

УДК 681.5

Олександр Глібович Оксіюк,
Юрій Вікторович Волосюк

МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ СТРУКТУРНОЇ СКЛАДНОСТІ N-АРНОЇ НЕОДНОРІДНОЇ СЕМАНТИЧНОЇ МЕРЕЖІ

В останні роки у різних галузях знань все частіше зустрічається термін “складність”. Почали з’являтися завдання, де потрібно оцінювати складність, і на цій основі утворюються нові наукові результати. Поступово накопичується багато матеріалів і розвивається нова галузь знань — теорія складності. Дослідження та аналіз існуючої теорії складності, а саме складних процесів і систем за показниками алгоритмічної складності, обчислювальної складності, структурної складності, складності графа, трудомісткості та інших, показав відсутність відповідної методики для оцінювання складності N-арної неоднорідної нечіткої семантичної мережі. Наукові дослідження в цьому напрямку мають важливе значення для оцінювання ефективності використання інформаційного ресурсу системи дистанційного навчання та будь-якої інформаційної системи.

Мета нашої статті — запропонувати підхід до визначення структурної складності N-арної семантичної мережі на основі оцінювання пріоритетності дуг орієнтованого графа і матриці інцидентності, суміжності та контурів.

Семантичні мережі, як і навантажені орієнтовані графи, являють собою сукупність трьох множин. До множин вершин $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ і дуг $D = \{d_1, d_2, \dots, d_m\}$ додають множину ваг $\Gamma = \{\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_{m1}\}$, кожний елемент якого зіставлений дузі $d_i \in D, i = 1, m$ і 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. Очевидно, що під час оцінювання складності сильно зв’язних навантажених орієнтованих графів потрібно враховувати вагу дуг і вершин. Для мережі S_1 , якщо не враховувати поняття “вага дуги”, його складність за показником Sl^3 дорівнює 2 [1]. В S_1 дві дуги різної ваги. Якщо скористатися існуючими підходами до оцінювання складності мереж [1], то із двох чисел треба віддати перевагу числу 4, що буде визначати структурну складність S_1 . Мережа S_2 складається з 8 дуг, і вибрати якийсь одне число із множини $\Gamma = \{1, 7, 6, 3, 4, 2, 5, 5\}$, як у випадку S_1 , неможливо. У такий спосіб, що в критерії оцінюван-

ня структурної складності, необхідно врахувати всі елементи множини Γ і для цього зручно скористатися матричними представленнями мережі.

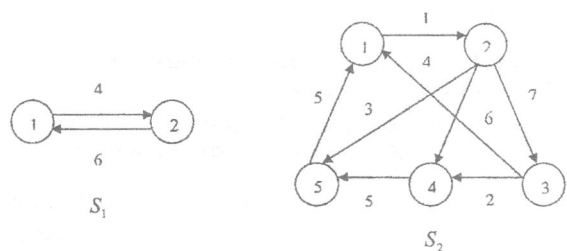


Рис. 1. Приклади семантичних мереж

Дослідження показали, що оцінювання складності семантичної мережі за кількістю понять в деяких умовах не дає однозначного результату порівняння і тому потрібні подальші дослідження в цьому напрямку. З іншого боку оцінювання складності мережі через повторність відношень між поняттями, яку описують так звану контурність, також потребує удосконалення, але ці властивості безумовно впливають на складність семантичної мережі.

Запропоновано, що перед обчисленням структурної складності треба оцінити пріоритетність дуг — сортувати дуги за ознаками, які перераховані в послідовності перевірки: числом контурів, що проходять через дугу (за спаданням); вагою дуг (за зростанням); індексом початку дуги (за зростанням); індексом кінця дуги (за зростанням). При такому впорядкуванні найбільш пріоритетною виявиться дуга, що належить до максимальної кількості 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 переставленням стовпців матриці контурів: стовпці матриці контурів групують за спаданням сумарної кількості одиничних елементів у цих стовпцях; якщо виникли підматриці зі стовпців з однаковою

кількістю одиниць, розставляємо стовпці за зменшенням ваги відповідних їм дуг. Якщо в одній підматриці перебувають дуги з однаковою вагою й однаковою кількістю одиниць у відповідних стовпцях, тоді розставляємо їх у лексиграфічному порядку за індексами дуг.

Визначено поняття ступеня пріоритетності дуги (1) як мультиплікативної величини, що пояснюється необхідністю балансу структурних і алгебраїчних властивостей дуги. Алгебраїчні властивості навантаженої дуги виявляються в першому співмножнику: чим вага більша, тим пріоритет дуги менше. Структурні властивості дуги оцінюють другим співмножником — чим менше пріоритет складності в чисельнику дробу, тим меншою мірою дуга може вплинути на оцінку структурної складності; фактично це частинна похідна структурної складності за вагою дуги, яку обчислюють методом кінцевих різниць.

$$Sl^4(d_i; \Delta\gamma) \Delta \frac{1}{\gamma_i^2} \frac{Sl^4(S|d_i \approx \gamma_i + \Delta\gamma) - Sl^4(S)}{\Delta\gamma}, \quad (1)$$

$$i = \overline{1, m}$$

де $Sl^4(d_i; \Delta\gamma)$ — ступінь пріоритетності дуги d_i ; функція має параметр $\Delta\gamma$; знаки Δ і \approx означають, відповідно, “дорівнює за визначенням” і “зіставлено”, тобто надано локально в межах терму;

$Sl^4(S|d_i \approx \gamma_i + \Delta\gamma)$ — структурна складність орграфа S , у якому дуга d_i зіставлена з вагою γ_i із приростом $\Delta\gamma > 0$.

Розроблені методи та відповідні алгоритми формування навантажених матриць інцидентності, суміжності та контурів, а також матриць складності, яка є добутком двох добуток: добутку навантажених матриць суміжності, інцидентності і транспонованої матриць контурів, а також транспонованого добутку навантажених матриць суміжності, інцидентності і транспонованої матриць контурів.

Пропонується методика оцінювання N -арної неоднорідної семантичної мережі (рис. 2) через норму (3) матриці складності W (2). Цей підхід дозволяє врахувати кількість понять (вузлів), відношень (зв’язків), контурів, вагу як вузлів, так і зв’язків.

$$W = (XBC^T)(XBC^T)^T, \quad (2)$$

$$\dim W = (n \times n).$$

Тоді показник структурної складності семантичної мережі має вигляд 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 .

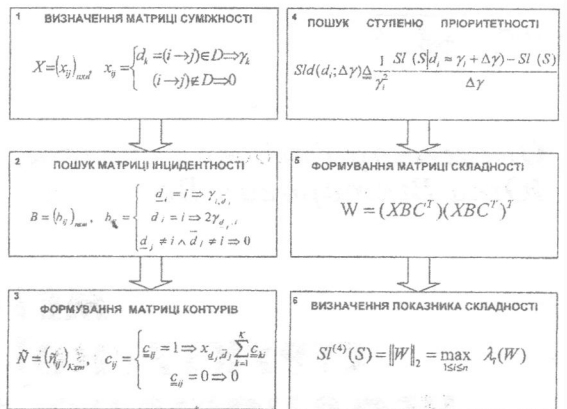


Рис. 2. Методика оцінювання структурної складності N -арної неоднорідної семантичної мережі

У формулі (3) немає потреби в точності визначення норми матриці, погодженої з Евклідовою нормою вектора [2], відповідно до якою $\|W\|_2 = \max \lambda_i(W)$ знак модуля можна опустити, тому що матриця складності є симетричною, позитивно визначеною.

Таким чином, розроблена методика оцінювання структурної складності N -арної неоднорідної семантичної мережі через норму матриці складності, яка відрізняється від існуючої процедури формування навантажених матриць інцидентності, суміжності та контурів, а також матриць складності, яка є добутком двох добуток: добутку навантажених матриць суміжності, інцидентності і транспонованої матриць контурів і транспонованого добутку навантажених матриць суміжності, інцидентності, а також транспонованої матриць контурів. Запропоновано, що перед обчисленням структурної складності треба оцінити пріоритетність. Визначено, що найпріоритетнішою виявиться дуга, яка належить до максимальної кількості контурів, і, якщо таких дуг небагато, то більш пріоритетною буде дуга, що має меншу вагу. Навпаки, найменш пріоритетною виявиться дуга, яка належить до мінімальної кількості 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.

Література

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.

В статье 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 article highlights the approach for structure complexity estimation of N -ary irregular semantic net based on priority estimation of connections oriented graph, incidence and contours matrix.

Key words: semantic net, structure complexity, incidence matrix.