

Ю.Г. Лега, д.т.н., проф.
О.Г. Нетавська, викл.
Ю.Ф. Єрофєєв, к.т.н., доц.

Черкаський державний технологічний університет

СТРУКТУРИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ІНТЕГРАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ

В статті визначено елементи технології, що базується на онтології навчального курсу, логічній схемі питань та методології інтегрального оцінювання знань. Для третьої складової такої технології виконано класифікацію питань і запропоновано аналітичний базис для визначення відповідних оцінок. Її реалізація сприятиме оптимізації процесу контролю знань, виконанню вимоги його повноти та об'єктивізації шляхом використання як базової процедури в автоматизованій системі контролю знань.

Вступ. Розглядаючи проблему контролю знань студентів на сучасному етапі розвитку інформаційних технологій, необхідно враховувати наступні аспекти:

- вищі навчальні заклади України беруть участь у Болонському процесі, важливою складовою чого є впровадження модульної системи оцінювання знань та об'єктивізація цього процесу;
- розвивається система дистанційної освіти, в основі якої лежать електронні курси, автоматизовані системи навчання та контролю знань.

Аналіз публікацій. Одним із напрямків оптимізації процесу оцінювання знань є розробка та впровадження автоматизованих систем контролю знань (АСКЗ). Недоліки існуючих АСКЗ розглянуто в статті [1]. В роботі [2] запропоновано як базову структуру використовувати онтології навчальних курсів та визначені переваги такого підходу. Разом із тим, залишаються невизначеними алгоритми оцінки знань студентів, оскільки питання мають різну структуру та області значень відповідей, а також критерії дострокового припинення оцінювання у випадку відмінних знань та їх відсутності.

Визначаючи якість та ефективність процесів контролю знань, зазначимо, що головними критеріями при створенні АСКЗ є повнота та об'єктивність. Як перший, так і другий критерій є важкоформалізованими. Будемо вважати, що повнота контролю досягається в результаті створення ефективної та адекватної логічної схеми оцінювання, а об'єктивність є наслідком автоматизації процесу контролю, що базується на випадкових початкових умовах та фіксованих правилах виведення. Нагадаємо [2, 3], що повнота контролю знань визначається сформованою онтологією навчального курсу, відповідним наповненням множини питань, розробкою їх логічної схеми та встановленням відповідності між онтологією та логічною схемою.

Постановка задачі Таким чином, в основі процедури контролю знань лежить п'ятірка елементів:

$$\langle O, L, Q, K, T_o \rangle, \quad (1)$$

де O – онтологія предметної області (навчального курсу), L – логічна схема питань, Q – множина питань, які використовуються для контролю знань, K – критерії, які лежать в основі визначення оцінки, T_o – початкові умови, які найчастіше визначаються випадковим чином. Вважатимемо, що кількість питань N_2 , які задаються, і відповіді на які призводять до негативної оцінки, є мінімальною, а кількість питань N_5 , необхідних для одержання максимальної оцінки, буде максимальною. Зауважимо, що $N_5 = |Q|$ – потужності множини всіх питань у базі знань. Логічна схема питань L несе подвійне змістовне навантаження, зокрема вона є базовим елементом при визначенні послідовності питань для конкретного індивіда залежно від попередніх відповідей, а також відображає елементну базу і структуру онтології у питанні контролю знань.

Важливою є задача класифікації запитань, які ставляться студенту. Її розв'язок представлено нижче, і обґрунтовується, що така класифікація є повною. Зазначимо, що питань, які мають тестовий характер, і які активно використовуються в існуючих АСКЗ для ефективного контролю, недостатньо, оскільки за їх допомогою неможливо повністю відобразити існуючі проблеми і факти, які визначаються у навчальних курсах. Тому раціонально пропонувати і використовувати питання, відповідями на які можуть бути числа, інтервали, нечіткі множини, слова та речення.

Таким чином, в АСКЗ можуть використовуватись питання восьми типів:

$$Q = \{Q_1, Q_2, \dots, Q_8\}. \quad (2)$$

Запитання кожного типу визначає певну проблему при його оцінці, оскільки відповіді на них є різнотипними. Якщо вважати, що запитання всіх типів є рівноважливими для визначення оцінки, то розробка

процедури, яка дозволяє визначати оцінку у випадку контролю знань за допомогою запитань одного типу значно спрощується. Необхідною передумовою ефективного оцінювання є формалізація задачі визначення оцінки для запитань всіх типів, а особливо для тих, які мають лінгвістичний характер відповідей. Алгоритм її розв'язання базується на визначенні близькості елементів “синонімічного” ряду до правильної відповіді у вигляді слова. Зауважимо, що виконувати автоматизований аналіз запитань із відповідями типу “речення” на сучасному етапі інтелектуалізації програмних засобів є неможливим, тому це єдиний тип запитань, аналіз відповідей на які виконується експертом. Виконаємо формалізацію питань та визначення оцінок відповідно до (2).

Формалізація питань та технологія визначення їх оцінок. Перший тип запитань має тестовий характер і найчастіше застосовується в АСКЗ. Множиною відповідей для таких запитань є {“Так”, “Ні”}. Тому процес контролю знань у цьому випадку представлено схемою:

$$\langle \text{Запитання} \rangle \rightarrow \langle \text{Відповідь} \rangle = \langle \text{“Так”, “Ні”} \rangle. \quad (3)$$

Без введення додаткових атрибутів, таких як важливість запитання, його вплив на подальший процес контролю і т.ін., формально вважатимемо, що оцінка є такою:

$$q_{ij}^1 = \begin{cases} 1, & \text{якщо відповідь правильна,} \\ -1, & \text{в протилеж ному випадку,} \end{cases} \quad (4)$$

де i – номер студента, j – номер запитання. Приклад такого запитання: “Чи правда, що системне проектування є процесом?” Таким чином, вводиться не лише оцінка за правильну відповідь, але і штраф за неправильну відповідь. Якщо ж враховувати додаткові атрибути, то оцінка (4) буде такою:

$$q_{ij}^1 = \begin{cases} a_j^1, & \text{якщо відповідь правильна,} \\ b_j^1, & \text{в протилеж ному випадку,} \end{cases} \quad (5)$$

де $a_j^1 \in (0, 1]$, $b_j^1 \in [-1, 0)$. Розіб'ємо інтервали на проміжки $(0, 1] = \{0 = \lambda_{0j}^+ < \lambda_{1j}^+ < \dots < \lambda_{nj}^+ = 1\}$ і $[-1, 0) = \{0 = \lambda_{0j}^- > \lambda_{1j}^- > \dots > \lambda_{nj}^- = -1\}$. Тоді встановлення експертом належності $a_j^1 \in (\lambda_{ij}^+, \lambda_{i+1j}^+)$ і $b_j^1 \in (\lambda_{kj}^-, \lambda_{k-1j}^-)$ визначатиме подальший характер контролю знань залежно від правильності відповіді.

Другий тип запитань відрізняється від першого тим, що кількість відповідей є більшою ніж дві. Серед відповідей одна є правильною, інші – неправильними, але “неправильність” має градацію. Процес контролю знань є відображенням:

$$\langle \text{Запитання} \rangle \rightarrow \langle \text{Відповідь} \rangle = \langle V_1, V_2, \dots, V_l \rangle, \quad (6)$$

де $V_j, j = \overline{1, l}$ – варіанти відповідей, серед яких одна є правильною. Без урахування додаткових атрибутів запишемо формальне представлення:

$$q_{ij}^2 = \begin{cases} 1, & \text{якщо відповідь правильна,} \\ b_{jp}^2, & \text{якщо відповідь неправильна,} \end{cases} \quad (7)$$

причому показник $b_{jp}^2 \in (-1, 1)$, $\sum_{p=1, p \neq k_j}^l b_{jp}^2 = 0$, де k_j – номер правильної відповіді на j -е запитання. При-

клад запитання: “Який колір є найбільш подразливим для сітківки ока?” Очевидно, що для такої формалізації існує градація і найменш неправильна відповідь має показник, найближчий до 1, а найбільш неправильна відповідь – найближчий до -1. Якщо ж враховуються додаткові атрибути, то

$$q_{ij}^2 = \begin{cases} a_j^2, & \text{якщо відповідь правильна,} \\ b_{jp}^2, & \text{якщо відповідь неправильна,} \end{cases} \quad (8)$$

де b_{jp}^2 – масштабоване значення, яке одержане з b_{jp}^2 домноженням на певний коефіцієнт. Аналогічно до першого типу розв'язання про подальшу структуру процесу контролю знань приймається, виходячи із того, на якому проміжку із інтервалу $(-1, 1]$ знаходиться значення q_{ij}^2 .

Відображення процесу контролю знань, якщо питання мають третій тип, є таким:

$$\langle \text{Запитання} \rangle \rightarrow \langle \text{Відповідь} \rangle = \langle V_1, V_2, \dots, V_l \rangle, \quad (9)$$

де $V_j, j = \overline{1, l}$ – відповіді, кожна з яких має бал правильності. На відміну від попереднього типу такі запитання передбачають вибір декількох варіантів відповіді. Формальне представлення оцінки є таким:

$$q_{ij}^3 = \sum_{k=1}^{l_j} c_{jk}^3 \cdot \chi\{\text{експерт вибрав } k - \text{у відповідь}\}, \quad (10)$$

де I_j – кількість можливих відповідей на j -е запитання, c_{jk}^3 – показник точності k -ї відповіді на j -е запитання, $\sum_{k=1}^{I_j} c_{jk}^3 = 0$, $\chi\{A\}$ – функція-індикатор, $\chi\{A\} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } A \text{ вірно,} \\ 0, & \text{в іншому випадку.} \end{cases}$

Приклад запитання: “Які види забезпечень є атрибутом системного проектування?” Можливі варіанти відповідей: “Політичне, системне, інформаційне, методичне, технічне, організаційне”. Зауважимо, що оцінка відповіді на запитання третього типу має накопичувальний характер, причому вибір правильної відповіді збільшує оцінку, неправильної – зменшує. Визначення подальшого напрямку контролю здійснюється, виходячи із того, якому проміжку відрізка $[c_{j\min}^3, c_{j\max}^3]$ належить значення q_{ij}^3 , де

$$c_{j\min}^3 = \sum_{k=1}^{I_j} c_{jk}^3 \cdot \chi\{c_{jk}^3 < 0\}, \quad c_{j\max}^3 = \sum_{k=1}^{I_j} c_{jk}^3 \cdot \chi\{c_{jk}^3 > 0\}.$$

Четвертий тип запитань уже не має тестового характеру, як три попередні, у чому і полягає його основна відмінність, оскільки ті принципи і процедури, що запропоновані вище, не можуть бути застосованими. Процес контролю знань представимо так:

$$\langle \text{Запитання} \rangle \rightarrow \langle \text{Відповідь} \rangle = \langle \text{Число} \rangle. \quad (11)$$

Приклад запитання: “Яку висоту має найвища гора світу?” Для адекватної оцінки відповіді на такі запитання експерт повинен встановити певні обмеження (передбачаємо, що він знає точну відповідь, хоча ця умова є не обов’язковою, але тоді необхідно враховувати ретроспективну інформацію певного характеру). Як обмеження виступає інтервал (a_j^4, b_j^4) . Експерт вважає, що значення відповіді обов’язково повинне належати цьому інтервалу. Формальне представлення оцінки для відповіді на запитання четвертого типу є таким:

$$q_{ij}^4 = \begin{cases} \frac{c_{ij}^4 - b_j^4}{b_j^4 - a_j^4}, & \text{якщо } c_{ij}^4 \in (a_j^4, b_j^4), \\ -1, & \text{в протилежному випадку,} \end{cases} \quad (12)$$

де c_{ij}^4 – відповідь i -го студента. Залежно від того, якому проміжку із інтервалу $[-1, 1)$ належить q_{ij}^4 , приймається рішення про подальшу структуру процесу контролю знань.

Запитання п’ятого типу від попередніх запитань відрізняються певною свободою у визначенні відповідей. Контроль знань у цьому випадку здійснюється за схемою:

$$\langle \text{Запитання} \rangle \rightarrow \langle \text{Відповідь} \rangle = \langle \text{Інтервал} \rangle. \quad (13)$$

Приклад запитання: “У якому ешелоні висот здійснюється крейсерський політ літака АН-140?” Очевидно, що оцінка відповіді повинна залежати від інтервалу (a_j^5, b_j^5) , який є правильною відповіддю і задається експертом. Оцінку відповіді на запитання п’ятого типу здійснюємо так:

$$q_{ij}^5 = \begin{cases} 1, & \text{якщо } (c_j^5, d_j^5) = (a_j^5, b_j^5), \\ \frac{d_j^5 - c_j^5}{b_j^5 - a_j^5}, & \text{якщо } (c_j^5, d_j^5) \subset (a_j^5, b_j^5), \\ \frac{b_j^5 - c_j^5}{b_j^5 - a_j^5}, & \text{якщо } a_j^5 < c_j^5 < b_j^5 < d_j^5, \\ \frac{d_j^5 - a_j^5}{b_j^5 - a_j^5}, & \text{якщо } c_j^5 < a_j^5 < d_j^5 < b_j^5, \\ -1, & \text{якщо } (c_j^5, d_j^5) \cap (a_j^5, b_j^5) = \emptyset, \end{cases} \quad (14)$$

де (c_j^5, d_j^5) – інтервал-відповідь. У випадку врахування додаткових атрибутів, оцінки масштабуються і результуюче значення спрямовує подальший контроль знань. Оптимізувати оцінки відповідей на запитання п’ятого типу можна шляхом введення порогового значення θ . Оскільки певне співпадіння правильної відповіді й відповіді студента призводить до оцінки із інтервалу $(0, 1]$, то порогове значення $\theta = \frac{1}{2}$

перетворюватиме $q_{ij}^5 \in (0, \frac{1}{2})$ у $q_{ij}^5 \in (-1, 0)$, а $q_{ij}^5 \in (\frac{1}{2}, 1)$ – у $q_{ij}^5 \in (0, 1)$.

Запитання, які передбачають суб’єктивне судження про певну систему, об’єкт чи процес досить часто не мають однозначної відповіді, оскільки вона є лише результатом уявлень, інтуїції, певного аналізу, здійснюваного експертом [4]. Процес контролю знань здійснюється за схемою:

$$\langle \text{Запитання} \rangle \rightarrow \langle \text{Відповідь} \rangle = \langle \text{Нечіткий інтервал} \rangle. \quad (15)$$

Приклад запитання: “Яким, на Вашу думку, повинен бути середній рівень заробітної плати в Україні у 2007 році?” Відомо, що нечіткі інтервали описуються функціями належності, тип яких у студента та експерта повинні співпадати. Найбільш поширеними є: трикутні функції належності [5] із двома параметрами $((a, c)$, де a – значення, впевненість в одержанні якого максимальна і можливі значення, зосереджені в інтервалі $(a - c, a + c)$; трапецієподібні функції належності із п'ятьма параметрами $(\underline{m}, \bar{m}, \alpha, \beta, h)$ [6], де \underline{m} – нижнє модальне значення, \bar{m} – верхнє модальне значення, α – лівий коефіцієнт скошеності, β – правий коефіцієнт скошеності, h – висота; гаусівські (дзвоноподібні) функції належності із двома параметрами $\{m, \sigma\}$, де m – математичне сподівання, σ – дисперсія. Оцінка відповіді формально є такою:

$$q_{ij}^6 = \mu(S, E), \quad (16)$$

де μ – міра узгодженості відповіді студента (S) і експерта (E). Її значення розраховується залежно від типу функції належності. Певним чином спростимо задачу і вважатимемо, що максимальна впевненість визначається одиницею. Для трикутної функції належності можливі випадки, зображені на рис. 1.

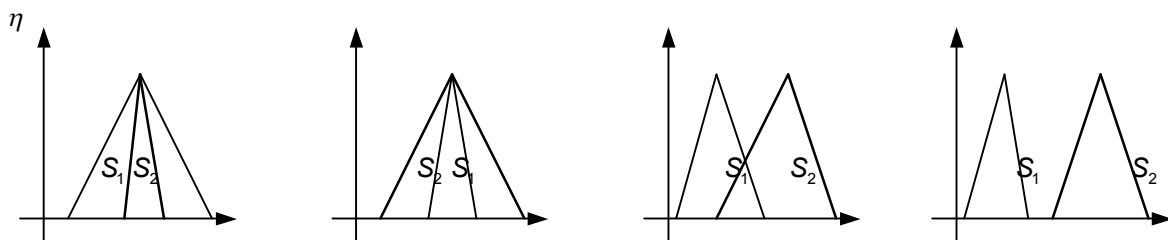


Рис. 1. Варіанти розміщень функцій пристосованості студента і експерта

На рис. 1: S_1 – площа під графіком функції належності експерта, S_2 – студента. У першому варіанті модальне значення відповіді студента (a_{2j}) і відповіді експерта співпадають, але $c_{1j} > c_{2j}$. Тоді вважатимемо, що $q_{ij}^6 = \frac{c_{2j}}{c_{1j}}$. У другому випадку $q_{ij}^6 = \frac{c_{1j}}{c_{2j}}$. Третій випадок відповідає ситуації, коли $a_{1j} \neq a_{2j}$.

Тоді $q_{ij}^6 = \frac{S_3}{S_1 + S_2}$, де S_3 – площа перерізу. У четвертому випадку $q_{ij}^6 = -1$. Зауважимо, що відомі процедури дефазифікації і подальшого порівняння застосовувати не можна.

Сьомий тип запитань відрізняється від попередніх тим, що необхідно оцінювати відповіді, які не мають числового представлення. Процес оцінювання у цьому випадку відбувається за такою схемою:

$$\langle \text{Запитання} \rangle \rightarrow \langle \text{Відповідь} \rangle = \langle \text{Слово (Словосполучення)} \rangle. \quad (17)$$

Приклад такого запитання: “Як називається сукупність ідей та принципів, що дозволяють на єдиній світоглядній основі будувати об’єктивну картину світу?”. Варіанти відповіді: “Концепція”, “Парадигма”, “Ілюзія”, “Консенсус”.

Експерт, визначаючи таке запитання, формує область “змістовних синонімів”, кожний з яких з певною мірою достовірності може інтерпретуватись як відповідь. Відповіді та їх оцінки утворюють множину:

$$\langle S_{1j}(a_{1j}^7), S_{2j}(a_{2j}^7), \dots, S_{pj}(a_{pj}^7) \rangle.$$

Тоді оцінка відповіді на запитання сьомого типу є такою:

$$q_{ij}^7 = a_{kj}^7, \quad (18)$$

якщо вибрано k -й варіант відповіді. При оцінюванні відповідей з впливом додаткових атрибутів потрібно враховувати зауваження до процедури оцінювання запитань п’ятого типу.

Найбільшу складність для оцінювання становлять запитання восьмого типу, які визначають процес контролю знань за схемою:

$$\langle \text{Запитання} \rangle \rightarrow \langle \text{Відповідь} \rangle = \langle \text{Речення} \rangle. \quad (19)$$

Приклад запитання: “Дайте визначення поняття “технологія”. Оцінити за допомогою автоматизованої системи відповідь у вигляді речення на сучасному рівні інтелектуалізації технічних засобів неможливо. Тому є потрібною безпосередня участь експерта у процесі контролю знань. Якщо повна об’єктивність є необхідною умовою оцінки знань, то тоді потрібно уникати запитань такого типу, або виконувати редукцію їх до інших типів.

Висновки. Інтегральна оцінка знань виконується автоматизовано на базі визначення оцінки за кожне запитання кожного типу і уточнюється від запитання до запитання. Такий алгоритм необхідний для того, щоб мінімізувати інформаційну надлишковість тестування, оскільки традиційно незалежно від проміжних результатів контролю знань, кожний студентів відповідає на всі передбачені запитання, що навіть не є необхідним, а – надлишковим.

Запропонована структуризація інтегральної оцінки знань експертною системою дозволяє об'єктивізувати процес контролю, передбачити його повноту, а також вилучити інформаційну надлишковість, що мінімізуватиме час неефективного оцінювання. Важливо зауважити присутність онтології на етапі визначення запитань та їх структури, що базується на семантичному аналізі бази даних, в яких відображені концепти, відношення між ними та їх інтерпретація.

На наступному етапі реалізації запропонованої технології важливо сформулювати алгоритм та визначити критерій, за яким буде обчислюватись інтегральна оцінка знань, а також розробити рекомендації студенту залежно від рівня його знань та значення одержаної оцінки.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Нетавская Е.* Самоорганизация процесса функционирования экспертной системы с использованием онтологии предметной области // In Proc. XII-th Int. Conf. "KDS-2006". – Bulgaria, Varna, 2006. – P. 127–132.
2. *Нетавская Е.Г.* Структурно-онтологический подход к оптимизации процессов контроля знаний // Искусственный интеллект. – 2006. – № 3. – С. 213–219.
3. *Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф.* Базы знаний интеллектуальных систем. – С.-Пб.: Изд-во Питер. – 2000. – 212 с.
4. *Беллман Р., Заде Л.* Принятие решений в расплывчатых условиях: В сб. Вопросы анализа и процедуры принятия решений. – М.: Мир, 1976. – С. 172–215.
5. *Згуровский М.З.* Интегрированные системы оптимального управления и проектирования. – К.: Выща школа, 1990. – 351 с.
6. *Дюбуа Д., Прад А.* Теория возможностей. – М.: Радио и связь, 1990. – 286 с.

ЛЕГА Юрій Григорович – доктор технічних наук, професор, ректор Черкаського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- проектування складних систем;
- системи дистанційного навчання;
- автоматизовані системи навчання та контролю знань.

НЕТАВСЬКА Олена Григорівна – викладач кафедри комп'ютерних систем Черкаського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- проектування автоматизованих систем контролю знань;
- онтології;
- системне проектування та нові інформаційні технології.

СРОФЕСВ Юрій Федорович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерних систем Черкаського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- сучасні методи навчання та контролю знань;
- управління в технічних системах.

Подано 14.11.2006

Лега Ю.Г., Нетавська О.Г., Єрофєєв Ю.Ф. Структуризація процесу інтегрального контролю знань
Лега Ю.Г., Нетавская Е.Г., Ерофеев Ю.Ф. **Структуризация процесса интегрального контроля знаний**

Lega Yu.G., Netavska O.G., Erofeev Yu.F. **Structurisation of process for integral control of knowledge**

УДК 007:519.816

Структуризація процесу інтегрального контролю знань / Ю.Г. Лега, О.Г. Нетавська, Ю.Ф. Єрофєєв

В статті визначені елементи технології, що базується на онтології навчального курсу, логічній схемі питань та методології інтегрального оцінювання знань. Для третьої складової такої технології виконано класифікацію питань і запропоновано аналітичний базис для визначення відповідних оцінок. Її реалізація сприятиме оптимізації процесу контролю знань, виконанню вимоги його повноти та об'єктивізації шляхом використання в якості базової процедури в автоматизованій системі контролю знань.

УДК 007:519.816

Лега Ю.Г., Нетавская Е.Г., Ерофеев Ю.Ф. **Структуризация процесса интегрального контроля знаний**.

В статье определены элементы технологии, которая базируется на онтологии учебного курса, логической схеме вопросов и методологии интегрального оценивания знаний. Для третьей составляющей такой технологии выполнена классификация вопросов и предложен аналитический базис для определения соответствующих оценок. Ее реализация будет способствовать оптимизации процесса контроля знаний, выполнению требования его полноты и объективизации путем использования в качестве базовой процедуры в автоматизированной системе контроля знаний.

УДК 007:519.816

Structurisation of process for integral control of knowledge / Yu.G. Lega, O.G. Netavska, Yu.F. Netavska

In this paper the elements of technology, which is based on ontology of educational course, logical chart of questions and methodology of knowledge integral evaluation, are definite. For the third making such technology the classification of questions is executed and an analytical base for determination of the proper estimations is offered. Its realization will be instrumental in optimization of process of knowledge control, to implementation of requirement of his plenitude and objectivisation by the use as base procedure in the automated checking system of knowledge.