УДК 004.056.5

О.Г. Оксіюк

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

МОДЕЛЬ ОПТИМІЗАЦІЇ СЕМАНТИЧНОЇ МЕРЕЖІ

Запропоновано модель оптимізації семантичної мережі, яка заснована на принципі неявного перебору та є важливою складовою процесу моделювання знань в системах штучного інтелекту. Проведено оцінку ефективності моделі формування оптимальної структури семантичної мережі. У якості узагальненого показника оцінки ефективності розробленої моделі обрано функцію приналежності, що визначає ступінь виконання всіх критеріїв одночасно. Результати моделювання підтверджують достовірність розробленої моделі.

Ключові слова: *семантична мережа, оптимізація, множина припустимих варіантів.*

Вступ

В сучасних умовах розвитку суспільства має факт інтенсивного розвитку інформаційних технологій, тому актуальна загальна науково-практична проблема їх впровадження у всі сфери діяльності людства. Найбільш цікавою та важливою є часткова проблема – проблема удосконалення та впровадження комп'ютерних систем та технологій, які базуються на теорії штучного інтелекту. Варто підкреслити те, що однією з часткових проблем є проблема ефективного моделювання знань. Як відомо семантична мережа є важливою моделлю знань. Аналіз літератури, щодо існуючих підходів побудови семантичної мережі, як моделі представлення знань в системах штучного інтелекту дозволяє зробити висновок про необхідність оптимізації структури цієї мережі [1 – 4]. Разом з тим, важливою задачею є забезпечення стійкості інтелектуальної системи відносно внутрішніх та зовнішніх дестабілізуючих факторів [5, 6].

Метою дослідження є підвищення ефективності математичних моделей представлення знань в системах штучного інтелекту.

Завданням статті є розробка моделі оптимізації структури семантичної мережі.

Основна частина

Задача вибору оптимальної структури семантичної мережі може бути представлена в наступному виді. Є набір одночасно поставлених цілей і множина припустимих варіантів побудови структури семантичної мережі. Вибір і реалізація кожного з варіантів може сприяти досягненню кожної із цілей, але в різному ступені. Поставлені цілі характеризуються набором функцій, причому кожній функції ставиться у відповідність її важливість, тобто її порівняльна пріоритетність стосовно інших функцій. З наявної множини припустимих варіантів потрібно вибрати такий варіант, реалізація якого приведе до досягнення всіх поставлених цілей. У цьому і є суть формування оптимальної семантичної мережі.

Сформульована задача може бути розглянута в рамках наступної формальної постановки задачі вибору підмножини ефективних (кращих) варіантів з фіксованої множини припустимих варіантів [1].

Нехай задані кінцева множина функцій $F = \{f_1,...,f_n\}$, кінцева множина варіантів $X_0 = \{x_1,...,x_m\}$ і матриця A розміру $m \times n$, елемент якого $a_{ij} = \phi(x_i f_j)$ трактується як значення функції f_j (стовпець) на варіанті x_j (рядок). Кожній функції f_j приписується чисельна вагова оцінка ω_j^0, $\overline{\omega}^0 = (\omega_1^0,...,\omega_n^0)$. Нехай f_j – стовпець із номером j матриці A. Виділимо в матриці A які-небудь b рядків, і нехай множина M_j^b – упорядкований набір з b елементів a_{ij} матриці A, що стоять на перетинанні кожної з обраних рядків з j-им стовпцем $M_j^b = \{a_{i1,j}, a_{i2,j},...,a_{ib,j}\}$, $b \le m$.

Нехай задані функції $G_j(M_j^b)$, які визначені при кожному $j = \overline{1,n}$ на всіляких упорядкованих наборах M_j^b елементів, що становлять j-ий стовпець матриці, тобто на $\{i_1, i_2,...,i_b\} \subset \{1,...,m\}$. Іншими словами, область визначення G_j – набори значень підмножин множини варіантів на f_j. Функції G_j будемо вважати слабко монотонними по потужності b підмножин при кожному значенні $j = \overline{1,n}$, тобто зі збільшенням потужності підмножин (числа елементів у підмножинах) значення G_j не убуває. Задано набір чисел S_j, $j = \overline{1,n}$. Нижче ці числа використовуються при завданні обмежень знизу на значення G_j. Задані також числа λ_{ij}, $i \ne j ; j = \overline{1,n}$. Із множини X_0 наявних варіантів необхідно вибрати підмножину $L^b = \{x_{i1},...,x_{ib}\}$, що складається з b варіантів, так, щоб була задоволена система нерівностей

$$G_j(\phi(x_{i1}f_j),...,\phi(x_{ib}f_j)) \ge S_j . \quad (1)$$

Значення S_j в (1) формуються виходячи з конкретних вимог. Кожної з поставлених цілей відповідає своя функція G_j, і свій рівень вимог S_j до неї. Чим нижче рівень вимоги S_j, тим меншими витратами засобів можна досягти j-у ціль. Поставлена задача може бути вирішена одним з методів повного перебору, однак у цьому випадку виникають відомі труднощі, пов'язані з розмірністю. Розглянемо модель рішення поставленої задачі за допомогою неявного перебору, що дозволяє одержати рішення меншим числом ітерацій, ніж при повному переборі, або встановити, що задача взагалі не має рішення.

Проаналізуємо матрицю А. Кожний стовпець матриці складений зі значень оцінок варіантів $x_1,...,x_m$ на критерії f_j. Для зручності подальших операцій необхідне узгодження шкал оцінок варіантів на різних f_j, $j=\overline{1,n}$ будь-яким з наявних способів. Для погоджених шкал збережемо позначення $\phi(x_i f_j)$. У результаті буде отримана матриця $\left\|\phi(x_i f_j)\right\|$ оцінок з погодженими шкалами, тобто якщо $\phi(x_{i1}f_{j1}) = \phi(x_{i2}f_{j2})$, то ступінь «корисності» варіанта x_{j1}, для досягнення j 1-ої мети дорівнює ступеню «корисності» варіанта x_{j2}, для досягнення j 2-ої мети.

Набір варіантів, що буде прийнято як рішення задачі, формується ітераційно. На першому кроці ітераційного процесу провадиться вибір варіанта $x_{i1} \in X_0$, такого, що $\vartheta(x_{i1}\overline{\omega}^0) = \max \vartheta(x_i\overline{\omega}^0)$.

Функція ϑ на основі якої вибирається y_{i1}, будується за таким способом. Нехай $\omega^* = \max\omega_j^0$ по $j=\overline{1,n}$, а f_* – функція, який відповідає обраний ваговий коефіцієнт ω^*, тоді

$$\vartheta(y_{i1}\overline{\omega}^0) = k^*\omega^*\phi(y_i X_*) + \\ = \sum_{j\ne *}\omega_j\phi(y_i X_j) + \sum_{j\ne s}\lambda_{sj}\phi(y_i X_s)\phi(y_i X_j)\omega_s\omega_j, \quad (2)$$

де k^* – константа, що підбирається експериментально.

Після вибору x_{i1} відбувається перевірка виконання умови зупинки

$$G_j(\phi(x_{i1}F)) \ge S_j,\ j=\overline{1,n} . \quad (3)$$

Якщо умова виконана, процедура завершується. У противному випадку триває вибір варіантів. Перед другим кроком вибору модифікуються вектор вагових оцінок $\overline{\omega}^0$ і залежна від компонентів цього вектора функція ϑ з умови максимуму якої здійснюється вибір варіанта на черговому кроці ітерації

$$\omega_j^1 = \omega_j^0 \cdot [S_j - F_j(\phi(x_{i1}F))]/S_j = \\ = \omega_j^0\left(1 - F_j(\phi(x_{i1}F))/S_j\right), \quad j=\overline{1,n}. \quad (4)$$

Потім вибираються нове значення $\omega^* = \max\omega_j^1$ по $j=\overline{1,n}$ -й варіант x_{i2} такий, що

$$\vartheta\left(x_{i1}\overline{\omega}^1\right) = \max_{x_i\in X_1}\vartheta\left(x_i\overline{\omega}^1\right), \quad X_1=X_0\backslash x_{i1}, \quad (5)$$

і т.д. На k кроці процедури вибір x^k провадиться, виходячи з умови

$$\vartheta\left(x_{i1}\overline{\omega}^{k-1}\right) = \max_{x_i\in X_{k-1}}\vartheta\left(x_i\overline{\omega}^{k-1}\right),$$

$$\omega_j^{k-1} = \omega_j^0(1 - G_j(\phi(x_{i1}F),...,\phi(x_{i_{k-1}}f_j))/S_j), \quad (6)$$

де $X_{k-1} = X_0 \backslash x_{i_1} \backslash x_{i_2} \backslash ... \backslash x_{i_{k-1}}$.

Потім перевіряється виконання умови зупинки

$$G_j(a_{i_1,j},...,a_{i_k,j}) \ge S_j,\ j=\overline{1,n} . \quad (7)$$

Якщо ця умова не виконана, то модифікується вектор, і так доти, поки умова зупинки не буде виконуватись. У розглянутій процедурі вибір варіанта на черговому кроці ітераційного процесу здійснюється на основі даних про потенційну неузгодженість між поточним і необхідним цільовим станом після попереднього кроку вибору. Крім того, вибір робиться із числа тих варіантів, які до розглянутого кроку ще не були обрані. Таким чином, кожний варіант може бути обраний не більше одного разу.

Є й клас ситуацій прийняття рішень, що допускають вибір того самого варіанта багаторазово. Мова йде про ситуації, у яких можуть виявитися доцільними вибір і реалізація того самого варіанта послідовно кілька разів (якщо після однократної реалізації цей варіант є в наявності). При використанні обговорюваного алгоритму в таких ситуаціях доцільно відмовитися від покрокової редукції множини варіантів X_o й на кожному кроці повторювати вибір з нього ж.

З описаної процедури й припущення про слабку монотонність функцій $G_j(M_j^b)$ по потужності підмножин з X_o слідує висновок про те, що розглянута процедура вибору дозволяє одержати рішення поставленої задачі, якщо це рішення існує. У випадку, якщо процедура не дозволяє знайти рішення поставленої задачі, задача не має рішення.

Ефективність моделі формування оптимальної структури семантичної мережі оцінено по ступеню задоволення всім вимогам (критеріям) одночасно. Різноманіття критеріїв при побудові оптимальної структури мережі, вимагає класифікації цих вимог по різних ознаках. Класифікуємо всі критерії по типах (класам). При цьому критерії, об'єднані типом (класом), а саме, їхні показники з одного боку, а варіант семантичної мережі, що має конкретні параметри своєї структури, з іншого, можна вважати підсистемами, що перебувають на різних ієрархічних рівнях складної системи.

В якості узагальненого показника оцінки ефективності розробленої моделі доцільно вибрати функцію приналежності, що визначає ступінь виконання всім критеріям одночасно синтезованою семантичною мережею [2]. Множиною часткових показників оцінки будуть функції відповідності, як оцінки відповідності мережі кожному критерію оптимізації.

Уведемо позначення $\Omega = (\Omega_1, \ldots, \Omega_i, \ldots, \Omega_q)$ – множина всіх критеріїв оптимізації мережі, кожний з яких містить набір різних підкритеріїв. $\Omega_i = \{\Psi_{i1}, \Psi_{i2}, \ldots, \Psi_{il}, \ldots, \Psi_{ik_i}\}$ – множина підкритеріїв i-ого типу (класу) критеріїв, де k_i – кількість підкритеріїв i-ого критерію оптимізації. Уведемо нумерацію для позначення показників критеріїв від 1 до m. Тоді $\varepsilon = \{\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots, \varepsilon_j, \ldots, \varepsilon_m\}$ – множина показників, визначення яких необхідно для всіх вимог (критеріїв оптимізації). Для задоволення l-ого підкритерія i-ого критерію необхідно визначити m_{il} показників ($m_{il} \leq m$). Позначимо їх як множину $\varepsilon_{il} = \{\varepsilon_{il1}, \varepsilon_{il2}, \ldots, \varepsilon_{ilj}, \ldots, \varepsilon_{ilm(il)}\}, \varepsilon_{il} \in \varepsilon$. Множину варіантів семантичної мережі позначимо як $T = \{T_1, T_2, \ldots, T_c, \ldots, T_r\}$, де T_c – c варіантів семантичної мережі.

Для параметрів семантичної мережі введемо нумерацію, що відповідає нумерації показників критеріїв від 1 до n, множина яких запишеться як $t = \{t_1, t_2, \ldots, t_j, \ldots, t_n\}$. Тоді варіант мережі T_c, характеризується n_c параметрами, множина яких має вигляд $t_c = \{t_{c1}, t_{c2}, \ldots, t_{cj}, \ldots, t_{cn(c)}\}$, $t_{cj} \in t$.

Необхідно оцінити ефективність кожного варіанта семантичної мережі при забезпеченні вимог всіх критеріїв одночасно. Задачу оцінки ефективності зведемо до задачі класифікації об'єкта T_c на множині критеріїв Ω_i $\forall i \in \overline{1,q}$ і підкритеріїв Ψ_{il}, $\forall i \in \overline{1,q}; \forall l \in \overline{1,k_i}; \forall c \in \overline{1,r}$. При цьому виконується введення функції нев'язання порівнюваних величин, обчислення оцінки для функції близькості, обчислення оцінок для класу по множині показників, обчислення оцінок для класу критеріїв по опорній множині [2]. На підставі цього розроблена методика оцінки ефективності рішення задач оптимізації мережі в цілому по ступеню відповідності мережі кожному критерію оптимізації. Варто відкреслити те, що результати моделювання підтверджують достовірність розробленої моделі. Метод оптимізації класифікується як точний, або неявного перебору.

Висновок

Таким чином, запропонована модель формування оптимальної структури семантичної мережі, яка побудована на принципі неявного перебору є більш ефективною. Використаний підхід дозволяє одержати рішення за меншої кількості ітерацій у порівнянні з повним перебором, або встановити, що задача взагалі не має рішення.

Список літератури

1. *Искусственный интеллект. – В 3-х кн. Кн. 2. Модели и методы: Справочник / Под ред. Поспелова Д.А. – М.: Радио и связь, 1990. – 304 с.*
2. *Герасимов Б.М. Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень: навчальний посібник / Б.М. Герасимов, В.М. Локазюк, О.Г. Оксіюк, О.В.Поморова. – К.: Європейський університет, 2007. – 335 с.*
3. *Кравченко Ю.В. Математична модель представлення знань у системі екологічного моніторингу / Ю.В. Кравченко, А.А. Поліщук // Телекомунікаційні та інформаційні технології. – 2015. – №1. – С. 11–15.*
4. *Кравченко Ю.В. Концепція структурування інформаційного ресурсу системи дистанційного навчання / Ю.В. Кравченко, О.Г. Оксіюк // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. – 2009. – №1(4). – С. 6–11.*
5. *Кравченко Ю.В., Барабаш О.В. Функціональна стійкість – властивість складних технічних систем / Ю.В. Кравченко, О.В. Барабаш // Збірник наукових праць НАОУ. Бюл. №40. – К.: НАОУ, 2002. – С. 225 – 229.*
6. *Барабаш О.В. Модель баз знань інтелектуальної системи управління високошвидкісного рухомого об'єкта на основі її верифікації / О.В. Барабаш, Д.М. Обідін, А.П. Мусієнко // Системи обробки інформації: збірник наукових праць. – Х.: ХУПС, 2014. – № 5 (121). – С. 3 – 6.*

Надійшла до редколегії 30.01.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.В. Барабаш, Державний університет телекомунікацій, Київ.

МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ СЕМАНТИЧЕСКОЙ СЕТИ

О.Г. Оксиюк

Предложена модель оптимизации семантической сети, которая основана на принципе неявного перебора и является важной составляющей процесса моделирования знаний в системах искусственного интеллекта. Проведена оценка эффективности модели формирования оптимальной структуры семантической сети. В качестве обобщенного показателя оценки эффективности разработанной модели выбрано функцию принадлежности, определяющую степень выполнения всех критериев одновременно. Результаты моделирования подтверждают достоверность разработанной модели.

Ключевые слова: *семантическая сеть, оптимизация, множество допустимых вариантов, .*

SEMANTIC NETWORK OPTIMIZATION MODEL

O.G. Oksiiuk

Semantic network optimization model based on the principle of implicit enumeration proposed and an important part of the knowledge modeling process in artificial intelligence systems. Evaluating of the efficiency of the model for designing the optimal structure of the semantic network is conducted. As general efficiency assessment index of the model the membership function, that determines the degree of meeting all criteria simultaneously, is chosen. Simulation results confirm the reliability of the model.

Keywords: *semantic network, optimization, feasible options.*