

В.Д. МЕЛЬНИК, В.І. ШЕКЕТА, М.М. ДЕМЧИНА
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ВИВЕДЕННЯ ЗНАЧЕНЬ ЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМАХ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ

Представлено формально-логічний апарат для використання коефіцієнтів впевненості при побудові запитів і їх модифікацій в інтелектуальних системах дистанційного навчання на основі баз даних і баз знань, що дозволяє здійснювати вивід дійсних значень логічних параметрів, базуючись на суб'єктивних оцінках групи експертів (викладачів, лекторів, модераторів, адміністраторів).

The formal-logical apparatus for using of certainty factors by construction of users queries and their modification in intelligible systems of distance learning supported by data and knowledge bases is introduced, that allow inference of verified logical parameters values based on subjective evaluations of expert group (teachers, lectors, moderators, administrators).

Ключові слова: дистанційне навчання, інтелектуальні системи, логічний висновок, предикатні запити, коефіцієнт впевненості.

Вступ. Одним із ключових питань з точки зору моделювання процесу побудови інтелектуальної системи дистанційного навчання [1] є спосіб представлення знань, на основі якого система повинна приймати рішення в певній ситуації, наприклад виконуючи зворотній зв'язок з користувачем. Дане питання є особливо актуальним з точки зору впровадження концепції *Semantic Web* як засобу інтелектуалізації існуючих систем, так і платформи для створення нових з використанням існуючих рішень в області баз даних та баз знань. Побудова запитів та їх модифікація [2] є формально-логічним апаратом опису і вивчення процесів оновлення і модифікації не тільки самих запитів, але також і баз даних та знань, формування логічного висновку на основі баз даних і знань. Всі рішення в інтелектуальній системі дистанційного навчання приймаються на основі аналізу висновків експертів (лекторів, викладачів, модераторів, адміністраторів дистанційних курсів). Згідно з роботою [2] база знань системи дистанційного навчання може розглядатися як набір інформаційних сутностей атомарних предикатів з деякого скінченного інформаційного простору \mathcal{R} . Всі зміни, що відбуваються в базі знань, розглядаються, як наслідок модифікаційних предикатних запитів Q_m . Основою самих запитів є набір модифікаційних предикатних правил:

$$Q_M \{LocalQueries, OutwardQueries\} \longleftrightarrow (DLK_B)^{\ll} \left\| \begin{array}{l} DLK_{B-}(u_feat) \\ DLK_{B+}(u_feat) \end{array} \right\| \ll, \quad (1)$$

де $u_feat, u_feat_n \in \mathcal{R}$ і є характеристиками профілів користувачів. Основна ідея такого запису правил полягає в тому, що 1) $DLK_{B+}(u_feat)$ означає, що атомарний предикат u_feat повинен бути включений в базу знань системи дистанційного навчання (*distance learning knowledge base*) DLK_B , а DLK_{B-} означає, що u_feat повинен бути виключений з бази знань; 2) $(DLK_B)^{\ll}$ означає модифікацію бази знань на рівні логічної зв'язаності предикатних правил як наслідок виконання операцій додавання і вилучення правил. Проте **недослідженим** залишається питання опису процесу прийняття рішення групою експертів (лекторів, викладачів, модераторів, адміністраторів) в інтелектуальній системі дистанційного навчання. Тому **ціллю даної роботи** є питання введення коефіцієнтів впевненості при побудові запитів в інтелектуальній системі дистанційного навчання на основі баз даних і знань та їх модифікації. При роботі в системі дистанційного навчання (*DLS – distance learning system*) однією з базових операцій виконуваних студентами та викладачами є формулювання та переформулювання (модифікація) запитів в інтерактивному середовищі дистанційного навчання. В нашому підході ми розглядаємо процес формулювання запитів як комплексний процес одержання інформації користувачами на двох рівнях. На першому рівні запити виконуються по локальних ресурсах системи дистанційного навчання згідно з формулою:

$$LocalQueries \text{ in } \{CSL, CST\}, \quad (2)$$

де *CSL – Computer Supported Learning* є поєднанням методів, що базуються на досвіді використання комп'ютерної техніки в процесі навчання; *CST – Computer Supported Training* є процесом виконання навчальних вправ, що підтримуються та забезпечуються комп'ютером, що дозволяє впроваджувати матеріали передачі змісту навчального матеріалу без прив'язки до часу та місця. Прикладами таких реалізацій є навчання за допомогою CD – та DVD, навчальних фільмів, навчальних аудіо та відеофільмів в форматах mp3, mpeg4, avi та ін. Основний ресурс для виконання запитів цього рівня – це контент навчального матеріалу. Можливість ефективного виконання запитів обмежується локалізацією контентно-орієнтованих ресурсів. На другому рівні запити виконуються за Web-орієнтованими ресурсами системи дистанційного навчання згідно з формулою:

$$OutwardQueries \text{ in } \{WOL, OL\}, \quad (3)$$

де WOL – *Web Oriented Learning* – це навчальні технології на базі Internet, Intranet та Extranet; OL – *Online Learning* – сукупність навчальних методів виключно на основі платформи Internet.

Нехай O – скінчений простір, елементи якого вважатимемо атомами. Зокрема в нашому випадку ми спочатку розглядаємо $O = \{in^+\}$, а потім $O = \{u_feat_1, u_feat_2\}$, де u_feat_i характеристика профілю i -го користувача системи дистанційного навчання. Вирази виду $DLK_{B+}(u_feat_1)$, $DLK_{B-}(u_feat_1)$, де $u_feat_1 \in O$ називатимемо модифікаційними атомами. Модифікаційним атомам присвоюються мітки. Всі мітки належать множині M . Будемо вважати множину M частково впорядкованою, із введеними операціями \cup , \cap . Для кожного елемента $u_feat_1 \in M$ введемо доповнення де-Моргана, яке будемо позначати через $\overline{u_feat_1}$. Модифікаційним атомом з міткою будемо вважати вираз виду: $(DLK_{B+}(u_feat_1):C_F)$ або $(DLK_{B-}(u_feat_1):C_F)$, де $u_feat_1 \in O, C_F \in M$. Модифікаційним правилом із мітками вважатимемо вираз виду:

$S_M \ll R_M^1, \dots, R_M^1$, де S_M, R_M^1, \dots, R_M^1 – модифікаційні атоми із мітками. Під модифікаційним предикатним запитом із мітками, будемо розуміти множину модифікаційних правил із мітками. Можна також виконати запис модифікаційних правил із мітками, в формі простих модифікаційних правил (без міток), якщо ввести додаткові атомарні предикати $(in^+ _e _n)$, де $1 \leq n \leq m$, m – кількість експертів, що приймають участь в дискусії. Розглядатимемо випадок, коли мітки задані у вигляді чисел з діапазону $[0;1]$.

Нехай тепер ми маємо дві характеристики профілю користувача системи дистанційного навчання $DLUserProfile$ u_feat_1 і u_feat_2 . У вихідній базі знань дані характеристики представлені з певним коефіцієнтом впевненості. Будемо розглядати та оперувати з деякими виділеними значеннями коефіцієнтів впевненості, які матимуть виражену граничну інтерпретацію $\{cf^{\min}, cf^1, cf^2, cf^3, cf^4, cf^6, cf^7, cf^8, cf^9, cf^{\max}\}$: наприклад, якщо коефіцієнт впевненості в характеристиці $u_feat_1 \in C_F^1$, $(cf^{\min} \leq C_F^1 \leq cf^{\max})$, тоді $DLK_B^{noc}(in^+) = \langle C_F^1, cf^{\max} - C_F^1 \rangle$, де in^+ – атомарний предикат. Ми можемо інтерпретувати перший і другий елементи в кортежі

$(C_F^1, cf^{\max} - C_F^1)$ як степені впевненості і невпевненості в надійності інформації. Задача, яка виникає в даній ситуації є вивід дійсного значення характеристики, виходячи із суб'єктивної оцінки експерта. Таким чином всі Q_m – модифікації для вихідної бази знань DLK_B^{noc} , $DLK_B^{Q_m}$ повинні представляти реальні значення логічних параметрів системи дистанційного навчання. Припустимо тепер, що перешкода H_1 не може знизити значення характеристики більше чим на cf^1 . Тоді ми можемо припустити, що характеристика u_feat_1 є присутньою, коли коефіцієнт впевненості в даному факті є cf^9 і більше. Припустимо тепер, що перешкода H_2 не може впливати на характеристику u_feat_2 більше ніж на cf^3 . Тому, якщо коефіцієнт впевненості у відсутності характеристики є, принаймні, cf^7 , дана характеристика повинна бути відсутньою. Ці передпосилки, разом із фактом, що для кожної характеристики беруться до уваги два значення $\{присутня, відсутня\}$, можуть бути представлені:

$$\begin{aligned} & \{(DLK_{B+}(u_feat_1):cf^{\max}) \ll (DLK_{B+}(u_feat_1):cf^9), (DLK_{B-}(u_feat_1):cf^7), \\ & (DLK_{B-}(u_feat_2):cf^{\max}) \ll (DLK_{B+}(u_feat_1):cf^9), (DLK_{B-}(u_feat_2):cf^7), \\ & (DLK_{B+}(u_feat_2):1) \ll (DLK_{B+}(u_feat_2):0.9), (DLK_{B-}(u_feat_1):0.7), \\ & (DLK_{B-}(u_feat_1):1) \ll (DLK_{B+}(u_feat_2):0.9), (DLK_{B-}(u_feat_2):0.7)\}. \end{aligned} \quad (4)$$

Перших два правила стверджують, що якщо впевненість в наявності характеристики u_feat_1 є, принаймні, cf^9 , а впевненість у відсутності u_feat_2 , принаймні, cf^7 , тоді характеристика u_feat_1 присутня із коефіцієнтом впевненості cf^{\max} , а характеристика u_feat_2 відсутня з коефіцієнтом впевненості cf^{\max} . Нехай тепер коефіцієнт впевненості в присутності характеристик u_feat_1 і u_feat_2 складає відповідно cf^4 і cf^8 . Тоді $DLK_B^{noc}(u_feat_1) = \langle cf^4, cf^6 \rangle$, $DLK_B^{noc}(u_feat_2) = \langle cf^8, cf^2 \rangle$. Після виконання Q_m – модифікації для DLK_B^{noc} ми одержимо

реальні значення характеристики в базі знань, а саме:

$$DLK_{B+}^{Q_m}(u_feat_1) = \langle cf^{\min}, cf^{\max} \rangle, DLK_{B-}^{Q_m}(u_feat_2) = \langle cf^{\max}, cf^{\min} \rangle. \quad (5)$$

Для M введемо оціночну функцію Θ , яка буде описувати наявну інформацію про належність елементів O деякій множині T , $T \subseteq O$. Тому $\Theta(DLK_{B+}(u_feat_1)) = C_F$ будемо інтерпретувати як факт того, що $u_feat_1 \in T$ з впевненістю C_F . Оціночна функція Θ задовольняє модифікаційний атом $(DLK_{B+}(u_feat_1): C_F)$, якщо $\Theta(DLK_{B+}(u_feat_1)) \geq C_F$. Подібним чином будемо говорити, що Θ задовольняє $(DLK_{B-}(u_feat_1): C_F)$, якщо $\Theta(DLK_{B-}(u_feat_1)) \geq C_F$. В загальному випадку будемо вважати, що Θ задовольняє множину модифікаційних атомів, якщо вона задовольняє кожен елемент множини. Будемо вважати, що оціночна функція Θ задовольняє модифікаційне правило з мітками, якщо вона задовольняє заголовок правила в усіх випадках, коли задовольняє тіло правила. І нарешті будемо говорити, що Θ задовольняє модифікаційний предикатний запит з мітками, або є моделлю запиту, якщо вона задовольняє всі правила в запиті. Для даного модифікаційного предикатного запиту із мітками, введемо оператор Λ_{Q_m} на множині значень оціночної функції Θ . Нехай $\Lambda_{Q_m}(\Theta)$ – множина заголовків всіх правил в Q_m , тіла яких задовольняються оціночною функцією Θ . Таким чином оператор Λ_{Q_m} введемо

наступним чином $\Lambda_{Q_m}(\Theta) = \bigcup_n \{C_F \mid (r_n : C_F) \in \Lambda_{Q_m}(\Theta)\}$, $n \geq 0$, де, r_n – модифікаційне правило.

Очевидно, що при побудові оціночних функцій $\Theta(M)$, для кожного елемента $u_feat_1 \in O$, можна поставити у відповідність пару елементів з M , що відповідають модифікаційним атомам $DLK_{B+}(u_feat_1)$ і $DLK_{B-}(u_feat_1)$. Таким чином ми повинні розглянути структуру $M^2 = M \times M$, із введеною операцією \leq_l , яку означимо так:

$$(C_{F_1}^1, C_{F_2}^1) \leq_l (C_{F_1}^2, C_{F_2}^2), \text{ якщо } C_{F_1}^1 \leq_l C_{F_1}^2 \text{ і } C_{F_2}^1 \leq_l C_{F_2}^2. \quad (6)$$

Якщо пару $(C_{F_1}^1, C_{F_2}^1)$ розглядати як міру нашого знання про належність об'єкта o множині T , тоді якщо ми маємо, що $C_{F_1}^1 \leq_l C_{F_1}^2$ і $C_{F_2}^1 \leq_l C_{F_2}^2$ тоді пара $(C_{F_1}^2, C_{F_2}^2)$ більш точно характеризує об'єкт u_feat_1 . Тому операцію \leq_l можна розглядати, як відношення порядку задане на множині коефіцієнтів впевненості для тверджень бази знань. Оскільки структура M є повною і дистрибутивною, то M^2 теж є повною і дистрибутивною структурою по відношенню до операції \leq_l . Як правило рішення приймається групою експертів. Розглянемо початкову групу, що складається із трьох експертів: $G^3 = \{\langle e_1 \rangle, \langle e_2 \rangle, \langle e_3 \rangle\}$. Нехай перед даною групою стоїть завдання прийняти рішення. Дану ситуацію можна описати як процес співставлення атомарному предикату in^+ структурованого кортежу $\{\langle e_x \rangle, \langle e_y \rangle\}$, де перший елемент кортежу відповідає множині експертів, яка виступає за прийняття пропозиції, а другий елемент – відповідає множині експертів, яка виступає проти даної пропозиції. Будемо вважати, що цей процес полягає в проведенні дискусії із голосуванням, в результаті якого приймається рішення. Кожний експерт має свою думку, щодо пропозиції винесеної на голосування, причому частина експертів із самого початку налаштована на прийняття пропозиції, а частина категорично проти винесеної пропозиції. Будемо також вважати, що думки експертів можуть також змінюватися під час дискусії. Можливі варіанти зміни їх думок опишемо наступною послідовністю модифікаційних правил із мітками.

$$\begin{aligned} & \{(DLK_{B+}(in^+) | \langle e_1 \rangle) \ll (DLK_{B+}(in^+) | \langle e_2 \rangle), (DLK_{B-}(in^+) | \langle e_1 \rangle) \ll (DLK_{B-}(in^+) | \langle e_3 \rangle), \\ & (DLK_{B+}(in^+) | \langle e_2 \rangle) \ll (DLK_{B+}(in^+) | \langle e_1 \rangle), (DLK_{B+}(in^+) | \langle e_2 \rangle) \ll (DLK_{B+}(in^+) | \langle e_3 \rangle), \\ & (DLK_{B-}(in^+) | \langle e_3 \rangle) \ll (DLK_{B-}(in^+) | \langle e_1 \rangle), \\ & (DLK_{B-}(in^+) | \langle e_3 \rangle) \ll (DLK_{B-}(in^+) | \langle e_2 \rangle)\}. \end{aligned}$$

Перше правило означає, що якщо *експерт_2* приймає пропозицію, то тоді *експерт_1* також повинен прийняти пропозицію, оскільки його переконає в цьому *експерт_2*. Друге правило означає, що

якщо *експерт*₃ проти пропонованого рішення, тоді він може переконати також і *експерта*₁. Таким чином введені правила описують експертів як in^+ – схильних, або in^+ – несхильних і вказують також можливий вплив одного експерта на іншого, що в кінцевому підсумку може призводити до зміни переконань експертів і впливати на кінцевий результат голосування:

$$DLK_{B_1}^{Q_m}(in^+) = \{<e_{-1}>, <e_{-2}>, <e_{-3}>, <>\}, DLK_{B_2}^{Q_m}(in^+) = \{<>, <e_{-2}>, <e_{-3}>\}. \quad (7)$$

На M^2 можна ввести іншу операцію впорядкування; можна означити $(C_{F_1}^1, C_{F_2}^1) \leq_m (C_{F_1}^2, C_{F_2}^2)$, якщо $C_{F_1}^1 \leq C_{F_1}^2$ і $C_{F_2}^1 \geq C_{F_2}^2$. Таке впорядкування множини коефіцієнтів впевненості будемо називати впорядкуванням за істинністю. Оскільки M є повною дистрибутивною структурою, M^2 з введеними операціями впорядкування \leq_l і \leq_m формує повну дистрибутивну біструктуру. Крім того означимо операцію згладжування, $-(C_{F_1}^\bullet, C_{F_2}^\bullet) = (\overline{C_{F_2}}, \overline{C_{F_1}})$. Елемент $u_feat_1 \in M^2$ будемо вважати несуперечливим, якщо $u_feat_1 \leq_l -u_feat_1$; іншими словами пара коефіцієнтів $(C_{F_1}, C_{F_2}) \in M^2$ буде несуперечливою, якщо C_{F_1} є меншим або рівним доповнення до C_{F_2} і C_{F_2} є меншим або рівним доповнення до C_{F_1} . Введена операція задовольняє закони де-Моргана.

$$\begin{aligned} & -((C_{F_1}, C_{F_2}) \circ (C_{F_3}, C_{F_4})) = -(C_{F_1}, C_{F_2}) \bullet -(C_{F_3}, C_{F_4}) \\ & -((C_{F_1}, C_{F_2}) \bullet (C_{F_3}, C_{F_4})) = -(C_{F_1}, C_{F_2}) \circ -(C_{F_3}, C_{F_4}), \text{ де } C_{F_1}, C_{F_2}, C_{F_3}, C_{F_4} \in M. \end{aligned} \quad (8)$$

Оціночна функція Θ для M є відображенням $O \rightarrow M^2$. Якщо $DLK_B^1(u_feat_1) = (C_{F_1}, C_{F_2})$, згідно з функцією $\Theta(DLK_B)$, ми можемо твердити, що атомарний предикат u_feat_1 належить K_B^1 , з впевненістю C_{F_1} і не належить DLK_B^1 , з впевненістю C_{F_2} . Будемо говорити, що оціночна функція $\Theta(M^2)$ є несуперечливою, якщо вона описує деякий несуперечливий елемент з M^2 для кожного атому в O . Ми будемо використовувати $\Theta(M^2)$ для представлення поточної інформації про базу знань, а також інформації про характер необхідних модифікацій для бази знань. Нехай $I = \Theta(M^2)$ – представлення наших знань про поточний стан бази знань DLK_B , а $J = \Theta(M^2)$ – наявні знання про множину необхідних модифікацій для I . Означимо модифікацію I засобами J , як I' . Тоді $I' = (I \bullet -J) \circ J$. Після виконання модифікації нове застосування оціночної функції повинно дати, принаймні, стільки ж інформації про застосування модифікаторів $DLK_{B+}()$, $DLK_{B-}()$ до атомарних предикатів, як її містилося в J . З другого боку, об'єм такої інформації не повинен перевищувати явні границі в становленні для J , і виражені через $-J$. Підсумовуючи сказане, маємо, що якщо $J(u_feat_1) = (C_{F_1}, C_{F_2})$, тоді підтвердження для $DLK_{B+}(u_feat_1)$ не повинні перевищувати $\overline{C_{F_2}}$ до тих пір, доки $C_{F_2} \geq C_{F_1}$. Оскільки із самого початку ми надавали перевагу явним підтвердженням для J , на протигагу явним підтвердженням, що виражалися через $-J$, то бажаний шлях модифікації полягає в почерговому використанні $-J$, а потім вже застосуванні J . Але наведений порядок модифікації має значення лише у випадку, коли J є несуперечливою, тоді $(I \bullet -J) \circ J = (I \circ -J) \bullet J$. Всі наведені зауваження щодо способу виконання модифікації бази знань будуть відігравати ключову роль в означенні Q_M – модифікації для баз знань. Побудова семантики для модифікаційних предикатних L – запитів [2] буде базуватись на послідовних уточненнях початкової моделі. Введемо твердження, що описують деякі властивості моделей L – запитів. Для заданого модифікаційного предикатного L – запиту множина його необхідних модифікацій $\Lambda_{nm}(Q_m^L)$ задовольняє рівність $\Lambda_{nm}(Q_m^L) = \Lambda_{Q_m^L}^i(\Lambda_{nm}(Q_m^L))$ [2]. Звідси слідує, що $\Lambda_{nm}(Q_m^L)$ є також моделлю для

Q_m^L . Проте слід відмітити, що не всі моделі підходять до опису особливостей модифікаційних предикатних L – запитів. Проблема полягає в тому, що $\Theta(M_2)$ може давати суперечливу інформацію про об'єкти з O . В ході дослідження властивостей модифікаційних L – запитів, особливий інтерес представлятимуть ті моделі, для яких суперечливі фрагменти інформації не виходитимуть за рамки накладених обмежень на бази знань. Розглянемо модифікаційний запит $Q_m = \{(DLK_{B+}(u_feat_1):e_2) \ll \langle \rangle\}$, де $e_2 \in M_{e_1, e_2}$. Такий запис для Q_m можна інтерпретувати як факт того, що характеристика u_feat_1 присутня, згідно з думкою експерта e_2 . Відповідно експерт e_1 стверджує, що характеристика u_feat_1 відсутня. Якщо $I = \Theta(M^2)$, то $I(u_feat_1) = \{\langle e_1 \rangle, \langle e_2 \rangle\}$ є моделлю для Q_m , але не задовольняє обмеження, що накладається на $K_{B-}(u_feat_1)$. Нехай тепер Q_m^L – модифікаційний предикатний L – запит, а $I = \Theta(M^2)$ є моделлю для Q_m^L . Під явним підтвердженням ми маємо на увазі підтвердження, що забезпечуються заголовками правил, що можуть бути застосовані по відношенню до I , тобто тіла яких задовольняються I . Мова йде саме про $\Lambda_{Q_m}^i(I)$. Фіксоване верхнє значення множини підтверджень для модифікаційного атому a , що генерується модифікаційним запитом є C_F , тоді всі підтвердження для оберненого модифікаційного атому $a^{-1} \in DLK_{B-}(u_feat_1)$, якщо $a = DLK_{B+}(u_feat_1)$, або $DLK_{B+}(u_feat_1)$ у випадку, коли $a = DLK_{B-}(u_feat_1)$ не повинно перевищувати C_F , або доки інакше не задано явно в модифікаційному запиті. Таким чином, наявні підтвердження задаються через $-\Lambda_{Q_m}^i(I)$, а модель I для модифікаційного запиту Q_m містить не більше підтверджень, чим явно слідує із $Q_m|I$, і з того що не прямо слідує із $Q_m|I$, якщо $I \leq_l \Lambda_{Q_m}^i(I) \circ (-\Lambda_{Q_m}^i(I))$, скільки прямих підтвердження постачаються через $\Lambda_{Q_m}^i(I)$, а непрямі через $-\Lambda_{Q_m}^i(I)$. Наведені міркування підводять нас до необхідності введення уточнюючих означень стосовно моделей модифікаційних предикатних L – запитів в інтелектуальних системах дистанційного навчання.

Висновки. В даній статті представлено формально-логічний підхід для використання коефіцієнтів впевненості при побудові запитів та їх модифікації в інформаційних інтелектуальних системах дистанційного навчання. Подальші дослідження даного напрямку будуть направлені на побудову конкретних імплементацій одержаних моделей запитів.

Література

1. Мельник В. Д. Використання продукційного підходу для інтелектуалізації діалогів з користувачем в системах дистанційного навчання / В. Д. Мельник // Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке : материалы XIII Международного молодежного форума (30 марта – 1 апреля 2009 г., Харьков). – Х. : ХНУРЭ, 2009. – Ч. 2. – С. 468–469.
2. Шекета В. І. Модифікаційні предикатні запити / В. І. Шекета // Проблеми програмування / Інститут програмних систем НАН України. – 2004. – № 2–3. – С. 339–343.

Надійшла 17.1.2011 р.