реалізують необхідні функціональні перетворення, чи обчислення числових значень у відповідності з універсальними алгоритмами, наприклад, пакети типу MATLAB [3,4]. Оскільки процес проектування *UD* є одним з ключових, то користувачі можуть бути представлені різними фахівцями, що приймають участь у проектуванні *UD* , наприклад, таким фахівцем може бути художник, який виконує ілюстрації до книги, головний редактор видавництва, який впливає на процес проектування виходячи з тих, чи інших менеджерських задач та інші.

Генератори елементів різних типів є досить вузькими засобами, оскільки вони орієнтовані на участь у певних специфічних фрагментах процесу пректування. Наприклад, такі генератори можуть бути орієнтованими на генерування різних версій окремих компонент рисунків, які входять у склад образу книги, такі генератори можуть генерувати різного типу оздоблення, які проектант, або дизайнер хоче розмістити в тих, чи інших деталях конструкції книги та інші приклади елементів конструкції книги, які можуть використовуватися.

1. *Сеньківський В.М., Піх І.В., Рівецький Р.Й.* До проблеми використання компютерноих технологій підготування видань.// Кваліологія книги. Зб. наук. Праць. Львів, УАД. 1998.
2. *Пушкарь О.І.* Інформатика. Компютерна техніка. Компютерні технології. Київ : Видавничий центр "Академія". 2001.
3. *Когаловский М.Р.* Технология баз данных на персональных ЭВМ. М.: Финансы и статистика, 1992.
4. QBASIC в математике. М.: СОЛОН-Р. – 2002.

Поступила 24.01.2011р.

УДК 681.5

О.Г. Оксіюк, к.т.н., доц., ЄУ, м. Київ

МОДЕЛЬ ПОДАННЯ ЗНАНЬ НА ОСНОВІ *n*+*m* –арних ПРЕДИКАТІВ НЕЧІТКОЇ СЕМАНТИЧНОЇ МЕРЕЖІ

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

Keywords: semantic network, predicate, adjacency matrix

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

Ключові слова: семантична мережа, предикат, матриця суміжності.

Аналіз існуючих моделей подання знань в інформаційних системах дозволяє зробити висновок про значні переваги комбінованих мережевих моделей, які в змозі враховувати нечіткий характер змісту інформації [1,2]. Тому у якості математичної моделі подання знань для широкого кола систем доцільно обрати семантичну мережу, побудовану з використанням апарату нечітких множин.

Нехай дано *N*-арну неоднорідну семантичну мережу $S = (V, D, \Gamma)$, де V – множина вершин (понять) мережі з потужністю $|V| = n$; D – множина дуг (відносин між поняттями) мережі з потужністю $|D| = m$; $\Gamma = (\Gamma_V, \Gamma_D)$ – множина ваг вершин і дуг мережі відповідно з 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. 1).

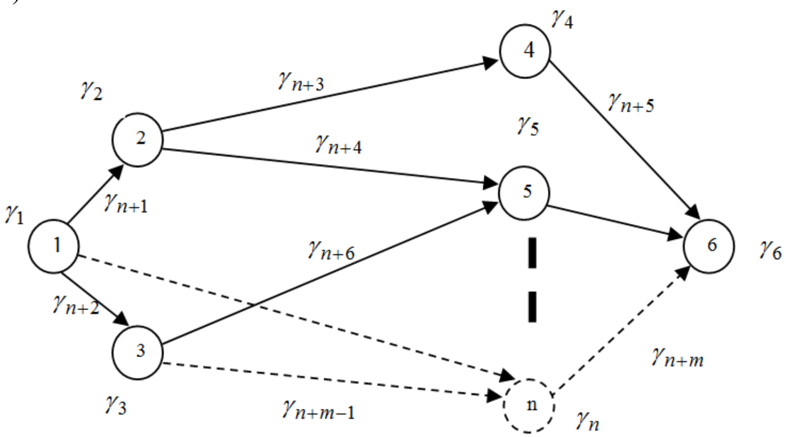

Рис. 1. *N*-арна неоднорідна семантична мережа $S = (V, D, \Gamma)$

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 $S = (V, D, \Gamma)$.

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).

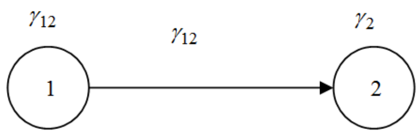

Рис. 2. Елементарна семантична мережа 1-го роду

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).

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

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

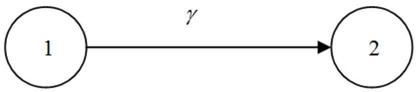

Рис. 3. Наведена елементарна семантична мережа 1-го роду

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 виконані умови

$$0 \geq m_{0ilk}\,,\ m_{1ilk \geq} 1\,,\ m_{0ijk} + m_{0ilk} = 1\,. \tag{2}$$

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 поданні 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 подання полягає в тому, що операції над логічними змінними можуть бути подані в матричному вигляді [5]. Запропонований підхід відрізняється від існуючої теорії нечітких предикатів тим, що замість значення нечіткого логічного вектора предикату ставиться у відповідність нечітка семантична мережа. Це дозволяє при логічних висновках об'єднати переваги теорії предикатів, векторного подання 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

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

Таким чином, запропонований підхід дозволив розв'язати теоретичну проблему математичної формалізації *N*-арної неоднорідної семантичної мережі.

Найбільш перспективною, на думку автора, 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: $\gamma_i \in \Gamma_V,\ i=1, 2, ..., n$, $\gamma_j \in \Gamma_D,\ j=n+1, n+2, ..., m$, 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 з потужністю $|V|=n$; D – множина дуг (відносин між поняттями) мережі з потужністю $|D|=m$; $\Gamma=(\Gamma_V, \Gamma_D)$ – множина ваг вершин і дуг мережі відповідно з потужністю $|\Gamma|=|\Gamma_V \cup \Gamma_D|=n+m, \quad n,m \in N$, $\gamma_i \in \Gamma_V,\ i=\overline{1,n}$; $\gamma_j \in \Gamma_D,\ j=\overline{n+1,m}$ називається *n*+*m* − арним предикатом на нечіткій семантичній мережі.

Через те, 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

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

$$\Theta_k(x_1, x_2, ..., x_m) \equiv \begin{Vmatrix} m_{11k} & m_{12k} & ... & m_{1ck} \\ m_{21k} & m_{22k} & ... & m_{21k} \\ \vdots & & ... & \vdots \\ m_{l1k} & m_{l2k} & ... & m_{lck} \end{Vmatrix}. \qquad (4)$$

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 поданні. 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 унарного предиката $P(m)$, де $m\in M$, може служити функція

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

Аналогічно визначаються бінарні, тернарні й т.п. предикати. Наприклад, бінарний 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 яка приймає значення в просторі векторних нечітких змінних F, що було визначено вище. Отже, областю значень предиката є нечіткі логічні вектори, або $[P(m)]^T=(P_0(m),P_1(m))$, причому для всіх m справедливим є:

$$0\le P_0(m),\ P_1(m)\le 1,\quad P_0(m)+P_1(m)=1. \qquad (6)$$

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

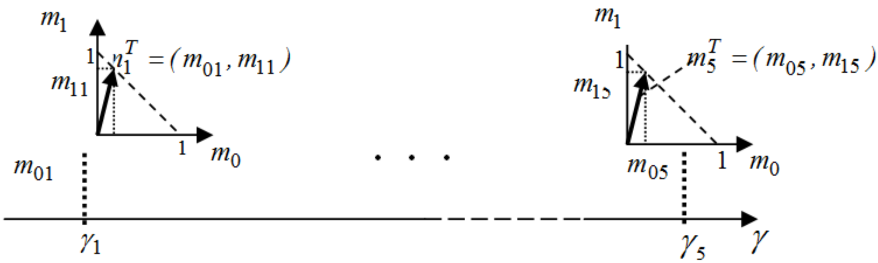

Рис. 4. Приклад нечіткого предиката $P(m)$ як векторного поля нечітких змінних, заданого на множині $M=\{\gamma_1,\gamma_2,\gamma_3,\gamma_4,\gamma_5\}$

Удосконалена схема застосування нечітких предикатів у векторно-матричному поданні [5,6] дозволяє ввести логічні операції без довільних допущень. Велика зручність векторного подання полягає в тому, що операції над логічними змінними можуть бути подані в матричному вигляді. У результаті отримано гнучку й обґрунтовану систему розрахунків, яка містить емпіричні експертні оцінки тільки «на вході» алгоритмів.

Виходячи з вищезазначеного, модель подання знань, що розроблена зображена на рис. 5.

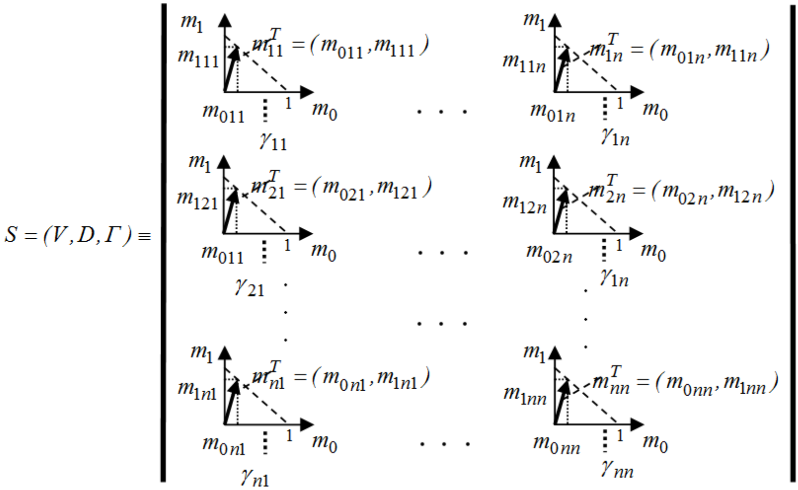

Рис. 5. Матриця суміжності *N*-арної неоднорідної семантичної мережі $S = (V, D, \Gamma)$

Висновки

Таким чином, вирішено одна з важливих теоретичних проблем, з якою доводиться зіштовхуватися при моделюванні знань у вигляді *N*-арної неоднорідної семантичної мережі − проблему її формального подання. Сучасна теорія навантажених орграфів, яка більш за все підходить для цієї мети, 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.

1. *Голец И.Н.* Модель подания 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 / Белов В. В., Воробьев Е. М., Шаталов В. Е. – М.: Высшая школа, 1976. – 392 с.
4. *Асанов М.О.* Дискретная математика: графы, матроиды, алгоритмы / Асанов М.О., Баранский В.А., Расин В.В. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. − 288 с.
5. *Марценюк М.А.* Матричное подание 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.

Поступила 17.02.2011р.