

УДК 004.89:614.841.4

К. М. Юрченко;**В. Є. Снитюк, д-р. техн. наук, доц.**

ПРОЕКТУВАННЯ БАЗИ ДАНИХ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ

Запропоновано метод проектування бази даних комп'ютерної системи професійної підготовки, в основу якого покладено логічну схему контролю знань. Визначено аспекти розробки таких систем, вказано на необхідність реалізації в них принципу адаптивності та запропоновано моделі, згідно з якими здійснюється коригування значень складності питань у процесі контролю знань.

Вступ

Сучасні тенденції свідчать про неухильний рух світової спільноти у напрямку створення інформаційного суспільства. У сфері освіти такому руху відповідає все ширше впровадження комп'ютерної техніки в навчальний процес; розвиток і використання технологій, пов'язаних із глобальною мережею; впровадження елементів дистанційної освіти тощо. Значною мірою ці складові визначають необхідність створення автоматизованих систем навчання і контролю знань (АСНКЗ) і залежать від їх ефективного функціонування.

Враховуючи кількість науково-педагогічних працівників та їх зацікавленість у створенні АСНКЗ, зазначимо, що кількість і публікацій, і створених систем є досить значною. За останні двадцять років лише в Україні захищено більше двохсот дисертацій, в яких досліджено ті чи інші аспекти створення та використання АСНКЗ. Переважна більшість таких наукових робіт орієнтована на розв'язання задач оцінювання знань осіб, що навчаються (ОН). Прикладом дослідження у цьому напрямку є робота [1], в якій розглядається задача визначення оптимальної кількості питань, що задаються ОН, у залежності від послідовності її відповідей. Варто зазначити, що кожен вищий навчальний заклад використовує одну або декілька систем типу АСНКЗ. Значна їх кількість містить лише підсистему контролю знань у формі тестування із фіксованою кількістю питань та відповідей на них. Аналіз моделей, методів та інструментальних засобів навчання та контролю знань свідчить про відсутність єдиного методологічного підходу до їх розробки та реалізації, а також про відсутність оптимізаційних процедур в процесі формування стратегії навчання і контролю знань.

Авторами раніше вже були здійснені певні кроки у напрямку формування методології розробки АСНКЗ та проведення процесів навчання і контролю знань. Зокрема, у роботі [2] запропоновано в основу формування бази даних АСНКЗ покласти класифікацію питань у залежності від типів відповідей: «Так-Ні»; один із багатьох, декілька із багатьох; число; інтервал; нечіткий інтервал; слово; речення. Для кожного з цих типів питань розроблено процедури оцінки, виходячи із відхилення відповідей ОН від правильних відповідей і метод формування інтегральної оцінки [3]. У статті [4] запропоновано здійснювати структурування предметної області, якою, найчастіше, є навчальні курси, що дозволило оптимізувати процеси тестування за рахунок самоорганізації множини питань, які задаються ОН. Аспекти створення ефективних комп'ютерних систем професійної підготовки (КСПП) як одного із видів АСНКЗ розглянуто в [5], де визначено, що такі системи повинні задовольняти вимоги: мінімізації часу навчання та контролю знань; повноти контролю знань; відсутності або мінімальної присутності інформаційної надлишковості та інформаційної недостатності; максимально можливої об'єктивізації результатів оцінювання.

Дослідження останніх років орієнтують на впровадження принципу адаптивності у теорію та практику створення АСНКЗ. Розуміння цього принципу у розробників є різним. Найчастіше адаптивними АСНКЗ вважають системи, які орієнтовані на модель ОН. Нерозкритим залишається принцип адаптивності у застосуванні до створення КСПП та його використання у процесі проектування відповідної бази даних.

Визначення професійної спрямованості ОН з використанням КСПП

КСПП є інтегральними системами навчання і контролю знань. Процеси навчання і контролю знань є взаємопов'язаними і взаємозалежними. Такий висновок по відношенню до КСПП базується на тому, що за результатами вивчення певного навчального курсу здійснюється контроль знань, а за його результатами визначається обсяг і структура навчального матеріалу, який необхідно вивчити, що є одним із аспектів реалізації принципу адаптивності.

Особливістю, яку потрібно враховувати під час розробки та використання КСПП, є визначення здатності ОН до певного виду професійної діяльності. Припустимо, що кількість таких видів є n . Відповідаючи на питання, які безпосередньо відносяться до i -го виду професійної діяльності $Q_i, i = \overline{1, n}$, майбутній фахівець намагається максимізувати відповідну цільову функцію $F_i \rightarrow \max$. Разом із тим необхідно враховувати, що фахівець, крім відмінних знань у вузькоспеціалізованій області, повинен мати знання і у суміжних областях, що можна виразити низкою обмежень типу $K_j^i = I^i(Q_j) \geq C_j^i; j = \overline{1, n}; j \neq i$, де $I^i(Q_j)$ — рівень знань в області Q_j фахівця із області Q_i ; C_j^i — деяка додатна константа, яка визначає рівень знань (наприклад, сумарна кількість балів за відповідь на питання, або інтегральна оцінка).

Таким чином, одержавши матрицю $K = (K_j^i)_{i,j=1}^n$, можна зробити висновок про компетентність експерта у тій чи іншій області, визначити вид професійної діяльності, до якого найбільш схильний експерт, а також те, чи він дійсно є спеціалістом, виходячи із виконання заданих обмежень. Якщо відповідні обмеження не виконуються або значення цільової функції є недостатнім, то значення елементів матриці є допоміжним фактором у розробці стратегії і тактики навчального процесу. Зауважимо, що використання відповідної КСПП може бути орієнтованим на розв'язання двох задач: визначення рівня підготовки ОН до виконання одного чи декількох видів професійної діяльності та цілеспрямоване встановлення рівня підготовки ОН як фахівця у певній предметній області.

Елементи проектування структури бази даних КСПП

Припустимо, що навчальний курс складається з тем $T_i, i = \overline{1, m}$. Тоді на нульовому (верхньому) рівні логічної схеми контролю знань [5] знаходиться процедура розрахунку оцінки, на першому рівні — питання (можливо, задачі), які є достатньо складними і відповіді на які вимагають інтегрованих знань із декількох тем (рис.). Другий рівень містить питання, в яких інтегровані знання з двох тем. Третій рівень утворюють питання лише однієї з тем, але порівняно складні. Така ієрархія на аналогічних принципах продовжується до найнижчого рівня, на якому знаходяться питання тестового характеру з однієї з тем.

ОН задаються питання у відповідності до наведеної схеми, яка є «І-Або» графом, за низхідним або висхідним алгоритмом [5]. Ще одним елементом процесу контролю знань є база даних, яка містить питання, відповіді та їх атрибути:

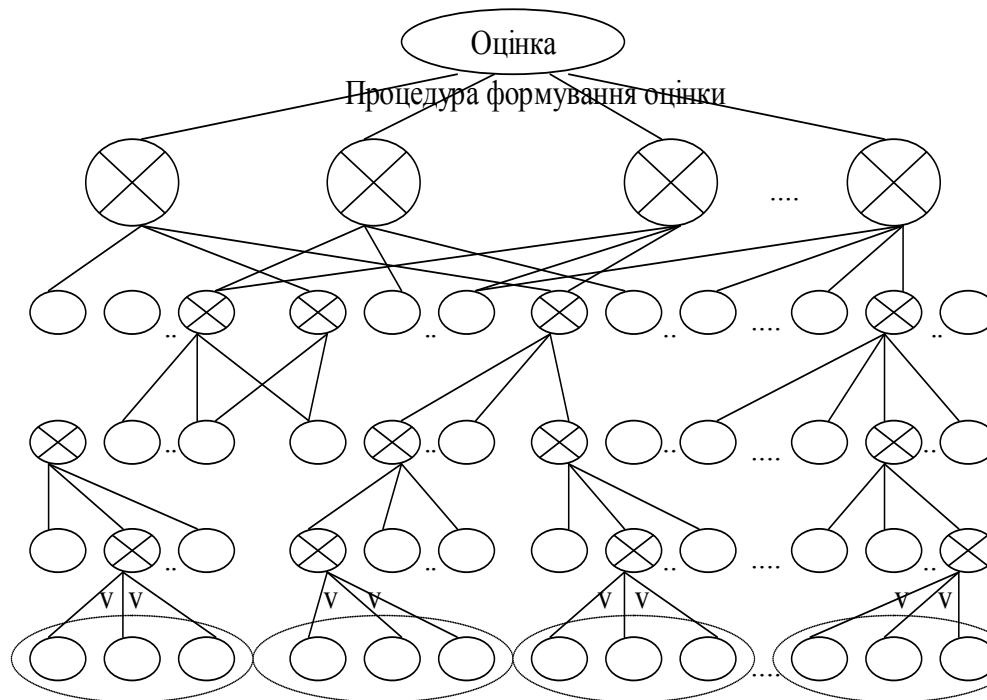
N — номер питання (питання нумеруються зліва направо і згори донизу у відповідності до графа питань або логічної схеми контролю знань);

ID — формулювання питання;

$A_i, i = \overline{1, 25}$ — поля, які містять потенційні відповіді. Очевидно, що у випадку питань, відповіддю на які є «Так» або «Ні», таких полів два; якщо потрібно вибрати один варіант із декількох, то варто обмежитись сімома полями, але такий висновок не є остаточним і вказана кількість полів не є принциповою; третій випадок зводиться до другого; якщо відповіддю є число, то поле буде лише одне; у випадку відповіді-інтервалу полів два; якщо відповідь — нечіткий інтервал, то перше поле вкаже на тип функції належності, інші поля будуть містити значення її параметрів, найбільша їх кількість — п'ять, у випадку трапецієподібної функції належності; якщо відповідь — слово, то полів 7; якщо відповіддю є речення, то поле буде одне. Двадцять п'ять полів потрібно, якщо є необхідність у виборі однієї або декількох відповідей, якими є трапецієподібні нечіткі величини (кожна з них є п'ятипараметричною);

$B_i, i = \overline{1, 7}$ — бали за відповіді на кожне із питань другого, третього і сьомого типів;

- C — максимальна кількість рівнів ієрархії у логічній схемі контролю знань;
 $D_i, i = \overline{1,5}$ — номер теми навчального курсу;
 E — номер рівня ієрархії, на якому знаходиться питання;
 Ω — зарезервована область, що містить поля для відображення позиції питання у загальній структурі питань;
 H — складність питання (число від 0 до 1);
 $G_i, i = \overline{1,10}$ — коефіцієнти, що вказують на значущість питання в процесі визначення професійних знань та навичок ОН в одній з десяти професій.



Логічна схема контролю знань

Звичайно, така структура бази даних є неповною, оскільки вона повинна містити інформацію про процес проходження контролю знань ОН; статистику її відповідей; елементи звіту, який буде формуватись за результатами контролю, та атрибути майбутнього плану навчання. Оскільки КСПП є адаптивною системою, то одним із її атрибутів є коригування значення параметра складності H кожного із питань.

Аспекти алгоритму коригування складності питань

Припустимо, що максимальна можлива складність питання дорівнює одиниці. На початку використання КСПП можливі два випадки:

- значення складності питань задані;
- значення складності питань є невідомими.

Розглянемо перший випадок. Нехай складності питань є заданими і складність i -го питання $p_i \in (0,1]$. Рационально здійснювати модифікацію p_i , виходячи із оцінки відповіді ОН на i -те питання, а також отриманої підсумкової оцінки за пройдений контроль знань.

Припустимо, що особа, яка приймає рішення (ОПР), визначила початкові бали складності питань, що належать до логічної схеми контролю знань, позначимо їх $p_i^n, i = \overline{1,m}$. Враховуючи, що КСПП має адаптивний характер функціонування, необхідно здійснювати коригування складності питань і враховувати проведене коригування в процесі визначення підсумкової оцінки. При цьому будемо базуватись на декількох евристичках.

Евристика 1. Якщо ОН дає правильну відповідь на питання, то складність питання зменшується, і навпаки.

Евристика 2. Динаміка значення складності залежить від кількості осіб, знання яких контро-

люються, а також від підсумкової оцінки кожного з них.

Евристика 3. Якщо ОН з порівняно високою підсумковою оцінкою дає правильну відповідь, то складність питання зменшується на менше значення, ніж у випадку, якщо правильну відповідь дає ОН з нижчою підсумковою оцінкою.

Евристика 4. Якщо ОН з порівняно високою підсумковою оцінкою дає неправильну відповідь, то складність питання збільшується на більше значення у порівнянні з випадком, якщо правильну відповідь дає ОН з нижчою підсумковою оцінкою.

Таким чином, після проведеного контролю знань кожної ОН автоматично активізується демон [6], процедура, згідно з якою відбувається перерахунок складності питань та запис нових значень складності у базу даних.

Розглянемо відповідні аспекти для питань різного типу.

1. Питання з відповідями типу «Так» чи «Ні». У цьому випадку коригування складності питань здійснюється за формулою

$$p_i^j = p_i^{j-1} + f_i^1(p_i^n, \omega, d^{j-1}, \chi(\text{правильна відповідь})), \quad (1)$$

де p_i^{j-1} — складність i -го питання в процесі контролю знань $(j-1)$ -ї ОН; f_i^1 — деяка функція; p_i^n — початкове значення складності питання; d^{j-1} — підсумкова оцінка знань $(j-1)$ -ї ОН; $j = \overline{1, m}$; $p_i^0 = p_i^n$; $\chi(A)$ — функція-індикатор; $\chi(A) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } A \text{ вірно,} \\ 0, & \text{в іншому випадку.} \end{cases}$

Зауважимо, що, будуючи функцію f_i^1 , необхідно дотримуватись виконання обмежень $0 < p_i^j \leq 1 \quad \forall i = \overline{1, m}, j = \overline{1, \omega}$.

2. Питання, де одна відповідь вибирається з декількох варіантів, а правильність кожного з них оцінюється балом (для i -го питання вектор балів $v = (v_1, v_2, \dots, v_k)$, причому $0 \leq v_i < 1 \quad \forall i = \overline{1, k}$). Тоді коригування значення складності здійснюємо за такою формулою:

$$p_i^j = p_i^{j-1} + f_i^2(p_i^n, \omega, d^{j-1}, (\max_{l=1, k} v_l^{j-1} - a_i^{j-1}), k_2^{j-1}), \quad (2)$$

де f_i^2 — деяка функція; a_i^{j-1} — бал за відповідь $(j-1)$ -ї ОН на i -те питання, $\arg \max_{l=1, k} v_l^{j-1}$ — максимальний бал за правильну відповідь; k_2^{j-1} — коефіцієнт, у значенні якого враховано вплив відхилення $(\max_{l=1, k} v_l^{j-1} - a_i^{j-1})$ на зміну значення складності питання.

3. Питання, де декілька відповідей вибираються із багатьох варіантів. Як і у попередньому випадку відповідям надано бали v_1, v_2, \dots, v_k , значна частина яких є нулями. Тоді значення складності відповідного питання коригуємо таким чином:

$$p_i^j = p_i^{j-1} + f_i^3(p_i^n, \omega, d^{j-1}, \sum_l v_l^{j-1}, h^n, h^h, k_3^{j-1}), \quad (3)$$

де f_i^3 — деяка функція; $\sum_l v_l^{j-1}$ — сума балів за вибрані варіанти відповідей; h^n — кількість вказаних правильних варіантів відповідей; h^h — кількість неправильних відповідей; k_3^{j-1} — коригувальний коефіцієнт, значення якого визначається співвідношенням правильних і неправильних відповідей.

4. Питання, де відповіддю є число. Для того, щоб визначитись із напрямком коригування складності питання такого типу потрібно вказувати у базі даних три параметри: z^* — значення правильної відповіді, $[z_b, z_e]$ — відрізок, на якому повинне знаходитись значення відповіді ОН. Тоді складність коригується за формулою

$$p_i^j = p_i^{j-1} + f_i^4 \left(p_i^n, \omega, d^{j-1}, \chi(z \in [z_b, z_e]), |z - z^*|, k_4^{j-1} \right), \quad (4)$$

де k_4^{j-1} — коефіцієнт, за допомогою якого визначається напрямок і величина зміни складності питання у залежності від значення відношення $|z - z^*|/|z_b - z_a|$.

Найчастіше, якщо значення частки є меншим 0,5, то складність питання збільшується, в іншому випадку — зменшується. На розсуд ОПП можливі й інші варіанти.

5. Питання, де відповіддю є інтервал. Для визначення напрямку й величини коригування складності у базі даних повинні бути задані кінці відрізка — правильної відповіді. Формула для коригування складності буде такою:

$$p_i^j = p_i^{j-1} + f_i^5 \left(p_i^n, \omega, d^{j-1}, \chi \left(\min \{z^2, z_e\} \geq \max \{z^1, z_b\} \right), |z - z^*|; \left(\min \{z^2, z_e\} - \max \{z^1, z_b\} \right); k_5^{j-1}, \right) \quad (5)$$

де $[z^1; z^2]$ — відрізок, вказаний ОН; $[z_b; z_e]$ — відрізок — правильна відповідь; k_5^{j-1} — коефіцієнт, який визначає напрямок і величину коригування складності у залежності від величин

$$\left([z^1, z^2] \cap [z_b, z_e] \right) \text{ та } \left(\left([z^1, z^2] \cup [z_b, z_e] \right) / \left([z^1, z^2] \cap [z_b, z_e] \right) \right).$$

6. Найскладніше коригувати складність питань, де відповідями є нечіткі величини, що задані функціями належності. Для першого наближення достатньо виконати дефазифікацію, наприклад, центроїдним методом нечітких величин і, отримавши таким чином чіткі числа, скористатись функцією із п. 4.

7, 8. Якщо відповіді на питання є словами або словосполученнями, то процедура коригування зводиться до наведеної в п. 2. Якщо відповіддю є речення, то коригування складності потрібно здійснювати експертним шляхом.

Вирази (1)—(5) є основою реалізації процедур-демонів, в процесі виконання яких коригується значення складності питань. Зміна значень складності питання є тією задачею, розв'язання якої дозволяє об'єктивізувати процес оцінювання рівня знань ОН і визначити її рівень професійної підготовки.

Особу, що навчається, оцінюють за різними показниками. КСПП відрізняються від звичайних АСНКЗ, що використовуються у вищих та середніх навчальних закладах, багатокритеріальністю оцінювання. Зокрема, у системі МНС України за допомогою КСПП оцінюється не лише рівень знань того чи іншого навчального курсу, а і швидкість процесу прийняття рішень. Вважаємо за потрібне оцінювати також здатність навчатися, оскільки від цієї характеристики залежать професійні якості ОН, насамперед здатність переймати передовий досвід та адекватно реагувати на непередбачувані обставини в критичних умовах.

Здатність навчатися також можна оцінити інтегральним числовим параметром, значення якого вказуватиме на кількість спроб проходження контролю знань, часу вивчення відповідного навчального матеріалу та неправильних відповідей на питання із бази даних. Його корекцію раціонально здійснювати, базуючись на вищевказаних принципах та виразах (1)—(5). Зауважимо, що коригуванням розглянутих параметрів не вичерпується весь перелік процедур, які використовуються в адаптивних КСПП.

Висновки

У зв'язку із розвитком глобальної мережі та рухом до інформаційного суспільства набуває поширення дистанційна форма освіти. Одним із її атрибутів є АСНКЗ. За кордоном уже розроблюють системи, які адаптуються до психологічного стану ОН. В Україні такі дослідження ще попереду.

У статті запропоновано елементи формування структури бази даних КСПП, яка реалізована за принципом адаптивності. Одним із головних її елементів є коригування складності питань у процесі контролю знань. Відповідні моделі можуть бути покладені в основу розробки як АСНКЗ, так і КСПП.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Коджа Т. І. Автоматизована система управління та контролю знань в процесі навчання : автореф. дис. на здобуття наукового ступеня канд. техн. наук: спец. 05.13.06 «АСУ та прогресивні інформаційні технології» / Т. І. Коджа. — Одеса, 2003. — 23 с.
2. Снитюк В. Е. Модели и методы определения компетентности экспертов на базе аксиомы несмещенности / В. Е. Снитюк, Рифат Мохаммед Али // Вісник ЧПІ. — 2000. — № 4. — С. 121—126.
3. Снитюк В. Є. Концептуальні принципи та методи проектування систем автоматизованого контролю знань / В. Є. Снитюк // АСУ и приборы автоматики. — 2003. — Вып. 123. — С. 40—43.
4. Снитюк В. Є. Оптимізація процесу оцінювання в умовах невизначеності на основі структуризації предметної області та аксіоми незміщеності / В. Є. Снитюк, Г. М. Гнатієнко // Искусственный интеллект. — 2008. — № 3. — С. 217—222.
5. Снитюк В. Е. Элементы знаниеориентированных систем профессиональной подготовки адаптивного типа / В. Е. Снитюк, К. Н. Юрченко // Херсон : Вестник ХНТУ. — 2010. — № 2(38). — С. 180—186.
6. Глибовець М. М. Штучний інтелект / М. М. Глибовець, О. В. Олецкий. — К. : Академія, 2002. — 366 с.

Рекомендована кафедрою вищої математики

Стаття надійшла до редакції 22.12.10

Рекомендована до друку 17.01.11

Юрченко Костянтин Миколайович — ад'юнкт, Академія пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля;
Снитюк Віталій Євгенович — завідувач кафедри інформаційних технологій проектування.

Черкаський державний технологічний університет, Черкаси