

Долиніна О.М., к.т.н., доцент
Саратовський державний технічний університет ім Гагаріна Ю.О.
Шварц О.Ю., аспірант
Саратовський державний технічний університет ім Гагаріна Ю.О.

АЛГОРИТМ НЕЧІТКОГО ВИВЕДЕННЯ ДЛЯ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ

Рівень розвитку сучасних технологічних процесів висуває підвищені вимоги до автоматизації своєчасного і точного прийняття рішень в різних галузях. Для складно формалізованих задач найбільш поширеним рішенням стають експертні системи (ЕС), що служать для зберігання, накопичення та практичного застосування експертних знань. В силу характерних особливостей образу людського мислення і слабого детермінування знань у багатьох галузях широке поширення одержали ЕС, що використовують механізм нечіткого виводу, який ґрунтується на теорії нечітких множин.

У роботах Л. Заде були запропоновані основні поняття і визначення, що формують теорію нечітких множин. На основі цих понять і операцій над нечіткими множинами побудовані описані в літературі і використовувані для розробки ЕС алгоритми нечіткого виводу. Більшість з них використовують базу знань, що містить правила виду:

$$r_j: \text{ЯКЩО } i_{j,1} \in t_{j,1} \text{ та } \dots \text{ та } i_{j,n-1} \in t_{j,n-1} \text{ ТО } g_j \in t_j, \quad (1)$$

де r_j – унікальне ім'я правила; $i_{j,1}, \dots, i_{j,n-1}$ – вхідні лінгвістичні змінні; $t_{j,1}, \dots, t_{j,n-1}$ – значення вхідних лінгвістичних змінних; g_j – вихідна лінгвістична змінна; t_j – значення вихідної лінгвістичної змінної.

Постановка задачі

Описані в літературі алгоритми нечіткого виведення працюють з базою знань, в якій множину всіх лінгвістичних змінних розбито на дві підмножини: вхідних і вихідних змінних. Однак бази знань в реальних ЕС найчастіше мають більш складну структуру, зокрема, в них присутні проміжні змінні, значення яких не подаються на вхід і не отримуються на виході. Такі ЕС відрізняються більш високим ступенем зрозумілості процесу прийняття рішення.

Об'єкт дослідження

Розглянута база знань може бути представлена у вигляді четвірки:

$$(V, I, G, R), \quad (2)$$

де V – універсальна множина лінгвістичних змінних системи; I – множина вхідних лінгвістичних змінних, $I \subset V$; G – множина вихідних лінгвістичних змінних, $G \subset V$; R – множина правил вигляду (1).

Будемо вважати, що на вхід системи, що використовує механізм, подається вектор I^* чітких значень, що відповідають лінгвістичним змінним множини I . Виходом системи є вектор G^* чітких значень, відповідних лінгвістичних змінних множини G .

Проміжною будемо вважати змінну $v_m \in V$, $v_m \notin I$, $v_m \notin G$.

Твердженням будемо вважати пару:

$$\langle v_m, t_{m,k} \rangle, \quad (3)$$

де $v_m \in V$ – лінгвістична змінна; $t_{m,k} \in T(v_m)$ – значення лінгвістичної змінної. Кожному твердженню у відповідність поставлена нечітка змінна $f_{m,k}$.

Будемо вважати вхідними правила $r_j \in R$, в лівій частині яких містяться тільки ті твердження, які містять вхідні лінгвістичні змінні.

Алгоритм нечіткого виводу

Крок 1. Для кожного вхідного правила r_j обчислюються значення істинності всіх тверджень:

$$\delta_{j,n} = \mu_{j,n}(i_{j,n}^*), \quad (4)$$

де $i_{j,n}^*$ – чітке значення, відповідної лінгвістичної змінної $i_{j,n}$ в лівій частині правила.

Крок 2. Для кожного вхідного правила r_j обчислюється рівень відсікання:

$$\beta(\langle g_j, t_j \rangle) = \sigma(\delta_{j,1}, \sigma(\delta_{j,2}, \dots, \sigma(\delta_{j,n-1}, \delta_{j,n}))), \quad (5)$$

де.

$$\sigma(x_1, x_2) = x_1 + x_2 - x_1 \cdot x_2. \quad (6)$$

Крок 3. Для кожного вхідного правила r_j формується усічена функція приналежності кожного твердження в лівій частині правила:

$$\mu'_{f_{m,k}}(x) = \mu_{f_{m,k}}(x) \cdot \min_j \beta(\langle g_j, t_j \rangle), \quad (7)$$

де пара $\langle g_j, t_j \rangle$ відповідає нечіткій змінній $f_{m,k}$.

Крок 4. Для кожної лінгвістичної змінної $v_m \in V$, що стоїть в правій частині хоча б одного вхідного правила r_j , формується результуюча функція приналежності:

$$\mu_{v_m}(x) = \max_k \mu'_{f_{m,k}}(x). \quad (8)$$

Крок 5. Для кожної лінгвістичної змінної $v_m = g_j \in V$, що стоїть в правій частині кожного вхідного правила r_j , обчислюється чітке значення:

$$v_m^* = \frac{\int x \cdot \mu_{v_m}(x) dx}{\int \mu_{v_m}(x) dx}. \quad (9)$$

Крок 6. Кроки 1-5 повторюються для кожного правила r_j бази знань до тих пір, поки не будуть обчислені чіткі значення, що відповідають всім вихідним лінгвістичним змінним. Отримані чіткі значення формують вихідний вектор G^* .

Висновок

Запропоновано новий алгоритм нечіткого виведення, відмітною особливістю якого є використання бази знань з довільною кількістю вхідних, вихідних, а також проміжних лінгвістичних змінних, що дозволяє розробляти ЕС з більш складною структурою транзитивних залежностей між твердженнями (фактами).

Зведена до системи чітких правил вигляду «ЯКЩО A_1 та A_2 та ... та A_n ТО B » база знань являє собою чітку формальну модель, яка може бути використана для подальшого процесу налагодження за допомогою методів структурного тестування і для побудови пояснювального компонента ЕС.