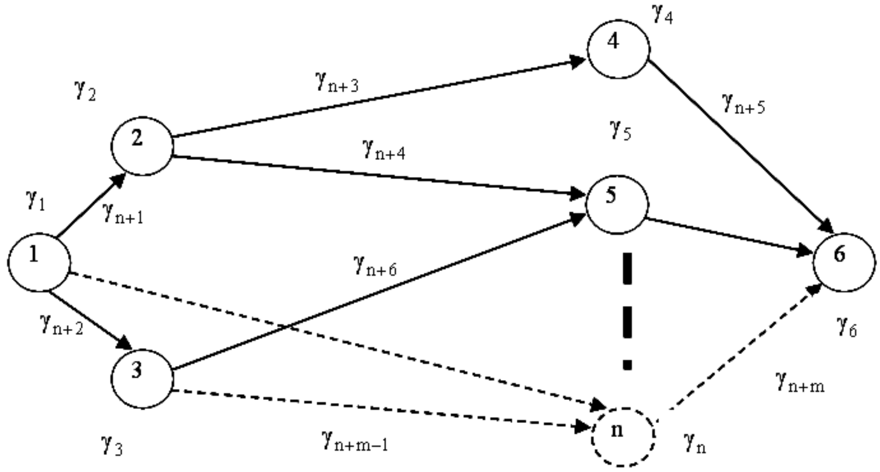

Рис. 1. N-арна неоднорідна семантична мережа $S=(V, D, \Gamma)$

Сучасна теорія навантажених орграфів розроблена для випадку коли

$$|\Gamma|=|\Gamma_D|=m, \quad m \in N,$$

тобто враховуються тільки ваги дуг, а $\Gamma_V=\varnothing$ [3, 4].Таким чином, виникла теоретична проблема математичної формалізації N-арної неоднорідної семантичної мережі $S=(V, D, \Gamma)$.

Розділ основного матеріалу

Пропонується наступний підхід щодо розв'язання даної проблеми.

Введемо поняття «елементарна семантична мережа 1-го роду», як мережа із двох вершин і дуги між ними з відповідними вагами (рис. 2).

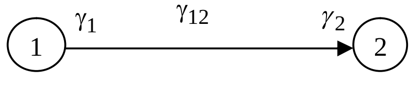

Рис. 2. Елементарна семантична мережа 1-го роду

Тоді логічно ввести поняття «наведена елементарна семантична мережа 1-го роду» з вагою дуги γ, що відповідає елементарній семантичній мережі 1-го роду (рис. 3).

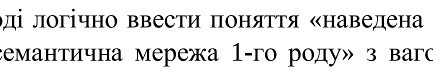

Рис. 3. Наведена елементарна семантична мережа 1-го роду

$$\gamma = \Theta_k(\gamma_1, \gamma_2, \gamma_{12}) \equiv m\ ,\ m^T = (m_0, m_1)\ , \qquad (1)$$

де $\Theta_k(\gamma_1, \gamma_2, \gamma_{12}) \equiv m$ – предикат, що приймає значення нечіткого логічного вектора. Очевидно, що мережа (рис. 3) отримана після перетворення мережі (рис. 2). Область значення предиката розширена від традиційних 0 або 1 до нечіткого двохкомпонентного логічного вектора [5,6] $m_{ijk}^T = (m_{0ijk}, m_{1ijk})$, 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

$$0 \geq m_{0ilk}\ ,\ m_{1ilk \geq}1\ ,\ m_{0ijk} + m_{0ilk} = 1\ . \qquad (2)$$

Значення вектора $\overline{m_{ijk}}$ відповідає перестановці його елементів $\overline{m}_{ilk}^T = (m_{1ijk}, m_{0ilk})$. Мірою нечіткості логічного вектора m_{ilk} 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 $m_{ijk} \in M$, $i = \overline{1, l}$, $j = \overline{1, c}$, $i, j \in N$.

Кожній логічній операції між векторними змінними відповідає тензор 3-го 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 [5]. Запропонований підхід відрізняється від існуючої теорії нечітких предикатів тим, що замість значення нечіткого логічного вектора предикату ставиться у відповідність нечітка семантична мережа. Це дозволило при логічних висновках об'єднати переваги теорії предикатів, векторного представлення логічної змінної й теорії матриць.

Введемо поняття «елементарна семантична мережа 2-роду» (рис. 3) $S = (V, D,\ \Gamma)$, $|V| = n$, $|D| = m$, $|\Gamma| = |\Gamma_V \cup \Gamma_D| = n + m,\quad n, m \in N$, як мережа, що у результаті перетворень (1), (2) може стати так званою «приведеною елементарною семантичною мережею 2-роду» $S^* = (V^*, D^*,\ \Gamma^*)$, для якої

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

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. Нехай змінні $\gamma_1, \gamma_2, ..., \gamma_{n+m}$ приймають значення, що належать довільним множинам: $\gamma_i \in \Gamma_V,\ i = 1, 2, ..., n$, $\quad \gamma_j \in \Gamma_D,\ j = n+1, n+2, ..., m$, 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 $|\Gamma| = |\Gamma_V \cup \Gamma_D| = n + m,\quad n, m \in N$, $\quad \gamma_i \in \Gamma_V,\ i = \overline{1, n};$ $\gamma_j \in \Gamma_D,\ j = \overline{n+1, m}$ 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 M. Таким чином, математична формалізація даного твердження має вигляд

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

$$\Theta_k(x_1, x_2, ..., x_m) \equiv$$

$$\equiv \begin{Vmatrix} m_{11k} & m_{12k} & ... & m_{1ck} \\ m_{21k} & m_{22k} & ... & m_{21k} \\ \vdots & & ... & \vdots \\ m_{l1k} & m_{l2k} & ... & m_{lck} \end{Vmatrix}. \qquad (4)$$

Область значень елементів матриці суміжності розширена від традиційних 0 або 1 до нечіткого двохкомпонентного логічного вектора $m_{ijk}^T = (m_{0ijk}, m_{1ijk})$. Отже, логіка нечітких предикатів розвинена у векторно-матричному представленні. Предикат представимо як векторне поле нечітких змінних над заданою множиною термів.

«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 бути функція

$$\begin{matrix} m & \gamma_1 & \gamma_2 & \gamma_3 & \gamma_4 & \gamma_5 \\ P(m) & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{matrix}, \qquad (5)$$

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

Нечіткий предикат $P(m)$ визначаємо як функцію, задану на множині M і 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 m справедливо

$$\begin{gathered} 0 \le P_0(m),\ P_1(m) \le 1, \\ P_0(m) + P_1(m) = 1. \end{gathered} \tag{6}$$

Таким чином, нечіткий предикат $P(m)$ задає на M деяке векторне поле, як це показано на рис. 4.

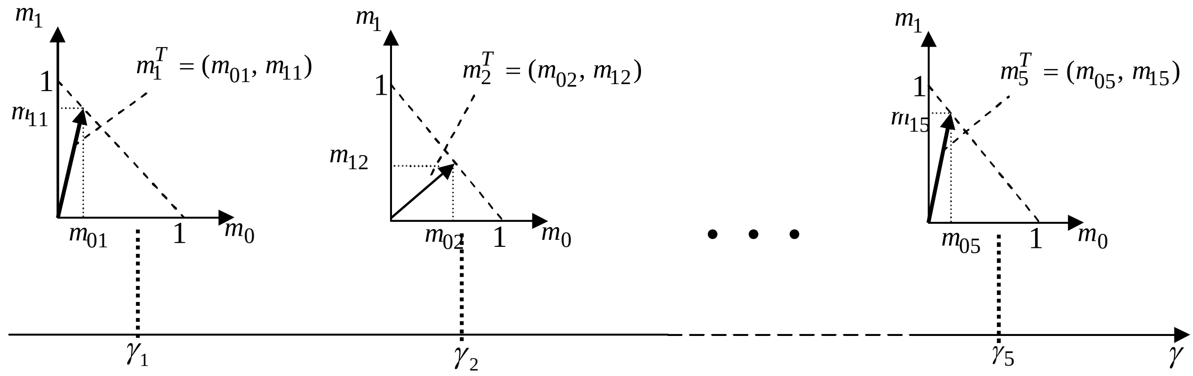

Рис. 4. Приклад нечіткого предиката $P(m)$ як векторного поля нечітких змінних, заданого на множині $M = \{\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \gamma_4, \gamma_5\}$

Удосконалена схема застосування нечітких предикатів у векторно-матричному представленні [5, 6], яка дозволяє ввести логічні операції без довільних допущень.

Велика зручність векторного представлення полягає в тому, що операції над логічними змінними можуть бути представлені в матричному виді. У результаті отримана гнучка й обґрунтована система розрахунків, що містить емпіричні експертні оцінки тільки «на вході» алгоритмів. Виходячи з вищесказаного, модель представлення знань, що розроблена, зображена на рис. 5.

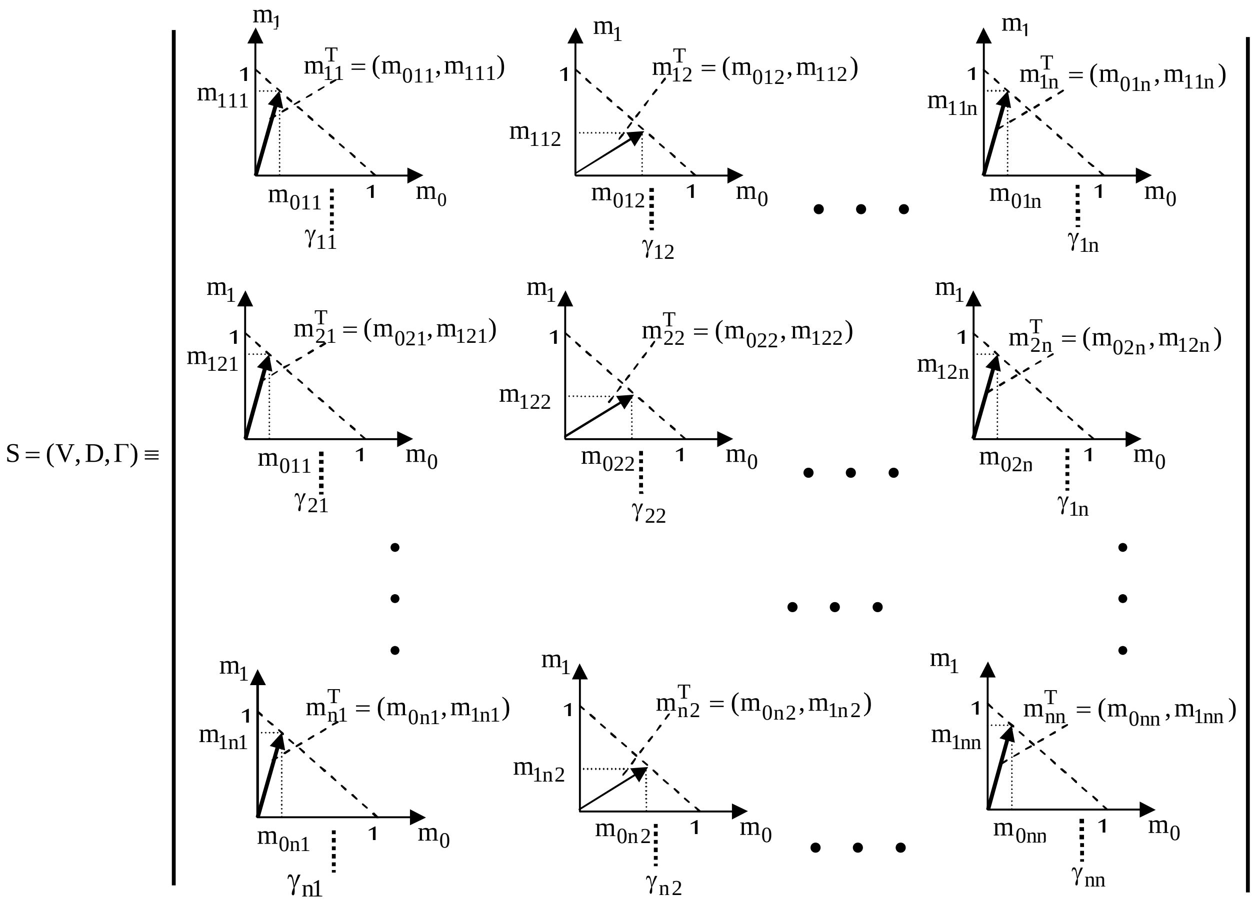

Рис. 5. Матриця суміжності N-арної неоднорідної семантичної мережі $S = (V, D, \Gamma)$

Висновок

Таким чином, вирішена одна з важливих теоретичних проблем, з якою доводиться зіштовхуватися при моделюванні знань у вигляді N-арної неоднорідної семантичної мережі − проблема її формального представлення.

Сучасна теорія навантажених орграфів, яка найбільш за всього підходить для цього розроблена для випадку, коли враховуються тільки ваги дуг, а ваги вершин відсутні.

Запропонований підхід на основі використання елементарних семантичних мереж 1-го та 2-го роду дозволив вирішити проблему математичної формалізації N-арної неоднорідної семантичної мережі.

Список літератури

1. *Голец И. Н. Модель представления знаний в интеллектуальной системе дистанционного образования / И.Н. Голец, Д.И. Попов // Тематический выпуск. Интеллектуальные САПР. − Таганрог: Известия ТРТУ, 2001. − С. 332-336.*

2. *Искусственный интеллект / В 3-х кн. Кн. 2. Модели и методы: Справочник: [под ред. Д.А. Поспелова]. – М.: Радио и связь, 1990. – 304 с.*

3. *Белов В.В. Теория графов / В.В. Белов, Е.М. Воробьев, В.Е. Шаталов. – М.: Высшая школа, 1976. – 392 с.*

4. *Асанов М.О. Дискретная математика: графы, матроиды, алгоритмы / М.О. Асанов, В.А. Баранский, В.В. Расин. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. − 288 с.*

5. *Марценюк М.А. Матричное представление нечеткой логики / М.А. Марценюк // Нечеткие системы и мягкие вычисления. − 2007. – Т. 2. – № 3. − С. 7-36.*

6. *Mizraji E. Vector logics: The matrix-vector representation of logical calculus / Mizraji E. // Fuzzy Sets and Systems. − 1992. −V. 50.− P.179–185.*

Надійшла до редколегії 15.09.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Ю.В. Кравченко, Національний університет оборони України, Київ.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ В СИСТЕМЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

А.Г. Оксиюк, Ю.В. Волосюк

Предложен подход разрешения проблемы, с которой сталкиваются при моделировании знаний в виде N-арной семантической сети − проблемы ее формального представления.

Ключевые слова: *семантическая сеть, предикат, матрица смежности.*

THE MATHEMATICAL MODEL OF KNOWLEDGE PRESENTATION IN THE DISTANCE LEARNING SYSTEM

A.G. Oxijuk, Yu.V. Volosjuk

The article highlights an approach for solving the problem of knowledge modeling as a N semantic network in its formal presentation.

Keywords: *semantic network, predicate, adjacency matrix.*