

УДК 681.5

О.Г. Оксіюк, Ю.В. Волосюк

Європейський університет, Київ

## ПІДХІД ЩОДО ОЦІНКИ СТРУКТУРНОЇ СКЛАДНОСТІ СЕМАНТИЧНОЇ МЕРЕЖІ

Запропоновано підхід щодо визначення структурної складності  $N$ -арної семантичної мережі на основі оцінки пріоритетності дуг орієнтованого графа та матриць інцидентності, суміжності та контурів.

**Ключові слова:** семантична мережа, структурна складність, матриця інцидентності.

## Вступ

**Постановка проблеми.** Дослідження та аналіз існуючої теорії складності, а саме складних процесів і систем по показникам алгоритмічної складності, обчислювальної складності, структурної складності, складності графу, трудомісткості та інших, показав відсутність відповідної методики для оцінки складності  $N$ -арної неоднорідної нечіткої семантичної мережі. Наукові дослідження, в цьому напрямку, мають важливе значення для оцінки ефективності використання інформаційного ресурсу системи дистанційного навчання та будь-якої інформаційної системи.

**Аналіз публікацій.** Відомо, що семантичні мережі, як і навантажені орієнтовані графи, являють собою сукупність трьох множин: множини вершин  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ , множини дуг  $D = \{d_1, d_2, \dots, d_m\}$  та множини ваг  $\Gamma = \{\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_{m1}\}$ , кожний елемент якого зіставлений дузі  $d_i \in D$ ,  $i = \overline{1, m}$ , та вершині  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ .

Таким чином, семантична мережа – це  $S=(V, D, \Gamma)$ . На рис. 1 наведені приклади семантичних мереж у вигляді сильно зв'язних навантажених орієнтованих графів.

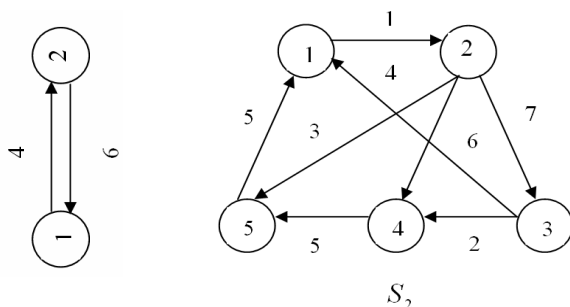


Рис. 1. Приклади семантичних мереж

Очевидно, що в оцінці складності сильно зв'язних навантажених орієнтованих графів повинні враховуватися ваги дуг і вершин. Для мережі  $S_1$ , якщо не враховувати поняття «вага дуги», складність його по показнику  $SI^3$  буде дорівнювати 2 [1]. В  $S_1$  дві дуги різної ваги. Якщо скористатися існуючими підходами оцінки складності мереж [1], то із двох чисел треба віддати перевагу числу 4, що буде визначати структурну складність  $S_1$ . Мережа  $S_2$  склада-

ється з восьми дуг, і вибрати якесь одне число із множини  $\Gamma = \{1, 7, 6, 3, 4, 2, 5, 5\}$ , як у випадку  $S_1$ , неможливо. У такий спосіб в критерії оцінки структурної складності необхідно врахувати всі елементи множини  $\Gamma$  і для цього зручно скористатися матричними представленнями мережі.

**Мета статті.** Розробка методики оцінки структурної складності  $N$ -арної неоднорідної семантичної мережі.

## Виклад основного матеріалу

Дослідження показали, що оцінка складності семантичної мережі по кількості понять в деяких умовах не дає однозначного результату порівняння і тому потрібні подальші дослідження в цьому напрямку. З іншої сторони оцінка складності мережі через повторність відношень між поняттями, яка описується так званою контурністю також потребує удосконалення. Але ці властивості безумовно мають вплив на складність семантичної мережі.

Аналіз існуючих підходів щодо оцінки структурної складності показав, що перед обчисленням структурної складності треба виконати оцінку пріоритетності дуг – сортування дуг по наступних ознаках, які перераховані в послідовності перевірки: числу контурів, що проходять через дугу (по убаванню); ваги дуги (по зростанню); індексу початку дуги (по зростанню); індексу кінця дуги (по зростанню). При такому впорядкуванні найбільш пріоритетною виявиться дуга, що входить у максимальне число контурів, і, якщо таких дуг мало, то більш пріоритетною буде дуга, що має меншу вагу. Навпаки, найменш пріоритетною виявиться дуга, що входить у мінімальне число контурів, і, якщо таких дуг мало – дуга з максимальною вагою. Сортування дуг супроводжується перестановкою стовпців матриці контурів: стовпці матриці контурів групуються по убаванню сумарної кількості одиничних елементів у цих стовпцях; якщо виникли підматриці зі стовпців з однаковою кількістю одиниць, розставляємо стовпці по убаванню ваги відповідних їм дуг. Якщо в одній підматриці перебувають дуги з однаковою вагою й однаковим числом одиниць у відповідних стовпцях, тоді розставляємо їх у лексикографічному порядку по індексах дуг.

Ступень пріоритетності дуги (1) – мультиплікативна величина, що пояснюється необхідністю балансу структурних і алгебраїчних властивостей ду-

ги. Алгебраїчні властивості навантаженої дуги проявляються в першому співмножнику: чим вага більше, тим пріоритет дуги менше. Структурні властивості дуги оцінюються другим співмножником – чим менше приріст складності в чисельнику дроби, тим у меншій мірі дуга може вплинути на оцінку структурної складності; фактично це частинна похідна структурної складності по вазі дуги, що обчислюється методом кінцевих різниць.

$$\text{Sld}(d_i; \Delta\gamma) \triangleq \frac{1}{\gamma_i^2} \frac{Sl^4(S|_{d_i \approx \gamma_i + \Delta\gamma}) - Sl^4(S)}{\Delta\gamma}, \quad i = \overline{1, m}, \quad (1)$$

де  $\text{Sld}(d_i; \Delta\gamma)$  – ступінь пріоритетності дуги  $d_i$ ; функція має параметр  $\Delta\gamma$ ; знаки  $\triangleq$  і  $\approx$  означають, відповідно, «дорівнює по визначенню» і «зіставлена», тобто привласнена локально в межах терму;  $Sl^4(S|_{d_i \approx \gamma_i + \Delta\gamma})$  – структурна складність орграфу  $S$ , у якому дуга  $d_i$  зіставлена вазі  $\gamma_i$  із приростом  $\Delta\gamma > 0$ .

Розроблені методики та відповідні алгоритми формування навантажених матриць інцидентності, суміжності та контурів, а також матриці складності, яка є добутком двох добутків: добутку навантажених матриць суміжності, інцидентності та транспонованої матриці контурів і транспонованого добутку навантажених матриць суміжності, інцидентності і транспонованої матриці контурів. Пропонується методика оцінки N-арної неоднорідної семантичної мережі, за методикою оцінки структурної складності семантичної мережі, запропонованої в [3, рис. 1] через норму (3) матриці складності

$$W = (XBC^T)(XBC^T)^T; \quad \dim W = (n \times n). \quad (2)$$

Даний підхід дозволяє врахувати кількість понять (вузлів), відношень (зв'язків), контурів, вагу як вузлів так і зв'язків.

Тоді показник структурної складності семантичної мережі у вигляді навантаженого сильно пов'язаного орієнтованого графа

$$Sl^{(4)}(S) = \|W\|_2 = \max_{1 \leq i \leq n} \lambda_i(W), \quad (3)$$

де  $\lambda_i(W)$ ,  $i = \overline{1, n}$  – спектр матриці  $W$ .

У формулі (3) немає потреби в точності визначення норми матриці, погоженої з Евклідовою нормою вектора [2], відповідно до якого  $\|W\|_2 = \max_{1 \leq i \leq n} |\lambda_i(W)|$  знак модуля можна опустити, тому що матриця складності є симетричною, позитивно визначеною.

Методика формування оптимальної структури семантичної мережі побудована на методі послідов-

ного зменшення норми матриці складності N-арної неоднорідної семантичної мережі [3, рис. 2], який базується на так званому принципі неявного перебору. Методика дозволяє одержати рішення меншим числом ітерацій, чим при повному переборі, або встановити, що задача взагалі не має рішення.

В [3, рис. 3] схематично надана вихідна та кінцева семантичні мережі, як приклад використання запропонованої методики оптимізації.

## ВИСНОВКИ

Таким чином, розроблена методика оцінки структурної складності N-арної неоднорідної семантичної мережі, через норму матриці складності, яка відрізняється від існуючої процедурою формування навантажених матриць інцидентності, суміжності та контурів, а також матриці складності, яка є добутком двох добутків: добутку навантажених матриць суміжності, інцидентності та транспонованої матриці контурів і транспонованого добутку навантажених матриць суміжності, інцидентності та транспонованої матриці контурів.

Запропоновано, що перед обчисленням структурної складності треба виконати оцінку пріоритетності. Визначено, що найбільш пріоритетною виявиться дуга, яка входить у максимальне число контурів, і, якщо таких дуг небагато, то більш пріоритетною буде дуга, що має меншу вагу.

Навпаки, найменш пріоритетною виявиться дуга, яка входить у мінімальне число контурів, і, якщо таких дуг небагато – дуга з максимальною вагою. Застосування методики дозволяє врахувати кількість понять (вузлів), відношень (зв'язків), контурів, вагу як вузлів так і зв'язків.

## Список літератури

1. Подольский В.Е. Повышение эффективности региональных образовательных компьютерных сетей с использованием элементов структурного анализа и теории сложности / В.Е. Подольский, С.С. Толстых. – М.: Машиностроение, 2006. – 176 с.
2. Бронштейн И.Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов / И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев. – М.: Наука, 1986. – 544 с.
3. Оксіюк О.Г. Метод послідовного зменшення норми матриці складності неоднорідної семантичної мережі / О.Г. Оксіюк, І.Ю. Кравченко // Збірник наукових праць ХВПС. – Х.: ХВПС, 2011. – Вип. 1(27). – С. 151-153.

Надійшла до редколегії 11.01.2011

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

## ПОДХОД К ОЦЕНКИ СТРУКТУРНОЙ СЛОЖНОСТИ СЕМАНТИЧЕСКОЙ СЕТИ

А.Г. Оксіюк, Ю.В. Волосюк

Предложен подход к определению структурной сложности N-арной семантической сети на основе оценки приоритетности дуг ориентированного графа и матриц инцидентности, смежности и контуров.

Ключевые слова: семантическая сеть, структурная сложность, матрица инцидентности.

## THE STRUCTURE COMPLEXITY ESTIMATION METHODOLOGY OF SEMANTIC NET

A.G. Oxijuk, Ju.V. Volosjuk

The approach for structure complexity estimation semantic net on the basis of priority estimation of connections oriented graph, incidence and contours matrix.

Keywords: semantic net, structure complexity, incidence matrix