УДК 007:355 **Волосюк Ю.В. (ЄУ)**

КОМБІНОВАНА МОДЕЛЬ ПОДАННЯ ЗНАНЬ НА ОСНОВІ ПРЕДИКАТІВ, НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ТА СЕМАНТИЧНИХ МЕРЕЖ

Вступ та постановка завдання

Аналіз існуючої теорії штучного інтелекту, а саме, 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]. При цьому досить відомі переваги як семантичних мереж, та ї теорії предикатів. Тому в 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).

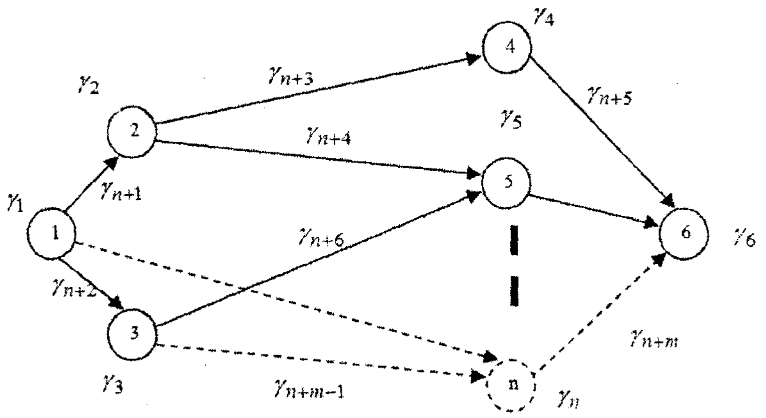

Рис. 1. N-арна неоднорідна семантична мережа $S=(V, D, \Gamma)$

Сучасна теорія навантажених орграфів у достатньому обсязі 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, виникло теоретичне завдання математичної формалізації N-арної неоднорідної семантичної мережі $S=(V, D, \Gamma)$.

Основні результати

В дійсній статті автором пропонується наступний підхід щодо розв'язання даного завдання. Введемо поняття «елементарна семантична мережа 1-го роду», як мережа із двох вершин і дуги між ними з відповідними вагами (рис. 2).

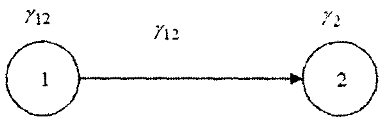

Рис. 2. Елементарна семантична мережа 1-го роду

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).

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

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

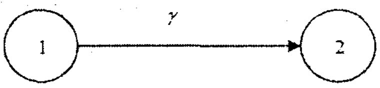

Рис. 3. Наведена елементарна семантична мережа 1-го роду

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

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

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 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» $S = (V, D, \Gamma)$, $|V| = n$, $|D| = m$, $|\Gamma| = |\Gamma_V \cup \Gamma_D| = n + m$, $n, m \in N$, як мережа, що у результаті перетворень (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 $|\Gamma| = |\Gamma_V \cup \Gamma_D| = n + m$, $n, m \in N$, $\gamma_i \in \Gamma_V$, $i = \overline{1, n}$; $\gamma_j \in \Gamma_D$, $j = \overline{n+1, m}$ *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 М. Таким чином, математична формалізація даного твердження має вигляд*

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

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

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 34улевому 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

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

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, $P(m)\in F$ або $[P(m)]^T=(P_0(m),P_1(m))$, причому для всіх m справедливим є:

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

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

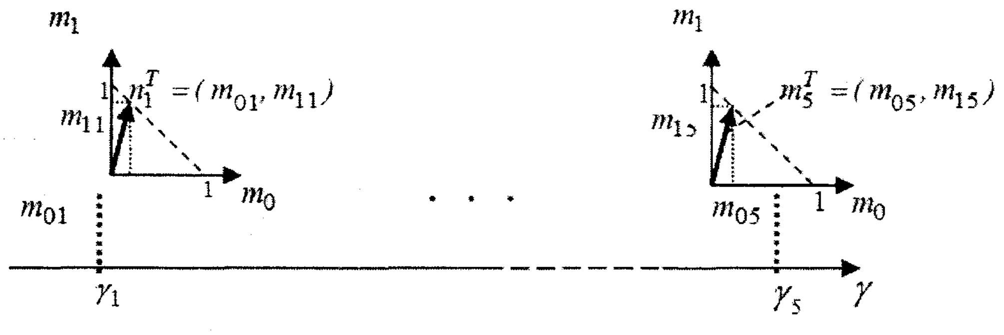

Рис. 4. Приклад нечіткого предиката $P(m)$ як векторного поля нечітких змінних, заданого на множині $M=\{\gamma_1,\gamma_2,\gamma_3,\gamma_4,\gamma_5\}$

Удосконалена схема застосування нечітких предикатів у векторно-матричному 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.

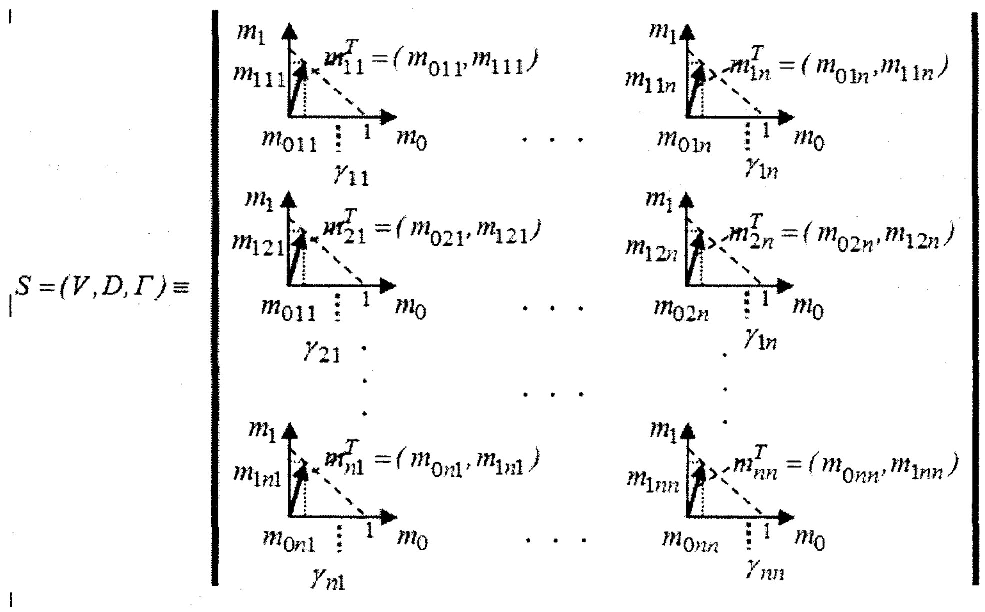

Рис. 5. Матриця суміжності N-арної неоднорідної семантичної мережі $S=(V,D,\ \Gamma)$

Висновки

Таким чином, вирішено актуальне теоретичне завдання, з яким доводиться зіштовхуватися при моделюванні знань у вигляді N-арної неоднорідної семантичної мережі – завдання 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 завдання математичної формалізації N-арної неоднорідної семантичної мережі.

Список літератури

1. Голец И.Н. Модель подання 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 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.

Рецензент: Кунях Н.І.
Надійшла 27.01.2011

УДК: 004.056.5:519.17 **Мартынова О.П. (Нац. авиац. унив.)**

ИЕРАРХИЧЕСКАЯ И МНОГОПУТЕВАЯ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ МАРШРУТИЗАЦИЯ В КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЯХ

Развитие компьютерных сетей и информационных технологий требует комплексного решения задачи повышения эффективности передачи информации, совместно с решением задачи защиты передаваемой информации. Необходимость обеспечения информационной безопасности пользователей компьютерных сетей вызвана широким использованием их в государственных и финансовых организациях, в промышленных предприятиях и в организациях оборонного комплекса. Перспективным является направление повышения уровня защищенности компьютерных сетей, которое связано с совершенствованием методов маршрутизации передачи информации в сетях с учетом рисков потери информации, ее модификации и воздействий внешних факторов на каналы передачи информации.

Анализ последних исследований и публикаций [1] позволяет сделать вывод о том, что повышение уровня защищенности компьютерных сетей можно достичь методом многокритериальной маршрутизации, который позволяет учесть качество обслуживания и информационную безопасность пользователей компьютерных сетей. Недостаток предложенного в работе [1] метода многокритериальной маршрутизации заключается в выборе единственного маршрута, который соответствует Парето-оптимальному решению по нескольким критериям качества.

Цель работы заключается в разработке методов иерархической и многопутевой многокритериальной маршрутизации компьютерных сетей.