

УДК 519.7: 681.3

Т.В. Горбач, П.В. Гончаров, І.В. Кириченко, І.Ю. Шубін
МОДЕЛІ АЛГЕБРИ СКІНЧЕННИХ ПРЕДИКАТІВ ДЛЯ ПОБУДОВИ
АДАПТИВНИХ ГІПЕРМЕДІЙНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ

Вступ. Проведений аналіз науково-практичних розробок з математичного забезпечення моделей адаптації в сучасних інтелектуальних гіпермедіасистемах доводить їх придатність для опису умов і вимог дистанційного навчання. Для досягнення мети адаптації система повинна мати інформацію для аналізу інтересів та вподобань користувача, історії його взаємодії з системою, будь-яку інформацію, до якої вона може адаптуватися. Окремим питанням постають види та варіанти надання інформації, вирішення на конкретному етапі питання релевантності наданої інформації, та інше. За своєю структурою адаптивні системи дуже різноманітні, від надзвичайно складних до більш простих, з меншою кількістю компонентів та параметрів, що враховуються при побудові сценарію навчання. Основними компонентами адаптивних навчальних систем є моделі користувача та предметної галузі, а також, в залежності від типу системи, база знань чи інші математичні моделі [1]. Робота є одним із напрямків наукових досліджень кафедри Програмної інженерії ХНУРЕ, дослідження перш за все пов'язані з системами дистанційного навчання та впровадженням мультимедійних технологій у процес навчання.

Постановка задачі. Одним із напрямків сучасних досліджень та розробки математичних моделей представлення знань і обробки неоднорідної (гіпермедійної) інформації (див. рис. 1) є моделі адаптації в інтелектуальних гіпермедіасистемах для дистанційного навчання. Також необхідно провести їх порівняльний аналіз щодо використання сучасних методів моделювання процесів навчання з метою підвищення ефективності отримання знань. Також аналіз стану вирішення проблеми вказує на необхідність розвитку математичного апарату моделювання інтелектуальних функцій людини для формалізації процесу навчання та адаптації навчальних матеріалів при побудові інтелектуальних інформаційних систем.

На підставі результатів аналізу існуючих проблем і завдань у галузі автоматизації розробки інтелектуальних адаптивних навчальних гіпермедіасистем сформульовано та обґрунтовано необхідність дослідження моделей та методів, створення сучасних навчальних систем на основі штучного інтелекту для впровадження їх при автоматизації створення інтелектуальних систем безперервного навчання, а саме методів перетворення в алгебрі предикатних операцій, розробки бази логічних навігаційних правил адаптації контенту та адаптивного приховування посилань.

Відповідно до визначеного комплексу методів і технологій інтелектуальних гіпермедіасистем встановлено можливості їх застосування для потреб адаптивного навчання. У роботі показано переваги використання комбінації з декількох методів та технологій для створення інтелектуальної адаптивної навчальної гіпермедіасистеми, яка охопить усі аспекти навчання та допоможе користувачеві в повній мірі оволодіти навчальним матеріалом, гарантуючи повні знання з певної дисципліни.

Вирішення задачі. Основою для дослідження математичного апарату з моделювання процесів обробки даних, як основи побудови інформаційної технології обрано алгебру скінченних предикатів, що є Проаналізовано основні моделі представлення знань, розглянуто основні методи ідентифікації знань (класифікація, метод компараторного аналізу). При побудові комплексної моделі інтелектуальної адаптивної навчальної гіпермедійної комп'ютерної системи визначено математичний інструментарій на базисі алгебри скінченних предикатів для представлення знань та моделювання стратегії навчання в інтелектуальних гіпермедіа-системах з елементами адаптації до моделі M_1 користувача.

Бінарне відношення R , задане на множині X й Y , називається функціональним, якщо з xRy_1 і xRy_2 ($x \in X, y_1, y_2 \in Y$) витікає, що $y_1 = y_2$, тому можна сказати, що для кожного значення $x \in X$ існує єдине значення $y \in Y$. Кожне n -місне відношення R_n , що задане на множині $X_1, X_2, \dots, X_{n-1}, Y$ називається функціональним, якщо з того, що $(x_1, x_2, \dots, x_{n-1}, y_1) \in R_n$ і $(x_1, x_2, \dots, x_{n-1}, y_2) \in R_n$ витікає, що $y_1 = y_2$. Це означає, що для кожного фіксованого набору $(x_1, x_2, \dots, x_{n-1})$ існує єдине значення y таке, що $(x_1, x_2, \dots, x_{n-1}, y) \in R_n$.

Формально операцію заміни відношення предикатом для моделювання будь-яких інтелектуальних процесів, у тому числі і процесів одержання нових знань (навчання), і моделювання процесу адаптації до потреб користувача запропоновано описувати в такий спосіб:

$$P(x_1, x_2, \dots, x_m) = \begin{cases} 1, & \text{если } x_1, x_2, \dots, x_m \in P \\ 0, & \text{если } x_1, x_2, \dots, x_m \notin P \end{cases}$$

Виходячи із запропонованої загальної моделі, довільне знання про факт можна навести відношен-

ням:

$$\{(a_{11}, a_{21}, \dots, a_{m1}), (a_{12}, a_{22}, \dots, a_{m2}), \dots, (a_{1r}, a_{2r}, \dots, a_{mr})\}$$

де r – кількість наборів у відношенні.

Це знання виражається висловлюванням:

$$x_1 = a_{11} \text{ и } x_1 = a_{21} \text{ и } \dots \text{ и } x_1 = a_{m1} \text{ или } x_1 = a_{12} \text{ и } x_1 = a_{22} \text{ и } \dots \\ \text{ и } x_1 = a_{m2} \text{ или } \dots \text{ или } x_1 = a_{1r} \text{ и } x_1 = a_{2r} \text{ и } \dots \text{ и } x_1 = a_{mr}$$

Мовою алгебри предикатів це знання запишеться у вигляді формули:

$$x_1^{a_{11}}, x_2^{a_{21}}, \dots, x_m^{a_{m1}} \vee x_1^{a_{12}}, x_2^{a_{22}}, \dots, \\ x_m^{a_{m2}} \vee \dots \vee x_1^{a_{1r}}, x_2^{a_{2r}}, \dots, x_m^{a_{mr}},$$

яку традиційно назвемо диз'юнктивною нормальною формою (ДНФ) предиката.

Алгебра предикатів описує тільки знання про факти. Алгебра предикатних операцій формалізує операції над знаннями, що представлені у вигляді відносин на деякому предметному просторі M . Алгебра предикатів описує декларативну складову знань, а алгебра предикатних операцій – процедурну складову адаптації навчання. Введено алгебру предикатних операцій з константами і змінними, тобто різновид алгебри предикатних операцій з базисними елементами, що складаються із «тотожних предикатних операцій» та «константних предикатних операцій». Тотожною предикатною операцією по змінній $X_j (j = 1, \dots, n)$ називається операція $F(X_1, X_2, \dots, X_j, \dots, X_n) = X_j$ при будь-яких $X_1, X_2, \dots, X_j, \dots, X_n \in M$. Ця операція називається операцією вибору аргументу. Існує n таких операцій. Константною предикатною операцією називається операція $F(X_1, X_2, \dots, X_j, \dots, X_n) = P$ при будь-яких $X_1, X_2, \dots, X_j, \dots, X_n \in M$, де P – предикат на множенні M . Кожному предикату $P \in M$ відповідає своя константна предикатна операція.

У дослідженні доведено, що процес навчання можливо описати за допомогою «диз'юнктивно-кон'юнктивної алгебри предикатних операцій». Диз'юнктивно-кон'юнктивною алгеброю предикатних операцій називається така алгебра предикатних операцій, базисними операціями якої є операції диз'юнкції $X \vee Y$, кон'юнкції $X \wedge Y$ для будь-яких предикатних операцій X і Y , а базисними елементами є константи $P \in M$ і предикати дізнання предикатів $X_j^P (j = 1, \dots, n) P \in M$. При будь-якому носії N алгебра предикатних операцій повна. Диз'юнктивно-кон'юнктивна алгебра предикатів на носії M є підалгеброю алгебри предикатних операцій на носії N . Алгебра предикатних операцій разом з її підалгеброю, що є алгеброю предикатів, називається алгеброю предикатів і предикатних операцій.

Алгебра предикатів і предикатних операцій у теорії інтелекту може використовуватися для опису баз даних і баз знань та моделювання навчання та опису правил побудови його стратегії. Таким чином, використовуючи алгебру предикатів і предикатних операцій, можна створити інтегровану модель навчання, засновану на традиційних моделях подання знань, а також на моделях подання знань природною мовою.

Використовуючи алгебру скінченних предикатів в якості математичного апарату, обґрунтовано та побудовано багаторівневу модель організації гіпермедійного простору, введено поняття навчальних предикатів, розроблено методи навчання та відновлення знань, які дозволяють підвищити інтенсивність та ефективність комп'ютеризованого навчання, доопрацьовано модель користувача шляхом ведення коефіцієнта толерантності [3].

При розгляді завдань створення бази знань ІНАГС поняття «навчальний матеріал» і «методичний матеріал» об'єднані в єдине поняття «навчально-методичний матеріал». Вперше в роботі введено поняття навчального предиката (архітектурний конструктив) – це дидактичний завершений фрагмент учбового гіпермедіа простору, що має чітко поставлену мету навчання, теоретичний матеріал, завдання для закріплення теоретичного матеріалу і здобуття необхідних практичних навичок, контрольні питання і завдання для поточного і підсумкового контролю знань.

У роботі для кожного окремого елемента подання інформації в гіперструктурі – навчальному предикату введено відношення приналежності Δ відібраних навчальних документів t_a, t_b одному конструктиву в такий спосіб:

$$t_a \Delta t_b \Leftrightarrow (\forall p \in P)(R(t_a, p) = R(t_b, p))$$

Відношення Δ визначає мінімально розподілене подання цілісності. Відношення Δ має властивості рефлексивності $t_a \Delta t_b$; симетричності $(\forall t_a, t_b \in T)(t_a \Delta t_b) \Rightarrow t_b \Delta t_a$; транзитивності $(\forall t_a, t_b, t_c \in T)(t_a \Delta t_b)(t_b \Delta t_c) \Rightarrow t_a \Delta t_c$, отже, відношення Δ є еквівалентністю.

Для понять предметної галузі, що лежать в основі побудови гіпер-структури, застосовано відношення Π приналежності понять p_i, p_j понятійній основі конструктиву P :

$$p_i \Pi p_j \Leftrightarrow (\forall p \in T)(R(t, p_i) = R(t, p_j))$$

Відношення Π визначає закономірності структурування цілісності. При розробці елементів алгебри предикатів та предикатних операцій побудований ряд предикатів і доведена їхня функціональність. Предикат E_Δ пропонується використовувати для визначення дидактичної близькості документів t_a і t_b з множини однотипних форм: якщо $E_\Delta(t_a, t_b) = 1$, тоді $R(t_a, p) = R(t_b, p)$ для будь-якого поняття p з множини понять P . Отже, всі властивості документів t_a і t_b , що відповідають поняттями з множини Ψ , збігаються. Якщо $E_\Delta(t_a, t_b) = 0$, то таке поняття $p \in P$, для якого $R(t_a, p) \neq R(t_b, p)$, доводить дидактичне розходження t_a і t_b . Аналогічно предикат $E_\Pi(p_i, p_j) = 0$ може бути використаний для визначення функціональної еквівалентності понять p_i і p_j з множини P : якщо $E_\Pi(p_i, p_j) = 1$, тоді $R(t, p_i) = R(t, p_j)$ для будь-якого документа t з множини T , тобто ці поняття одночасно відповідають документу $t \in T$, або одночасно не відповідають. Обидва введені предиката E_Δ і E_Π є еквівалентностями, отже, факторизують множини різних форм і понять. Предикат E_Δ визначає розбивання множини T на шари S дидактично близьких документів. Предикат E_Π визначає розбивання множини P на шари L функціонально еквівалентних понять; поняття з різних шарів L функціонально еквівалентними не є.

Для формального представлення навчального гіпермедіа простору оберемо ієрархічний характер побудови. Формально таку інформацію відображають логічною мережею, у вершинах якої знаходиться дидактичний предикат. При побудові організації навчального простору виділено наступні основні рівні моделі представлення бази знань в ІНАГС (рис. 2):

$$M = \langle VP, VPR, P \rangle$$

де $VP = \{vp_i\}, i = 1, \dots, k$ – множина розділів, тобто частина логічної мережі, що відповідає розділу дисципліни;

$VPR = \{vpr_z\}, z = 1, \dots, m$ – множина підрозділів;

$P = \{P_i\}, i = 1, \dots, n$ – множина навчальних предикатів.

$$P = P(MI, MP, (MKT, MKR))$$

де MI – навчальний матеріал для подання знань про дисципліни; MP – навчальний матеріал, що використовується для повторення знань, раніше отриманих на заняттях; (MKT, MKR) – блок, що представляє базу знань для організації тестового контролю навчального процесу: MKT – знання матеріалу для контролів по темах; MKR – знання матеріалу для тестування по розділах.

Таким чином, розроблена загальна багаторівнева модель адаптивної організації навчального гіпермедійного простору (дисциплін), яка описана в термінах алгебри предикатних операцій з константами й змінними, що дозволяє автоматизувати рішення завдання створення навчальних програм з елементами штучного інтелекту.

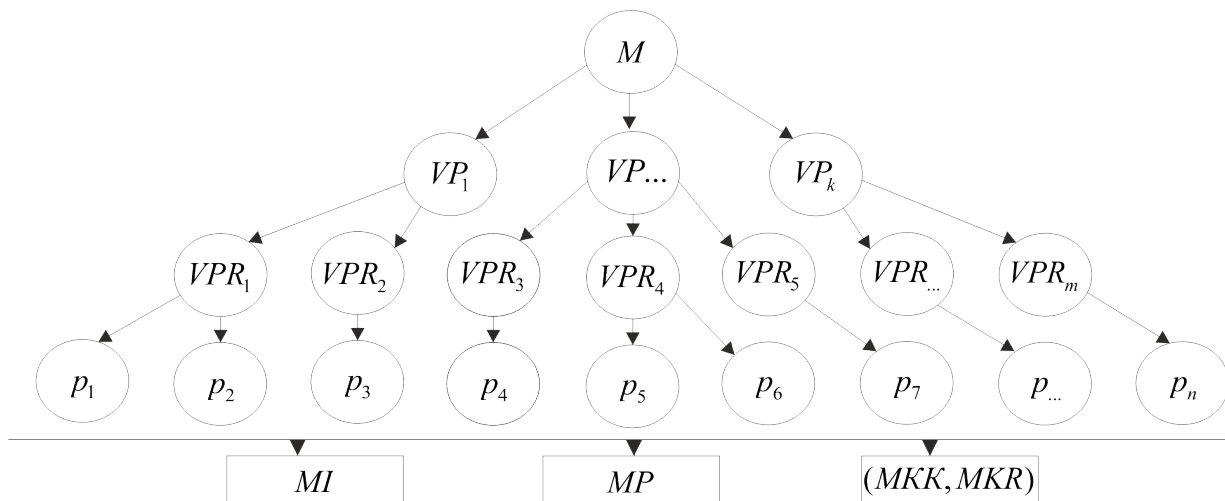


Рис. 2. Шари моделі подання навчального гіпермедіа простору в базі знань АГС

Задача навчання сьогодні є найменш формалізованою в класі розглянутих «типових задач» штучного інтелекту, що пов'язано зі слабкою розробкою педагогічних і психологічних теорій одержання знань, формування понять, побудови умовиводів й ін. проблемами. Задача навчання може бути декомпозована на послідовність більш простих задач, таких як *діагностика, інтерпретація, планування, проектування*, що впливають одна за одною у чітко визначеному порядку. Розв'язання її полягає в рішенні перерахованих завдань із побудовою відповідних моделей – користувача (діагностика), навчання (планування, проектування, адаптація), пояснення (інтерпретація).

З погляду концепції типової моделі задача навчання M включає побудову трьох підмоделей: моделі користувача (M_1); моделі навчання (M_2) та моделі пояснення (M_3).

Таким чином, будь-яка сукупність дій, які необхідно зробити, щоб вирішити певне завдання, або досягти певної мети, є методом навчання (МО) [3].

Даний метод є методом циклічного типу, який включає такі кроки:

1. B_i – сприйняття еталону знань M_e на i -му кроці навчання.
2. F_i – формування суб'єктивного образу $x_i = f(M_e)$ еталону знань M_e на i -му кроці навчання.
3. O_i – відтворення суб'єктивного образу x_i на i -му кроці навчання у вигляді i -го наближення $M_i = \varphi(x_i)$ до еталону знань M_e .

4. K_i – порівняння відтвореного суб'єктивного образу x_i у вигляді i -го наближення M_i до еталону з еталоном знань M_e . Цей крок є логічним порівнянням і реалізує перевірку значення предиката $E(M_i, M_e)$. Якщо предикат $E(M_i, M_e) = 0$, то здійснюється перехід до B_i . Якщо предикат, $E(M_i, M_e) = 1$ то відбувається перехід до B_{i+1} .
5. Індекс кроку навчання збільшується на 1.

Теоретико-множинним описом адаптивної моделі навчання є сукупність вигляду

$$M_2 = \langle M_1, S, I, F \rangle,$$

де $M_1 = \{M_{1i}, \dots, M_{1n}\}$ – множина поточних моделей користувача;

$S_1 = \{S_1, \dots, S_n\}$ – множина стратегій навчання $S_i, i = 1, \dots, m$, у вигляді впорядкованих підмножин множини навчальних дій для деякої моделі користувача; $I = \{I_1, \dots, I_z\}$ – множина навчальних дій

I_j , де $I_j = \{t_k, i_l\}$. t_k – тип дії, а i_l – вміст дії $j = 1, \dots, z, k = 1, \dots, c, l = 1, \dots, v$; F – функції (алгоритми) генерації стратегій навчання залежно від вхідної моделі користувача, тобто,

$$M_2 = F(M_1, M_e, I),$$

де M_e – еталонна модель дисципліни.

При формуванні адаптивної моделі M_2 , генерація стратегії навчання S відбувається за допомогою навігаційних правил шляхом порівняння поточної моделі M_{1i} користувача з еталонною моделлю курсу

M_{ei} на i кроці за допомогою введеного у роботі коефіцієнта толерантності знань. Ступінь толерантності знань $S(M_1, M_e)$ – це відношення потужності множини M_1 елементів знань відтвореного образу еталона знань M_{1i} на i -ому кроці навчання до потужності множини M_e елементів знань еталона знань M_{ei}

$$S(M_1, M_e) = \frac{|M_{1i}|}{|M_{ei}|}$$

Значення ступеня толерантності $S(M_1, M_e)$ перебуває в інтервалі $[0, 1]$. Ті знання, які відтворюються, порівнюється з еталоном. У процесі порівняння двох моделей з множини навчальних дій I формується підмножина дій $\tilde{I} (\tilde{I} \in I)$, вивчення яких необхідне для успішного навчання.

На цьому процес формування M_2 закінчується і починається процес навчання відповідно до S_j , який триває до так званої «контрольної смуги» (тип I_j), після чого здійснюється перехід на наступний рівень ітерації з модернізацією моделі M_1 і адаптацією під неї моделі M_2 . Процес триває до досягнення необхідного рівня засвоєння знань суб'єктом навчання. При цьому користувач одержує можливість самостійно вивчати матеріал під управлінням технології адаптивної гіпермедіа,

Ця модель заснована на використанні методу компараторної ідентифікації для розбивання навчального матеріалу на класи еквівалентності і зв'язування для побудови гіперструктури дидактичних матеріалів, яка в свою чергу, надає і контролює проходження навчальних матеріалів в залежності від коефіцієнта толерантності знань та навігаційних правил, що представлені рівняннями алгебри скінчених предикатів.

Висновки. Найбільш поширеним підходом до адаптивної навігації є різні прийоми адаптації послань шляхом визначення їх «корисності». Розроблено також методи та алгоритми, що дозволяють упорядкувати вузли гіперпростору з метою отримання зв'язного тексту (мікрорівень), отримання послідовності навчальних впливів із ускладненням викладу досліджуваних понять (макрорівень), вибору послідовності контролюючих впливів.

Для представлення методичних знань доречно застосування правил в базисі алгебро-логічних рівнянь, що визначають вид навчальних впливів, їх рівень складності та порядок надання в залежності від попередніх успіхів суб'єкта навчання. Відповідно до обґрунтування основних вимог до методу навчання та відновлення знань в галузі дослідження методів штучного інтелекту запропоновано метод навчання та відновлення знань, який передбачає етапи сприйняття еталону знань, формування, відтворення суб'єктивного образу та порівняння відтвореного образу до еталону знань, що дозволило підвищити ефективність інтелектуальних інформаційних систем навчання.

Також розроблена і реалізована на практиці модель навчання в інтелектуальних адаптивних гіпермедіасистемах з використанням навігаційних правил реалізації сукупності процедур генерації та динамічної модифікації стратегії представлення гіпермедіа, що є впорядкованою послідовністю гіпермедіа впливів для автоматизації процесу створення комп'ютерних навчальних гіпермедіа просторів і віртуальних середовищ з елементами штучного інтелекту, що сприяло спрощенню сприйняття користувачем навчального матеріалу.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Горбач Т.В., Святкин Я.В., Шубин И.Ю. Методы реализации адаптивной гипермедиа в обучающих системах // Вестник Херсонского национального технического университета. Херсон: Херсонский национальный технический университет. 2010. № 2 (38). С. 503–508.
2. Горбач Т.В., Святкин Я.В., Шубин И. Ю, Щербак А.С. Реализация методов адаптации в гипермедийных системах обучения // Вестник Херсонского национального технического университета. 2011. № 2(41). С. 464 – 468.
3. Шубин И.Ю., Святкин Я.В. Методы та моделі побудови інтелектуальних адаптивних гіпермедіа систем // Восточно-европейский Журнал передовых технологий 3/11(57), Харків, 2012. С.11-13