

УДК 681.3:378.146

О. М. ГАЙТАН

Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка, Україна

ЕЛЕМЕНТИ ТЕХНОЛОГІЇ РЕАЛІЗАЦІЇ АВТОМАТИЗОВАНОГО АДАПТИВНОГО КОНТРОЛЮ ЗНАТЬ СТУДЕНТІВ В КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМАХ НАВЧАННЯ

У статті проведено систематизацію та класифікацію тестових питань в системах тестування та підсистемах оцінювання знань студентів. Здійснено аналіз методів генерації тестових завдань та виділено основні функціональні можливості систем контролю якості знань по забезпеченню об'єктивності процесу тестування. Розглянуто механізми інтелектуальної генерації тестових завдань на основі шаблонів та еталонної моделі предметної області, яка ґрунтується на моделях представлення знань: логічних і продукційних моделях, семантичних мережах, а також фреймових структурах.

Ключові слова: генератор завдань, моделі представлення знань, тест, предметна область.

Вступ

Стрімкий розвиток засобів автоматизації, комп'ютерних та інформаційних технологій, приєднання більшості українських вузів до Болонського процесу призводить до суттєвих змін у галузі освіти. Через значне зниження кількості аудиторних занять і перехід студентів до активної самостійної роботи виникає низка проблем, пов'язаних з непристосованістю традиційних технологій навчання до сучасних вимог до якості навчального процесу у вищій школі. Все більшої популярності набуває використання комп'ютерних систем навчання.

Розробка подібних електронних ресурсів обумовлена необхідністю підготовки студентів до повноцінної та ефективної участі в побутовій, суспільній і професійній галузях в умовах інформаційного суспільства. Крім того, використання інформаційних технологій у порівнянні з традиційними методами навчання надає студентам багато переваг і можливостей, зокрема: економію часу під час навчання; використання різноманітних форм подання матеріалу (гіпертекстових посилань, мультимедійного контенту тощо); гнучкість графіка навчання, можливість освоєння матеріалу в оптимальному для студента темпі на тому рівні викладення матеріалу, який відповідає рівню його підготовленості; реалізацію інтерактивного підходу; можливість об'єктивного контролю знань та рівня засвоєння матеріалу; економію коштів на навчання; використання технології адаптивного навчання тощо.

У зв'язку з цим все більшої актуальності набувають загальні наукові, методологічні і технологічні питання, пов'язані з процесами створення, супроводження й ефективного використання комплексу комп'ютерних засобів навчання.

Постановка задачі

Комп'ютерна навчальна система являє собою інформаційну систему, до складу якої входить програмно-технічний комплекс з методичною, навчальною та організаційною підтримкою процесу навчання, що проводиться з використанням інформаційних технологій [1].

З початку 80-х рр. ХХ ст. розвивається новий напрямок в комп'ютеризації навчання – інтелектуальні навчальні системи (Intelligent tutoring system, ITS), що базуються на роботах в сфері штучного інтелекту. Такі системи використовують методи представлення знань та передбачають реалізацію принципу адаптивного навчання.

Системи тестування входять в якості підсистем контролю знань в комп'ютерні системи навчання або становлять окремі програмні продукти, широко представлені на ринку програмного забезпечення.

На даний час існує декілька підходів до створення тестів, що відповідають критеріям якості. Перший підхід ґрунтується на застосуванні кореляційних і факторних методів аналізу. Другий підхід зародився в рамках теорії латентно-структурного аналізу, основна мета якого – оцінити латентні параметри учасників тестування. Поштовх розвитку теоретичної бази тестування в рамках даного підходу дала робота Г. Раша [2], на базі якої сформувалася сучасна теорія тестування – Item Response Theory (IRT). Відомості по IRT російською мовою з'явилися лише в 1995 р. в роботі Р. Хамблетона [3,4].

Традиційні комп'ютерні системи навчання, наприклад, створені на основі WebCT (<http://www.webct.com/>) або Moodle (<http://www.moodle.org/>) включають теоретичний курс у гіпертекстовій формі, блок практичних завдань, наприклад, за допомо-

гою віртуального лабораторного практикуму та блок автоматизованого контролю знань студентів у вигляді проведення тестування. База тестових питань жорстка та закладається в систему при створенні навчального курсу. У таких системах різноманіття тестових питань досягається за рахунок підтримки різних типів питань і великої тестової бази. Незважаючи на це, створення тестів вимагає істотних часових витрат викладача й існує ризик передачі списку питань іншим учасникам тестування через статичний набір питань.

Одним із шляхів вирішення зазначених проблем є використання шаблонів розрахункового або текстового вигляду з питаннями типу множинна відповідь, на основі яких генерується конкретний набір питань [5,6]. Складена в такий спосіб тестова база має маленькі розміри, тому що не містить готових тестів, а лише спеціальні інструкції для генерування тестів «на льоту» програмою тестування. У підсумку стає неможливим «розкрити» базу з тестами з метою довідатися правильні відповіді.

Хоча створення тестів для автоматичного генерування є більш складним завданням, ніж за допомогою традиційного інтерактивного методу, тому що передбачає більш високий кваліфікаційний рівень користувача – автора тестів, однак автоматизований метод знімає навантаження з викладача, коли, наприклад, необхідно підготувати кілька десятків однотипних і в той же час різних завдань.

Інший підхід ґрунтується на динамічній генерації тестових питань на підставі представлення знань в предметній області. У такому випадку кожний тест оригінальний і формується лише в момент запуску модуля контролю знань. Використання цього підходу, крім студента та викладача, вимагає наявності інженера зі знань, який наповнює базу знань конкретними знаннями.

На даний момент розроблені подібні модулі перевірки знань з окремих дисциплін з орієнтацією на конкретну предметну область. В якості прикладів динамічної генерації завдань можна привести пакет Quiz-PACK [7], який визначає знання з конкретної мови програмування, або розробку румунських вчених для перевірки знань з електротехніки на тему «Змінний струм» [8].

Робота зі створення шаблонів тестових питань для оцінки знань в будь-якій предметній області описана в роботі [9]. В роботі [10] представлена авторська розробка Tutor-експертна система (Tech-Sys), в якій формалізація предметної області і динамічна генерація тестів виконується на основі онтологічної моделі (Web Ontology Language, OWL).

В цілому на сьогоднішній день в розвитку комп'ютерних навчальних систем можна виділити три напрямки:

- розробка адаптивних систем [11];
- розробка тестових шаблонів і алгоритмів динамічної генерації завдань на підставі формалізації представлення знань в предметній області [10];
- оцінювання знань з використанням відповіді учня природною мовою [12].

У даній статті пропонується схема адаптивного контролю знань, розглядаються методологічні підходи до генерації тестових завдань в модулях автоматизованого контролю знань студентів в комп'ютерних системах навчання. Виконаний аналіз та класифікація типів тестових питань в класичних комп'ютерних системах навчання та механізмів інтелектуальної генерації тестових завдань на основі шаблонів та еталонної моделі предметної області в інтелектуальних системах навчання.

1. Схема навчального процесу в комп'ютерній системі навчання

Представимо навчальний процес по вивченню окремого розділу курсу у вигляді DFD-діаграми.

Використаємо для побудови діаграми потоків даних нотацію Гейна-Сарсона. Система включає модель студента та модель предметної області для забезпечення принципів індивідуального навчання. Схема системи представлена на рис. 1.

2. Оцінювання знань студентів в комп'ютерних системах навчання

Можливості проведення автоматизованого контролю знань студентів в комп'ютерній навчальній системі являють собою важливу характеристику такої системи. Контроль знань забезпечує зворотний зв'язок із студентом та призначений в першу чергу для визначення рівня знань учня з метою організації адаптивного управління навчанням, а також для проведення самоконтролю або проміжного/екзаменаційного контролю знань.

Загальна схема проведення контролю знань включає підготовку завдань для контролю (з урахуванням моделі студента) та, власне, тестування.

2.1. Типи тестових питань

Автором статті було проведено дослідження функціональних можливостей найбільш поширених систем тестування та модулів контролю знань в комп'ютерних системах навчання, за результатами якого виділено такі типи тестових завдань:

а) питання закритого типу, в якому користувачу надаються варіанти відповіді:

1. Одиночний вибір – вибір одного варіанта відповіді з декількох запропонованих.

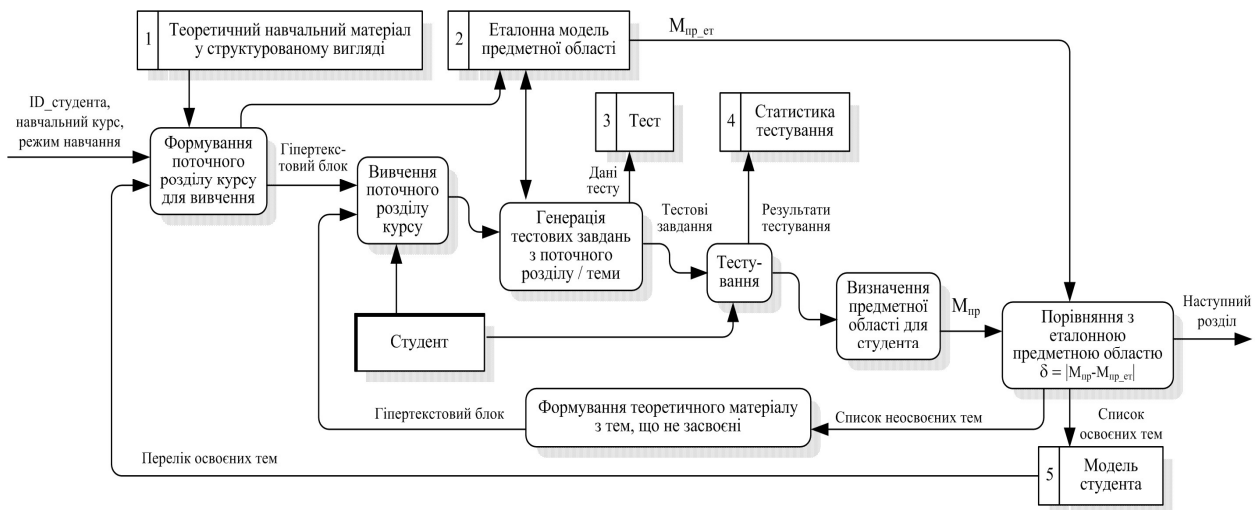


Рис. 1. Схема навчального процесу в інтелектуальній системі навчання в DFD-нотації

Питання можна представити у вигляді конструкції $P = \langle A, V, i, R \rangle$, де A – текст питання, V – множина варіантів відповіді, i – номер вірної відповіді, R – посилання на теоретичний матеріал.

2. Множинний вибір – вибір одного або декількох варіантів відповіді з декількох запропонованих. Питання можна представити у вигляді конструкції $P = \langle A, \langle V_i, C_i \rangle, R \rangle$, де A – текст питання, список відповідей складається з V_i – текст i -того варіанту відповіді і C_i – правильність i -того варіанту $(0, 1)$, R – посилання на теоретичний матеріал.

3. Відповідність – упорядкування висловлювань у двох списках так, щоб вони відповідали один одному. Питання можна представити у вигляді конструкції $P = \langle A, \langle V_i, C_i \rangle, R \rangle$, де A – текст питання, списки відповідей складаються з: V_i – i -тий елемент списку 1, C_i – i -тий елемент списку 2, R – посилання на теоретичний матеріал.

4. Упорядкування списку – розстановка відповідей у певній послідовності. Питання можна представити у вигляді конструкції $P = \langle A, \langle V_i \rangle, R \rangle$, де A – текст питання, V – список відповідей, R – посилання на теоретичний матеріал.

5. Встановлення істинності висловлювання: вибір одного з двох запропонованих варіантів відповіді «так» чи «ні». Можливий також вибір трьох градаций: «так», «ні», «не знаю» або п'ятьох: «так», «скоріше так», «не знаю», «скоріше ні», «ні» – зазвичай використовуються в психологічних тестах. Питання аналогічне одиночному вибору.

6. Обробка списків:

– перетягування: є набір елементів – «приймачів», які потрібно перемістити в певні області екрану – «джерела» в якості відповіді на питання;

– переміщення та з'єднання: питання виглядає як набір «об'єктів» і «з'єднувачів», необхідно розмістити та з'єднати елементи особливим чином;

– створення дерева: є два списки: зліва знаходиться дерево, справа – елементи, які потрібно розмістити в дереві;

– створення та впорядкування списку: з декількох списків елементів потрібно скласти один – перетягнути елементи і розмістити їх у правильній послідовності.

б) питання закритого типу, в яких надання варіантів відповіді користувачу не передбачено:

7. Уведення тексту, числа, дати або часу.

8. Мовна відповідь: відповідь на питання за допомогою мікрофона.

9. Завантаження файлу в якості відповіді.

10. Графічна відповідь:

– вибір певної області на зображенні в якості відповіді;

– малювання точки / лінії / кола / відрізка / прямокутника в якості відповіді на запитання;

– малювання відповіді з використанням примітивного графічного редактора.

11. Уведення формули в якості відповіді за допомогою убудованого редактора формул. Такий редактор реалізований, наприклад у програмі KTest [6], коли формула записується і зберігається у вигляді рядка, а вигляд математичного виразу приймає синхронно введенню у спеціальному віконці.

Для створення вбудованого редактора формул доцільно використовувати систему верстки TeX, розроблену Д. Кнутом. TeX – стандарт de facto в математичному співтоваристві й є продуктивною при великих обсягах роботи. Для створення такого редактора у WEB-додатку необхідне використання спеціальної бібліотеки, наприклад MathJax, яка є крос-браузерною бібліотекою та відображає математичні рівняння у WEB-браузерах, використовуючи MathML, LaTeX и ASCII MathML розмітку.

в) У комбінованій формі питання наявність ва-

ріантів відповіді на питання залежить від налаштувань. До такого типу належить заповнення пропусків у тексті питання.

Класифікація тестових питань наведена на рис. 2.

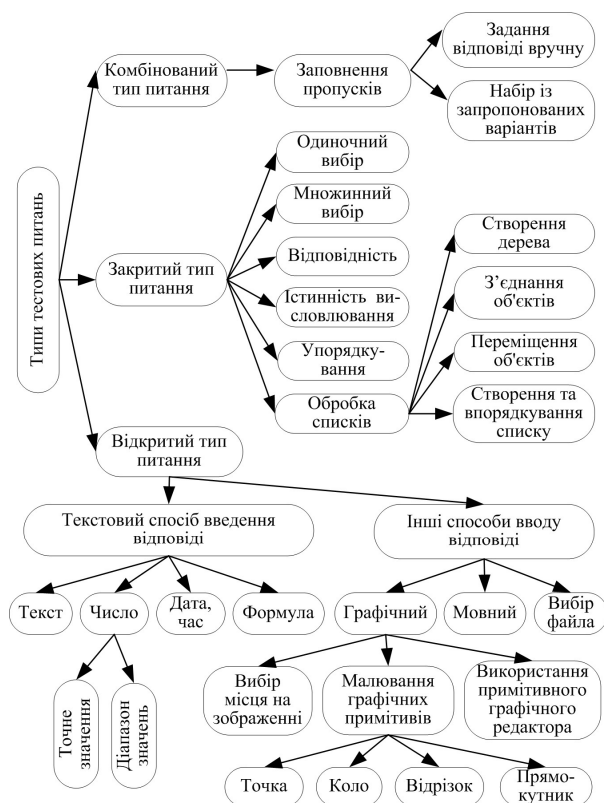


Рис. 2. Класифікація типів тестових питань

При відкритій формі питання відповідь вводиться користувачем з клавіатури. Передбачаються такі варіанти перевірки відповіді:

– оцінка відповіді користувача викладачем вручну після автоматичної перевірки інших відповідей системою. Приклад:

Яку геометричну фігуру називають квадратом? Квадрат – це чотирикутник, у якого всі сторони рівні – неповністю правильна відповідь.

– перерахування відповідей, які можна зарахувати як правильні – завдання буде вважатися виконаним вірно, якщо користувач вкаже один з них. Приклад:

Найвища гора світу: Джомолунгма / Еверест.

– перерахування всіх правильних відповідей – завдання буде вважатися виконаним вірно, якщо користувач вкаже всі відповіді в довільному порядку. Приклад:

Перерахуйте усі материки, які є зараз на планеті Земля: Австралія; Антарктида; Африка; Євразія; Південна Америка; Північна Америка.

– перерахування всіх правильних відповідей у

визначеному порядку – завдання буде вважатися виконаним вірно, якщо користувач вкаже всі відповіді у тому ж порядку. Приклад:

Назвіть місяці року англійською мовою. January, February, March, April, May, June, July, August, September, October, November, December.

– використання системи шаблонів на основі регулярних виразів для оцінки відповіді користувача. Приклад:

Найвища гора світу: Джомолунгма | Еверест.

2.2. Методи генерації текстових завдань

У навчальних системах використовуються два основні підходи до організації контролю знань:

1. Оцінка дій студента [13] застосовується в експертно-навчальних системах, тобто навчальних системах, що ґрунтуються на знаннях. Знання про предметну область і правила оцінки дій студента дозволяють системі визначити рівень знань в ході діалогу. За допомогою методу можна на високому рівні моделювати взаємодію викладача зі студентом.

– Стандартизований контроль знань полягає в тому, що студенту пропонується вибірка спеціальних завдань і з відповідей на неї виносяться судження про його знання. Для вимірювання здібностей даним методом необхідно проводити періодичні перевірки. Стандартизовані методи контролю знань мають наступні позитивні властивості, що визначають доцільність їх застосування: короткочасність перевірки; стандартність проведення перевірки та аналізу результатів; можливість представлення результатів перевірки в числовій формі та їх математичної обробки.

Розглянемо докладно методологію генерації тестових завдань (рис. 3).



Рис. 3. Класифікація методів генерації завдань

Базу завдань можна створювати у таких режимах:

1. Інтерактивний. Тестові завдання готуються заздалегідь і послідовно вводяться в базу за допомогою вбудованого в програму текстового редактора. Такий спосіб введення даних дає змогу виконувати довільне форматування завдань та використовувати мультимедійний контент.

Для реалізації навчального процесу за схемою, наведеною на рис. 1, питання необхідно згрупувати

за темами з можливістю подальшого автоматичного вибору визначеної кількості питань з кожної теми при тестуванні. Такий поділ дає змогу перевіряти рівень знань і проводити аналіз оволодіння матеріалом з окремої теми. Крім того, групування питань за темами більш зручне для сприйняття.

2. Імпорт тестових завдань, записаних з використанням відповідного синтаксису, із текстового файлу. Такий спосіб уведення завдань дає змогу готувати завдання разом із відповідями за межами системи тестування, наприклад, за допомогою найпростішого текстового редактора «Блокнот».

Тестові завдання генеруються шляхом довільної вибірки визначеної кількості питань з кожної теми та перемішування питань і відповідей у тесті. Такий механізм генерації виключає передачу інформації від одного учасника тестування до іншого про перелік питань та позиції правильних відповідей для можливого списування іншими учасниками і, таким чином, студент не може скористатися попереднім знанням тесту, із заздалегідь відомою послідовністю запитань і відповідей.

3. Автоматизований. Наявність такого режиму якісно відрізняє систему тестування від інших подібних програм. При використанні такого режиму автор тесту створює шаблон питання й варіанта відповіді, за яким програма тестування буде автоматично генерувати задану кількість завдань із заданою кількістю варіантів відповіді. Цей шаблон уводиться у систему за допомогою текстового редактора. За заданим шаблоном може генеруватися практично необмежена кількість завдань.

4. Інтелектуальна генерація тестових питань на основі моделей представлення знань.

2.3. Генерація тестів за шаблоном

Можливі типи шаблонів:

1. Текстовий шаблон – дозволяє створювати завдання, що генеруються автоматично, виконуючи маніпуляції з текстом. Такий тип шаблону може бути орієнтований на гуманітарні дисципліни.

2. Формульний шаблон – дозволяє створювати завдання, що генеруються автоматично з використанням операцій над числами. Такий тип шаблону може бути орієнтований на математичні дисципліни.

Якщо система підтримує використання формульних шаблонів, необхідно:

а) задати змінні, які беруть участь у розрахунках: для незалежних змінних – назву та умови генерації (інтервал числа, що генерується, а також тип числа – ціле або дробове), для залежних змінних – вираз, за яким проводяться обчислення. Приклад наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Задання змінних в шаблоні

№ за пп.	Змінна	Тип	Значення
1.	#h, #a	число	0 – 100, ціле
2.	#s	вираз	#a*#h/2

Якщо змінна типу число, то в підсумковому тексті замість неї буде генеруватися число, якщо змінна належить до типу вираз, то результатом буде обчислений заданий користувачем вираз;

б) задати шаблон питання: у тексті числові значення-змінні необхідно позначити у вигляді змінних спеціальним символом, наприклад:

Визначити площу трикутника за висотою #h м та довжиною протилежної сторони #a м;

в) задати шаблон відповіді: у тексті числові значення-змінні необхідно позначити у вигляді змінних спеціальним символом, наприклад: #s м².

Варіанти питання й варіанти відповіді, у тому числі й помилкові, програма згенерує автоматично при створенні тесту, наприклад:

Визначити площу трикутника за висотою 10 м та довжиною протилежної сторони 20 м.

Варіанти відповіді: 100 м², 200 м², 150 м².

Якщо вибраний текстовий шаблон, необхідно:

а) ввести шаблони тексту питання й варіантів відповіді, позначивши у вигляді змінних непостійні частини тексту (які будуть генеруватися), для цього перед назвою змінної ставиться спеціальний символ, згідно з яким ідентифікується змінна, наприклад #;

б) налаштувати генерування змінних, призначивши для змінних списки прийнятих значень та установивши логічні зв'язки між значеннями змінних. Приклад:

Питання: *Як називається столиця держави #країна?* Відповідь: #столиця.

Принцип генерування питання наступний. Програма вибирає випадковим чином одне із значень, що може приймати змінна *країна*, і надає це значення змінній, далі перевіряє існуючі умови. ЯКЩО *країна* = «значення1», ТО *столиця*:= «значення2».

Приклад можливих значень змінних *країна* та *столиця* наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Перелік значень змінної

#країна	#столиця
Україна	Київ
Росія	Москва
США	Вашингтон

Варіанти питання й відповіді програма згенерує автоматично при створенні тесту, наприклад:

*Як називається столиця держави Україна?
Київ, Вашингтон, Москва.*

2.4. Інтелектуальна генерація завдань на основі моделей представлення знань

Для моделювання предметної області навчального курсу, на основі яких підсистема генерації завдань формує базу тестів, можуть використовуватися такі моделі представлення знань [14]: логічні моделі; продукційні моделі; семантичні мережі та фреймові структури.

Загальна класифікація моделей знань наведена на рис. 4.

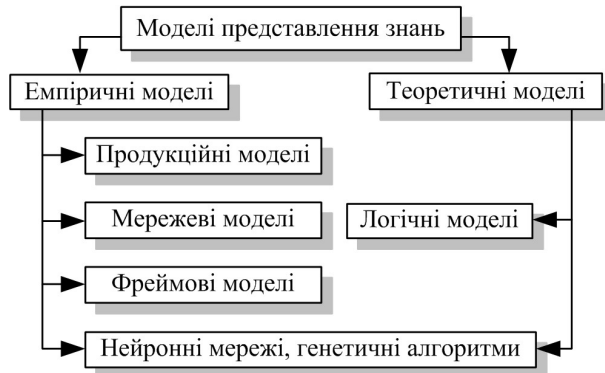


Рис. 4. Класифікація моделей представлення знань в комп'ютерних системах навчання

1. **Логічні моделі** базуються на обчисленні предикатів і є класичним механізмом подання знань. У дослідженнях зі штучного інтелекту дана модель використовується з 50-х років. У системах, що базуються на обчисленні предикатів, знання представляються за допомогою переводу тверджень про об'єкти предметної області у формули логіки предикатів і додавання їх як аксіом в систему. Знання відображаються сукупністю формул, а отримання нових знань зводиться до реалізації процедур логічного виводу. В основі логічних моделей лежить поняття формальної теорії, що задається кортежем: $S = \langle B, F, A \langle R \rangle \rangle$, де B – скінчена множина базових символів теорії S (алфавіт); F – підмножина виразів теорії S , формул теорії; A – множина апріорних формул, аксіом теорії S ; R – скінчена множина відношень $\{r_1, \dots, r_n\}$ між формулами, правил виводу.

Приклад логічного виводу:

Усі люди – смертні. Сократ – людина.

Отже, Сократ – смертний.

Переваги логічних моделей: модель базується на класичному апараті математичної логіки, методи якої добре вивчені та обґрунтовані; є можливість безпосередньо програмувати механізм виведення синтаксично правильних висловлювань, приклад такого механізму – процедура виводу, побудована на основі методу резолюцій; база знань призначена для зберігання великої кількості аксіом, з яких за правилами виводу можна отримувати інші знання.

Недолік: логічні моделі висувають високі вимоги і обмеження до предметної області, у зв'язку з чим застосовуються зазвичай лише в дослідницьких системах.

2. **Продукційна модель** базується на правилах та дає змогу представити знання у вигляді речень: «ЯКЩО умова, ТО дія». На даний момент це найбільш поширена модель подання знань в інтелектуальних системах.

Продукційні правила (продукції) мають вигляд:

«ЯКЩО A_1 і A_2 і ... A_n , ТО B_1 або B_2 або ... B_n »,

де A і B – висловлювання, до яких застосовані логічні операції і та або. Якщо висловлювання в лівій частині (умова) істинно, то істинно висловлювання в правій частині (наслідок).

Набір продукцій, який зберігається в системі, утворює систему продукцій. В системі також повинні бути задані спеціальні процедури керування продукціями, за допомогою яких відбувається актуалізація продукцій і виконання конкретної продукції з числа актуалізованих. Таким чином, до складу системи продукцій входить база правил (продукцій), база даних і машина виводу (програма, що керує перебором правил). Вивід буває прямий (від даних до пошуку мети) або зворотний (від мети для її підтвердження – до даних). Дані – це вхідні факти, на підставі яких запускається машина виводу.

Продукційні правила описують знання у вигляді взаємозв'язків типу: «причина» – «наслідок», «явище» – «реакція», «ознака» – «факт» тощо. Продукційне уявлення знань з людської точки зору є прямим описом логічних висновків при вирішенні конкретних завдань. Сукупність знань про предметну область представляється відповідним набором продукційних правил, який утворює базу знань.

Приклади продукційних моделей:

Приклад 1.

ЯКЩО

організм має грамнегативне забарвлення I

організм має форму палички I

організм аеробний,

ТО організм належить до класу *enterobacteriaceae*.

Приклад 2.

ЯКЩО чотирикутник, ТО сума кутів = 360° .

ЯКЩО квадрат або ромб, ТО чотирикутник.

На підставі цих правил можна формувати питання про суму кутів квадрата або ромба.

Переваги продукційних систем: природність (вивід висновку у продукційній системі схожий с процесом міркувань експерта); уявлення знань у синтаксично однотипному вигляді спрощує реалізацію системи використання знань; простота вне-

сення доповнень і механізму логічного виводу.

Недоліки системи: при накопиченні великої кількості продукцій вони можуть суперечити одна одній; процес виводу менш ефективний, ніж в інших системах, оскільки багато часу витрачається на непродуктивну перевірку застосовності правил; складно представити родовидову ієрархію понять.

3. **Мережеві моделі (семантичні мережі)** – під семантичною мережею розуміють граф, що відображає зміст цілісного образу, опис відносин між абстрактними поняттями і сутностями, які є конкретними об'єктами реального світу. Вузли графа відповідають поняттям і об'єктам, а дуги – відношенням між об'єктами. Формально мережні моделі задаються у вигляді кортежу $\langle I, C_1 \dots C_n, Q \rangle$, де I – множина інформаційних елементів, що зберігаються у вузлах мережі; $C_1 \dots C_n$ – типи зв'язків між інформаційними елементами; Q – відображення, що встановлює відповідність між множиною типів зв'язків і множиною інформаційних елементів мережі.

На рис. 5. представлена частина семантичної мережі для розділу «Рослини».

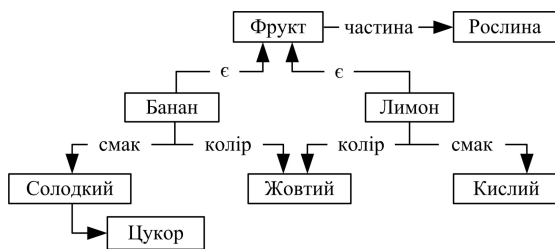


Рис. 5. Фрагмент семантичної мережі для розділу «Рослини»

Атрибути семантичних мереж можна розділити на лінгвістичні (об'єкт, умова, місце, інструмент), атрибутивні (форма, розмір, колір), характеристичні (рід, час), логічні (так, ні, заперечення, об'єднання).

Поняттями зазвичай виступають абстрактні або конкретні об'єкти, а відношення – зв'язки типу: "є" ("is"), "включає" ("has part"), "належить". Особливістю семантичних мереж є обов'язкова наявність трьох типів відношень: клас – елемент класу; властивість – значення; приклад елемента класу.

Найпоширеніші типи відношень: об'єкт є елементом класу (ромб є паралелограмом); властивості об'єктів (у ромба всі сторони рівні); значення властивостей об'єктів (у ромба чотири сторони); причинно-наслідковий зв'язок (падіння курсу валют є наслідком революції).

Переваги семантичних мереж: підтримка принципу успадкування, тобто елементи мережі можуть успадковувати властивості елементів вищого рівня, що економить пам'ять, оскільки інформацію про успадкованих властивостях не потрібно повторювати;

простота і наочність опису предметної області, однак остання властивість з ускладненням семантичної мережі втрачається і при цьому збільшується час виводу; імітація використання природної мови, що дозволяє застосовувати мережі при моделюванні міркувань, доведенні теорем, побудові причинно-наслідкових зв'язків і лінгвістичних конструкцій.

Отже, семантичні мережі дають змогу реалізувати пристрої, що імітують розумові акти вищого рівня в порівнянні з продукційними правилами.

Недоліки семантичних мереж: дублювання інформації при побудові мереж і змішання груп знань, що відносяться до різних ситуацій; складність виводу на семантичній мережі.

4. **Фреймова модель** ґрунтується на понятті фрейма. Фрейм – фіксована структура даних для представлення деякого концептуального об'єкта. Інформація, що відноситься до фрейму, міститься в його складових – слотах. Слоти можуть бути термінальними або самі бути фреймами, таким чином утворюючи цілу ієрархічну мережу. Приклад фрейму для розділу «Планіметрія» наведено в табл. 3:

Таблиця 3

Фрейм: трикутник

Фрейм: трикутник	Многокутник
АКО	180°
Сума кутів	3
Кількість кутів	3
Кількість сторін	0...180°
Внутрішній кут	$S = \frac{1}{2}ah$, $S = \frac{1}{2}absin \alpha$, $S = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$
Пов'язані класи (підкласи)	Гострокутний, тупокутний, прямокутний, різнобічний, рівнобедрений, рівносторонній
Пов'язані класи	Медіана, висота, бісектриса Вписане коло, описане коло

За такою структурою можна генерувати питання в залежності від типів даних у слотах, наприклад:

Сума кутів трикутника – ... градусів.

90, 180, 360 (варіанти відповіді можна брати із значень відповідних слотів класів, що належать до одного базового класу). Або:

Трикутник – окремий вид такої фігури:

Прямокутник, многокутник, відрізок, коло.

Розрізняють фрейми-зразки або прототипи, що зберігаються в базі знань, і фрейми-екземпляри, які створюються для відображення реальних фактичних ситуацій на основі даних, що надходять. Модель фрейму є досить універсальною, оскільки дозволяє відобразити різноманіття знань про світ через: фрейми-структури, що використовуються для позначення об'єктів і понять (позика, вексель); фрейми-ролі

(менеджер, клієнт); фрейми-сценарії (банкрутство, збори акціонерів); фрейми-ситуації (аварія, робочий режим пристрою) тощо.

Переваги подання знань за допомогою фреймів:

- надання більшої свободи при описі знань, оскільки допускаються різні способи опису даних в межах одного фрейму. Завдяки цьому фреймові системи можна віднести до найбільш універсальних систем опису знань;

- запозичене з теорії семантичних мереж спадкування властивостей: спадкування відбувається з допомогою АКО-зв'язків (A-Kind-Of = це). Слот АКО вказує на фрейм більш високого рівня ієрархії, звідки успадковуються значення аналогічних слотів.

- здатність відображати концептуальну основу організації пам'яті людини, її гнучкість.

Недоліки фреймової моделі: ієрархічна мережа знань з перехресними посиланнями придатна для вирішення порівняно простих проблем, оскільки при розширенні проблемної області фреймова мережа значно розростається; фреймові мережі менш пристосовані до адаптації, оскільки внесення нових фреймів і слотів в фрейми може спричинити протиріччя в посиланнях при русі по ієрархічній структурі мережі; розрізнені частини інформації, об'єднані в фрейм, не можуть бути збудовані в послідовність висловлювань, інакше кажучи, мови опису знань у моделі не близькі до природних, а ближче до образотворчих засобів; відсутність механізмів управління виводом, необхідність реалізації даного виводу за допомогою спеціальних процедур.

Обмеження складності проблем, що розв'язуються на основі таких систем, поки не дозволяє фреймовим системам домінувати при розробці інтелектуальних систем.

Формалізація предметної області на основі моделей представлення знань дозволяє створювати тестові питання таких типів: одиничний, множинний вибір та істинність висловлювань. До таких питань можна віднести: наявність заданого атрибуту у елемента класу, питання класифікації (приналежність об'єкту до класу), характеристик окремого елемента класу тощо.

Для забезпечення можливості генерації тестових питань на базі моделей представлення знань комп'ютерна система навчання повинна включати:

- підсистему представлення знань;
- підсистему маніпулювання знаннями (механізм логічного виводу);
- підсистему генерації питань.

2.5. Параметри тестування

За допомогою вбудованих параметрів можна організувати різні способи проведення контролю

знань. За результатами аналізу існуючих систем можна виділити такі групи параметрів:

- тип контролю визначає вплив отриманої оцінки на подальші дії системи;
- налаштування ваг питань та відповідей дозволяє нараховувати менші бали за легші питання;
- шкала оцінювання призначена для підрахунку кінцевої оцінки; спосіб підрахунку балів за питання; можливість задання штрафних балів;
- кількість питань під час опитування;
- мінімальна кількість відповідей визначає, скільки відповідей повинен дати студент, щоб опитування було визнаним таким, що відбулося;
- організація групування питань за темами;
- схема проведення опитування задає умови закінчення опитування;
- спосіб формування вибірки питань визначає принцип включення питань до завдання, вибірку питань з кожної теми;
- спосіб подачі запитань задає порядок видачі питань у тесті, наприклад, випадковий вибір;
- задання часових рамок опитування обмежує час, який дається на виконання завдання.

Висновки

Запропоновані схема навчального процесу, класифікація тестових питань та можливості налаштування параметрів тестування у підсистемах автоматизованого контролю знань студентів в комп'ютерних системах навчання або системах тестування дають змогу ефективно аналізувати існуючі комп'ютерні системи навчання та більш об'єктивно визначити кращі види навчальних систем.

Результати досліджень також можуть бути корисними при розробці власної системи навчання з конкретної дисципліни з використанням різних механізмів генерації тестових завдань: інтерактивного, за допомогою шаблонів або реалізації інтелектуального генератора завдань, що базується на одній із представлених моделей подання знань.

Література

1. *Автоматизированные обучающие системы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ssl.obninsk.ru/web/002/index.nsf/index/aos>. – 8.11.2014.*
2. *Rash, G. Probabilistic Models for Some Intelligence and Attainment Tests [Text] / G. Rash. – Copenhagen : Danish Institute for Educational Research, 1960. – 184 p.*
3. *Win, J. van der Linden. Handbook of Modern Item Response Theory [Text] / Win J. van der Linden. R. K. Hambleton. – New York : Springer-Verlag, 1997. – 510 p.*

4. Белоус, Н. В. Дифференциальное оценивание знаний при дистанционном тестировании [Текст] / Н. В. Белоус, И. В. Куцевич // Штучний інтелект. – 2009. – № 1. – С. 63 – 73.
5. Santos, A. M. On-line assessment in ungraduated mathematics [Text] / A. M. Santos, P. A. Simões dos Santos, F. M. Dionisio // Proceedings of Second international conference on the teaching of mathematics. – Greece, 2002. – 139 p.
6. Ляхов, О. Л. Система оперативного контролю знань KTest V2+ [Текст] / О. Л. Ляхов, С. О. Захаров. – Полтава : ПолтНТУ, 2009. – 27 с.
7. Brusilovsky, P. Assessing Student Programming Knowledge with Web-based Dynamic Parameterized Quizzes [Text] / P. Brusilovsky, S. Pathak // Proceedings of World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications, AACE, 2002. – P. 1548 – 1553.
8. Cristea, P. Automatic Generation of Exercises for Self-testing in Adaptive E-learning Systems: Exercises on AC Circuits [Electronic resource] / P. Cristea, R. Tuduce. – Access mode: http://www.dcs.warwick.ac.uk/~acristea/AAAEN05/papers/4-AIED2K5_W9_PC_RT_1.pdf. – 8.11.2014.
9. Quevedo-Torrero, J. U. Goal oriented templates to dynamically assess knowledge, information technology [Text] / J. U. Quevedo-Torrero, A. D. Rodriguez-Bernal // Proceedings of ITNG'07 Fourth international conference on Information Technology. – USA, 2007. – P. 953 – 954.
10. Dynamic test generation over ontology-based knowledge representation in authoring shell [Electronic resource] / B. Žitko, S. Stankov, M. Rosić, A. Crubišić. – Access mode: http://www.academia.edu/3187332/Dynamic_test_generation_over_ontology-based_knowledge_representation_in_authoring_shell. – 8.11.2014.
11. Durlach, P. J. Adaptive Technologies for Training and Education [Text] / P. J. Durlach, A. M. Lesgold. – Cambridge : Cambridge University Press, 2012. – 380 p.
12. Enhanced Approach of Automatic Creation of Test Items to foster Modern Learning Setting [Text] / Ch. Gutl, K. Lankmayr, J. Weinhofer, M. Hofler // Electronic Journal of e-Learning. – 2011. – V. 9, Is. 1. – P. 23 – 38.
13. Агеев, В. Н. Электронные учебники и автоматизированные обучающие системы [Текст] / В. Н. Агеев ; общ. ред. Н. А. Селезнева. – М. : Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2001. – 80 с.
14. Уэно, Х. Представление и использование знаний [Текст] / Х. Уэно, М. Исудзука. – М. : Мир, 1989. – 220 с.
15. Зайцева, Л. В. Модели и методы адаптивного контроля знаний [Текст] / Л. В. Зайцева, Н. О. Прокофьева // Educational Technology & Society. – 2004. – V. 7(4). – P. 265 – 277.

Поступила в редакцію 8.11.2014, рассмотрена на редколлегии 18.11.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф., професор кафедри комп'ютерних та інформаційних технологій і систем О. Л. Ляхов, Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка, Україна.

ЭЛЕМЕНТЫ ТЕХНОЛОГИИ РЕАЛИЗАЦИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО АДАПТИВНОГО КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ В КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМАХ ОБУЧЕНИЯ

Е. Н. Гайтан

В статье проведена систематизация и классификация тестовых вопросов в системах тестирования и подсистемах оценивания знаний студентов. Проведен анализ методов генерации тестовых заданий и выделены основные функциональные возможности систем контроля качества знаний по обеспечению объективности процесса тестирования. Рассмотрены механизмы интеллектуальной генерации тестовых заданий на основе шаблонов и эталонной модели предметной области, которая основана на моделях представления знаний: логических и продукционных моделях, семантических сетях, а также фреймовых структурах.

Ключевые слова: генератор задач, модели представления знаний, тест, предметная область.

THE ELEMENTS OF TECHNOLOGY FOR IMPLEMENTING OF THE AUTOMATED ADAPTIVE STUDENTS' KNOWLEDGE CONTROL IN COMPUTER TUTOR SYSTEMS

E. N. Gajtan

The systematization and classification of test questions in systems of students' knowledge evaluation and testing systems are considered in the paper. An analysis of methods for generating test tasks and the main features of knowledge quality control systems to ensure the objectivity of the knowledge testing process are fulfilled. It is considered the mechanisms of intellectual generation of test tasks based on templates and knowledge domain model, which is based on models of knowledge representation: logical and production models, semantic networks and frame structures.

Keywords: task generator, knowledge representation models, quiz, test, knowledge domain.

Гайтан Олена Миколаївна – старший викладач, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава, Україна. e-mail: azalie@mail.ru.