

DOI 10.36074/logos-20.09.2024.026

ФОРМАЛІЗАЦІЯ ЗВ'ЯЗКІВ В КОГНІТИВНИХ МОДЕЛЯХ МЕТОДАМИ ЛОГІКИ АНТОНІМІВ

Адаменко Анатолій Анатолійович¹

1. канд. техн. наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, УКРАЇНА
ORCID ID: 0000-0002-1374-7301

Дослідження слабо структурованих ситуацій та систем можливо з використанням методології когнітивного моделювання. Найбільше практичне значення здобули методи розробки та дослідження нечітких когнітивних моделей (НКМ), що орієнтовані на використання теорії нечітких множин та їх похідних (нечіткої логіки, лінгвістичних змінних тощо).

Відсутність однозначності в правилах проведення основних операцій над нечіткими аргументами, а також їх невідповідність окремим законам класичної булевої логіки породжує проблему адекватності НКМ. Альтернативою НКМ можна вважати когнітивні моделі, що розробляються та досліджуються з використанням теорії логіки антонімів (ЛА) [1, 2].

Пропонується один із підходів щодо формалізації зв'язків в когнітивних моделях методами ЛА. В якості базової моделі будемо використовувати когнітивну карту у виді орієнтованого ациклічного графу $G = (X, D)$, де $X = \{X_i\}$, $i = \overline{1, n}$ – множина вершин – концептів ситуації, що досліджується; $D \subseteq X \times X$ – множина дуг d_{ij} , що визначають напрямок та силу зв'язків між ними. Головною концепцією цього підходу є представлення когнітивної карти у виді мережі логічних зв'язків між її концептами з наступною її формалізацією.

Стан кожної вершини X_i пропонується оцінювати антонімічною парою величин $(H_i[A], H_i[\alpha A])$, що є кількісними мірами ступенів наближення стану вершини X_i до свого стану абсолютної якості та абсолютної неякості відповідно.

Оцінки $H_i[A]$ та $H_i[\alpha A]$ зв'язані між собою виразами:



SECTION II.

ANALYSE, MODÉLISATION ET OPTIMISATION DU SYSTÈME

$$H_i[A] = -\log_2\left(1 - 2^{-H_i[\alpha A]}\right), \quad H_i[\alpha A] = -\log_2\left(1 - 2^{-H_i[A]}\right). \quad (1)$$

та можуть прийматися в якості координати стану вершини X_i (див. рис. 1), де точка (1, 1) – є точкою максимальної невизначеності стану вершини, або точкою рівноваги.

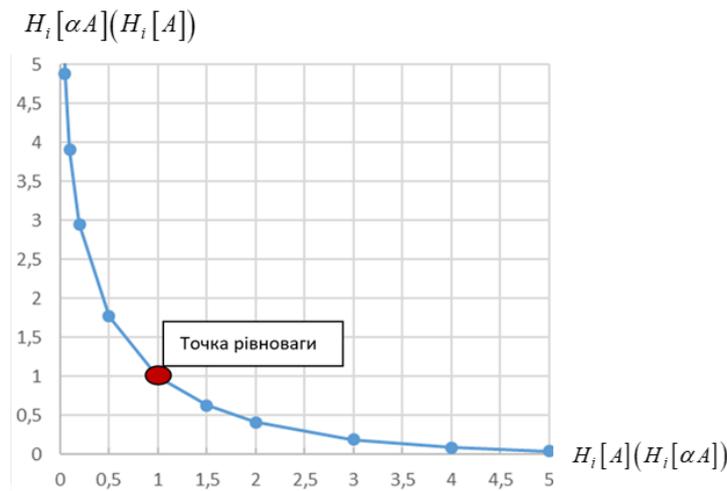


Рис. 1. Функціональна залежність антонімічних оцінок стану вершин

Для формалізації логічних зв'язків між вершинами пропонується використовувати єдині модифіковані (з урахуванням знаку зв'язку та пріоритетності аргументів, що задаються параметрами дуг d_{ij}) оператори логіки антонімів, що задають чотири види зв'язків:

- β -зв'язок (слабкий зв'язок), що відповідає булевій логічній операції диз'юнкції (формула (2));
- γ -зв'язок (сильний зв'язок), що відповідає булевій логічній операції кон'юнкції (формула (3));
- $\bar{\beta}$ -зв'язок (слабкий негативний зв'язок), що відповідає булевій логічній операції стрілка Пірса (формула (4));
- $\bar{\gamma}$ -зв'язок (сильний зв'язок), що відповідає логічній булевій логічній операції штрих Шеффера (формула (5)), виду:
 - а) при позитивному зв'язку:

$$\text{якщо } X_i = \beta X_j, \text{ то } H_i[A] = \sum_{\forall X_j: d_{ij} > 0} d_{ij} \cdot H_j[A], \quad (2)$$

$$\text{якщо } X_i = \bigvee_{\forall X_j: d_{ij} < 0} X_j, \text{ то } H_i[A] = -\log_2 \left[1 - 2^{-\sum_{\forall X_j: d_{ij} > 0} d_{ij} \cdot H_j[A]} \right], \quad (3)$$

б) при негативному зв'язку:

$$\text{якщо } X_i = \bigwedge_{\forall X_j: d_{ij} < 0} X_j, \text{ то } H_i[A] = -\log_2 \left[1 - 2^{-\sum_{\forall X_j: d_{ij} < 0} |d_{ij}| \cdot H_j[A]} \right], \quad (4)$$

$$\text{якщо } X_i = \bigvee_{\forall X_j: d_{ij} < 0} X_j, \text{ то } H_i[A] = -\log_2 \left[\prod_{\forall X_j: d_{ij} < 0} \left(1 - 2^{-H_j[A]} \right)^{|d_{ij}|} \right]. \quad (5)$$

В ході порівняльного аналізу було доведено, що використання запропонованого підходу щодо формалізації зв'язків в когнітивних моделях з використанням апарату ЛА, у порівнянні з існуючими методами теорії НМ, підвищують адекватність НКМ за рахунок: “булевості” операторів ЛА, можливості формалізації паралельних позитивних та негативних зв'язків між концептами без збільшення розмірів моделі, зниження обчислювальної складності при статичному та динамічному аналізі моделі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

- [1] Адаменко А.А. (2021). Удосконалення методів параметризації нечітких когнітивних моделей. Сучасний стан проведення наукових досліджень у ІТ-технологіях, галузях електроніки, інженерії, нанотехнологіях та транспортній сфері (2nd ed): Колективна наукова монографія. Вінниця: European scientific platform. 2 – 11.
- [2] Адаменко, А. А., & Порохончук, О. М. (2023). Метод параметризації детермінованих нечітких когнітивних моделей. Системи обробки інформації, (3 (174)), 7–13. <https://doi.org/10.30748/soi.2023.174.01>.

