

УДК 004.896

А. Мельник; Р. Пасічник, канд. фіз.-мат. наук

Тернопільський національний економічний університет

МЕТОД ГЕНЕРАЦІЇ ТЕСТОВИХ ЗАВДАНЬ НА ОСНОВІ СИСТЕМИ СЕМАНТИЧНИХ КЛАСІВ

Резюме. Досліджено проблему автоматизованої генерації тестових завдань в інтелектуалізованих інформаційних системах, проаналізовано існуючі підходи до вирішення цієї проблеми, розкрито їхні основні переваги та недоліки. Показано, що одним із можливих шляхів розв'язання цього завдання є створення системи семантичних класів, на основі якої доцільно створювати базу, яку використовують для автоматичної генерації тестових завдань. Створено метод генерації тестових завдань, який дозволяє генерувати тести з високою педагогічною цінністю. Показано, що даний метод має низку переваг над існуючими, що підтверджено експериментальними дослідженнями.

Ключові слова: навчальний процес, система семантичних класів, метод генерації тестових завдань.

A. Melnyk, R. Pasichnyk

METHOD OF TEST'S GENERATION BASED ON THE SYSTEM OF SEMANTIC CLASSES

The summary. In this paper the problem of automated test's generation is investigated, existing approaches to solve this problem is analized, described their main advantages and disadvantages. One of the possible ways of solving this problem is the creation of semantic classes, based on which it is expedient to create a base that is used for automatic test's generation. Created a method of test's generation that can generate tests with high pedagogical value. This method has several advantages over existing, as evidenced by experiments.

Key words: educational process, system of semantic classes, method of generating tests.

I. Постановка проблеми

У сучасних освітніх технологіях пріоритетними є індивідуалізація процесу навчання, збільшення самостійної роботи студента та розвиток дистанційних форм навчання. Недостатній розвиток технологій генерації завдань істотно гальмує розвиток цього напрямку [1]. У той час як багато досліджень у галузі комп'ютерного контролю знань зосереджені на питаннях валідності й надійності тестів [2], формування самого банку завдань здебільшого залишається винятково прерогативою викладача, який працює без використання інтелектуальних засобів автоматизації даного процесу.

Завдання, професійно розроблені експертом, високоякісні й зрозумілі [2]. Проте тут виникає проблема великих часових та інтелектуальних затрат на створення завдань, яка супроводжується питаннями педагогічної цінності сформованих тестів, а також захисту від угадування без залучення набутих знань. Вирішення даних проблем дозволить перейти на новий рівень у сфері комп'ютерної перевірки знань у процесі навчання.

II. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Серед відомих методів генерації тестових завдань необхідно відзначити методи параметризованих тестів, семантичних мереж, понятійно-тезисної моделі [2].

Суть методу параметризованих тестів полягає у поданні різним студентам шаблонного завдання, яке відрізнятиметься певними параметрами, що генеруються автоматично. Кожен студент отримує індивідуальне завдання, а система за певною формулою чи алгоритмом, підставляючи параметри, отримує правильну відповідь для

подальшої перевірки відповіді, уведеної студентом. Недоліком підходу є його вузька предметна спрямованість. Так, параметризовані тести добре підходять для організації контролю практичних навичок у точних науках і програмуванні [2], проте їх не можна використовувати для перевірки теоретичних знань, а також контролю у гуманітарних науках.

Метод на основі семантичних мереж ґрунтується на використанні тріад [2]. Завдання тесту будують упушенням однієї із ланок тріади і запитанням про ланку, якої не вистачає. Перевага даного підходу – здатність системи міркувати знаннями з предметної області. Недолік – відсутність формалізації алгоритму побудови завершеної цілісної семантичної мережі, яка б коректно відображала предметну область, а також лінгвістична незрозумілість, а іноді – недоцільність завдань, що генеруються.

Один із сучасних підходів – метод понятійно-тезисної моделі. Центральною структурною ідеєю для формування тестових завдань є зв'язок “навчальний матеріал” — “тези” — “поняття”. Генерація тестів відбувається на основі створених тестових шаблонів. Понятійно-тезисна модель передбачає можливість розширення множини класів користувачькими класами тез, що дозволяє розширювати модель і налаштовувати її для різних предметних областей. Переваги даного методу – краща, ніж у семантичних мережах, лексична зрозумілість, затрати часу на створення бази понять та тез є меншими, ніж для створення великої бази завдань уручну, а також описання повної семантичної мережі. Недоліки методу:

- з педагогічної точки зору надмірне обмеження структури тесту рамками понять та тезисів, оскільки в практиці формування тестових завдань часто трапляються „тезисно-тезисні” конструкції доволі складної структури;
- неструктурованість представлення тез у даному методі обмежує складність тестового завдання, оскільки не аналізуються окремі частини самої тези;
- запропонована авторами структура класів не обґрунтована, що породжує невизначеність у їх наповненні й може спричинити формування альтернатив з низькою педагогічною цінністю.

Отже, описані вище підходи не керують складністю тестових завдань, а також допускають значні семантичні та лексичні невідповідності у їхніх текстах. Це породжує завдання розробити метод, який би усував згадані недоліки.

III. Мета роботи

Створити систему семантичних класів, а також побудувати на її основі метод автоматичної генерації тестових завдань.

IV. Постановка завдання

Необхідно виділити такі основні завдання дослідження:

- систематизацію основних проблем, які виникають у процесі формалізації навчальних матеріалів, та вибір шляхів їх розв'язання;
- розроблення системи семантичних класів, яка дозволить формалізувати подання навчальних матеріалів із зберіганням їхньої педагогічної цінності;
- створення на базі системи семантичних класів методу автоматизованої генерації тестових завдань, який дозволить отримувати кращі результати порівняно з існуючими.

V. Система семантичних класів

На неформальному рівні знання та тестові завдання подаємо в лінгвістичній формі. Розглянемо її особливості.

До основних функцій мови традиційно належать комунікативна, когнітивна (пізнавальна), емоційна та металінгвістична [3]. На наш погляд, металінгвістичну функцію можна зарахувати до когнітивної. Таким чином, обмежимося трьома основними функціями мови та її текстового подання.

Найважливішою для формування тестів є пізнавальна функція. Її суть – розв’язання проблем, де під проблемою розуміємо задачу, яку необхідно розв’язати [4]. Постановка задачі передбачає формулювання її умови та мети, якої необхідно досягнути. Формулювання задачі має бути компактным, тому використовуємо спеціальну термінологію, яка формується на основі певних означень. Розв’язання проблем здійснюємо за допомогою спеціальних інструментів – методів розв’язання проблеми, оскільки під методом розуміємо систематизовану сукупність кроків, дій, які необхідно здійснити для досягнення певної мети [5].

Складовими елементами описання методу можна вважати характеристики проблеми, яку він вирішує, форми подання вхідної інформації, перелік допоміжних методів, основну ідею методу, побудову додаткових структур, сукупність кроків методу. Тут під кроком розуміємо сукупність відомих дій або методів. Одну і ту ж задачу, як правило, можна розв’язувати різними методами. Обґрунтований вибір методу можна здійснити на основі описання його ефективності, тобто доцільності використання методу в певних умовах. Формальне описання методу допускає його неоднозначне трактування, а його повне описання породжує значну надлишковість. Тому для забезпечення правильного використання методу використовують приклади його конкретної реалізації.

Виходячи з наведеного аналізу, для повної характеристики пізнання деякої предметної області необхідно передбачити такі абстрактні когнітивні класи: означення, проблеми, методи, ефективність методів, приклади реалізації методів. Структура когнітивних класів має забезпечити їхню ідентифікацію у процесі аналізу довільного текстового масиву (рисунок 1). Для кожної предметної області формуємо відповідні екземпляри когнітивних класів (когнітивні об’єкти), які також мають ідентифікуватися на конкретних текстах. Набір найзагальніших проблемних когнітивних об’єктів визначатиме структуру предметної області, яка служитиме базою для аналізу її нових текстів. У процесі аналізу нових текстів структура предметної області може модифікуватися. Компоненти структури предметної області (розділи, підрозділи) служать основою для класифікації тестових завдань.

VI. Метод генерації тестових завдань на основі системи семантичних класів

Запропонована система когнітивних класів дозволяє розбивати розділ (підрозділ) тексту певної предметної області на сукупності семантично близьких тверджень. Кожне твердження розбиваємо на компоненти, які описують процеси, поняття або їхні характеристики. Компоненти можуть поєднуватися сполучниками або сполучними словами. Стосовно когнітивного класу ці компоненти можна типізувати за їхнім лінгвістичним змістом і формалізувати в певних структурах даних разом із їхніми зв’язками.

Для генерації тесту деяке твердження розбиваємо на основну та альтернативну частини, які можуть містити одну або кілька компонент. Альтернативну частину тесту поповнюємо аналогічними за лінгвістичним змістом, синтаксично узгодженими частинами інших тверджень. Синтаксичне узгодження забезпечується, коли зв’язки компонент тверджень однорідні за типами та числами.

Деталізуємо запропонований підхід на прикладі семантичного класу „Означення”. У цьому класі виділимо такі логічні атрибути, як: „назва означуваного поняття” (*NmC*), „базова компонента” (*BC*), „уточнююча компонента” (*SC* – specified component), „зв’язок” (*CNJ* – conjunctive), „тип зв’язку” (*TCNJ*). При безпосередньому використанні даної структури даних, завдяки відмінній кількості уточнюючих компонент, у різних означеннях виникає надлишковість подання. Для усунення надлишковості доцільно використати реляційне зображення деревовидної структури даних. При цьому логічні атрибути „назва означуваного поняття”, „базова компонента”, „уточнююча компонента” можуть бути подані одним полем „компонента твердження” (*CS*). Крім того, мають бути використані поля логічних атрибутів *CNJ*, *TCNJ*, а також

поля для зображення деревовидної структури, тобто ідентифікатор елемента дерева (IE) і посилання на батьківський елемент дерева (Prn_IE). Таким чином отримуємо відношення, яке відображає текстове означення Df_i визначеної структури з довільною кількістю компонент:

$$Df_i = \{ \{ IE_{i,j}, CS_{i,j}, CNJ_{i,j}, TCNJ_{i,j}, Prn_IE_{i,j} \} \}, \quad (1)$$

$$i = \overline{1, ND}, \quad j = \overline{1, NC_i}, \quad (2)$$

де ND – кількість означень конкретного семантичного об'єкта, NC_i – кількість компонент i -го означення.

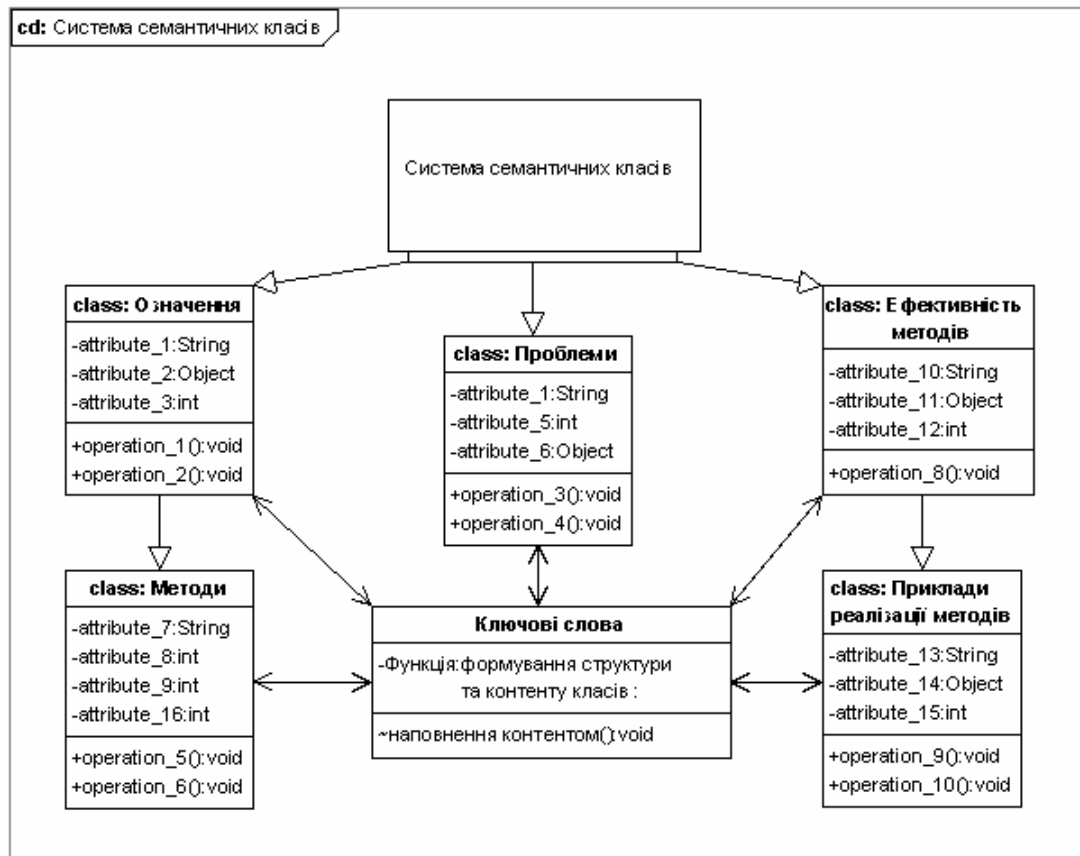


Рисунок 1 – Структура системи семантичних класів

При цьому кожне означення зображаємо деревовидною структурою, у якій виділяємо записи для подання назв означуваних понять (3), базових (4) та уточнюючих компонент:

$$(Pr_IE_i = 0) \Rightarrow (CS_i \in \{NmC\}) \cap (IE_i \in \{IE_0\}) \cap (TCNJ_i \neq NULL), \quad (3)$$

$$(Pr_IE_{i,j} \in \{IE_0\}) \Rightarrow (CS_{i,j} \in \{BC\}), \quad (4)$$

де $\{NmC\}$ – множина назв означуваних понять семантичного об'єкта, $\{IE_0\}$ – множина ідентифікаторів назв означуваних понять, $\{BC\}$ – множина назв базових понять.

Отже, нульовий ідентифікатор батьківського елемента в співвідношенні (3) показує, що компонента цього елемента є назвою означуваного поняття, його ідентифікатор потрапляє у множину $\{IE_0\}$, і тип зв'язку в реченні має бути визначеним. Якщо значення ідентифікатора батьківського елемента належить множині $\{IE_0\}$, то компонента цього елемента є базовим поняттям твердження, тобто належить множині $\{BC\}$.

На основі бази тверджень можемо сформуванати набір тестових завдань із заданими параметрами у вигляді динамічної структури. Під обсягом тесту розуміємо кількість тестових завдань NTT , а під параметрами тестового завдання – максимальну кількість альтернатив m_a , кількість правильних альтернатив t_a та рекомендовану кількість компонент основи тестового завдання k . Динамічна природа тестового завдання підвищує його варіативність та забезпечує автоматичну генерацію його ключа.

Структура тестового завдання TT_i^{k,m_a,t_a} містить дві компоненти – основу BTT_i^k та множину альтернатив $SATT_i^{m_a,t_a}$:

$$TT_i^{k,m_a,t_a} = [BTT_i^k, SATT_i^{m_a,t_a}], \quad (5)$$

$$BTT_i^k = \{IBC_{i,j}, IE_{i,j}, CS_{i,j}, CNJ_{i,j}, TCNJ_{i,j}, \text{Pr } n_IE_{i,j}\}, \quad (6)$$

$$i = \overline{1, NTT}, \quad j \leq k, \quad (7)$$

де IBC ідентифікатор компоненти основи тестового завдання.

Множина альтернатив тестового завдання складається з елементів $ATT_{i,l}^{m_a,t_a}$:

$$SATT_i^{m_a,t_a} = \{ATT_{i,l}^{m_a,t_a}\}, \quad (8)$$

$$ATT_{i,l}^{m_a,t_a} = \left\{ \begin{bmatrix} IAC_{l,j}, IEA_{l,j}, IE_{l,j}, CS_{l,j}, CNJ_{l,j}, \\ TCNJ_{l,j}, \text{Pr } n_IE_{l,j} \end{bmatrix} \right\}, \quad (9)$$

$$l \leq m_a, \quad k \leq j \leq NC_l, \quad (10)$$

де IAC – ідентифікатор компоненти альтернативи тестового завдання, $IEA_{l,j}$ – ідентифікатор компоненти альтернативи у структурі означень (1), l позначає номер означення, частиною якого є альтернатива. Якщо $l = i$, то альтернатива правильна, якщо $l \neq i$ – альтернатива не правильна. При цьому для включення у тестове завдання батьківська компонента альтернативи у відношенні (1) повинна мати той же тип сполучника, що і остання компонента відповідного тестового завдання у відношенні (6). У наведених структурах більшість полів просто копіюються з таблиці означень (1). Однак вказівники на батьків формуються складніше. Для перших компонент основ тестових завдань та альтернатив згадані вказівники копіюються з таблиці означень. Для наступних компонент вказівні містять значення ідентифікаторів попередніх компонент у динамічній структурі.

Після проведення тестового контролю вибрані альтернативи можемо перевірити на достовірність за допомогою такого правила. Якщо вміст вказівника на батька першої компоненти альтернативи співпадає з ідентифікатором елемента означення останньої компоненти відповідної основи тесту, то альтернатива правильна, в іншому випадку вважаємо її неправильною. При цьому перша компонента альтернативи ідентифікується за тим, що значення її вказівника не дорівнює ідентифікатору попереднього елемента, а остання компонента основи тесту ідентифікується за тим, що вона є останньою у структурі, тобто значення вказівника наступної компоненти не співпадає з її ідентифікатором.

VI. Експериментальні дослідження

На основі описаного вище методу проведено експериментальні дослідження, які дозволили підтвердити коректність та оцінити якість згенерованих тестових завдань. На рисунках 2 і 3 продемонстровано завдання з невисоким та високим рівнем складності, які не містять явно хибних альтернатив, тобто альтернатив з низькою педагогічною складністю. Складність тестового завдання у даному випадку оцінюємо за кількістю компонент, які використані для створення тестових альтернатив. Фрагмент

контенту семантичного класу «Означення», на основі якого проводимо генерацію наведених завдань, зображено на рисунку 4.

Запитання №1 SQL -

Варіанти відповідей

- ☒ мова структурованих запитів, яка застосовується для взаємодії користувача з базами даних
- ☐ мова структурованих запитів, яка описує кінцеві дані, однак, не вказує, які саме операції слід виконати для отримання цих даних
- ☐ оператор мови, який застосовується для взаємодії користувача з базами даних
- ☐ параметр, який групує рядки таким чином, щоб функція агрегації могла бути застосована до кожної групи

Рисунок 2 – Приклад згенерованого завдання з невисокою складністю

Запитання №2 SQL - мова структурованих запитів, яка

Варіанти відповідей

- ☒ застосовується для взаємодії користувача з базами даних
- ☐ описує кінцеві дані, однак, не вказує, які саме операції слід виконати для отримання цих даних
- ☐ повертає рядки з однієї чи багатьох таблиць
- ☐ групує рядки, що мають спільну властивість таким чином, щоб функція агрегації могла бути застосована до кожної групи

Рисунок 3 – Приклад згенерованого завдання з високою складністю

У таблиці 1 проведено порівняльний аналіз існуючих методів генерації тестових завдань на основі системи семантичних класів, який дозволяє оцінити переваги його застосування у комп'ютеризованих системах контролю знань.

IE	CS	CNJ	TCNJ	Pm_IE
1	SQL	-	1	0
2	мова структурованих запитів	яка	2	1
3	застосовується для формування запитів, оновлення і керування реляційними БД		0	2
4	застосовується для взаємодії користувача з базами даних		0	2
5	не є ні системою керування базами даних, ні окремим програмним продуктом.		0	2
6	застосовується для здійснення запиту і внесення змін до бази даних		0	2
7	SELECT	-	1	0
8	оператор мови	який	2	7
9	повертає рядки з однієї чи багатьох таблиць		0	8
10	описує кінцеві дані, однак, не вказує, які саме операції слід виконати для отриманн		0	8

Рисунок 4 – Фрагмент контенту семантичного класу «Означення» для дисципліни «Реляційні бази даних»

Таблиця 1 – Порівняння методів генерації тестових завдань

Метод	Критерії оцінювання				
	Технологія формування	Витрати	Перевірка теоретичних знань	Мінімальна педагогічна цінність	Контроль складності
«Ручне» створення тестів	ручне наповнення	дуже високі, ручне формулювання основ та альтернатив	можлива	достатня	присутній
Параметризовані тести	ручне наповнення, поповнене параметрами	високі, ручне формулювання основ тестів	відсутня	достатня	присутній
Семантичні мережі	необхідна повна формалізація предметної області	дуже високі (повна формалізація предметної області)	можлива	недостатня	відсутній
Понятійно-тезисна модель	нерегламентоване виділення семантичних одиниць	невисокі (проте можливі, низькоякісні альтернативи)	можлива	недостатня	відсутній
Система семантичних класів	регламентоване виділення семантичних одиниць	порівняно невисокі, (побудова семантичних класів)	можлива	достатня	присутній

VII. Висновок

Метод генерації тестових завдань на основі системи семантичних класів дозволяє отримувати завдання, що мають педагогічну цінність, а також з контрольованим рівнем складності, оскільки семантичні класи будуються на основі семантично однорідних частин навчальних матеріалів, а їхня структура дозволяє дозувати кількість компонент тестових альтернатив. Порівняно з існуючими розробленим методом дозволяє:

- на відміну від параметризованих тестів точно перевіряти рівень засвоєння теоретичних знань;
- порівняно з тестовими, що генеруються на основі семантичних мереж, такі завдання лексично зрозуміліші, що позитивно впливає на якість контролю, менш затратні за часом при формалізації навчального матеріалу;
- на відміну від понятійно-тезисної моделі розроблений метод дозволяє генерувати тестові завдання складної структури, а обґрунтована структура семантичних класів допомагає уникати неправильних класифікаційних відношень у процесі формалізації навчального матеріалу.

Література

1. Генераторы тестовых заданий и вопросов в современных образовательных технологиях: (итоги XIV Всероссийской научно-методической конференции "Телематика - 2007") [Электронный ресурс] / В.В. Кручинин // Материалы конференций. – 2007. – Режим доступа до журн.: <http://www.ict.edu.ru/vconf/files/8910.pdf>
2. Генерація тестових завдань у системі дистанційного навчання на основі моделі формалізації дидактичного тексту: [Електронний ресурс] / С.В. Титенко // Наукові вісті НТУУ "КПІ" – 2009. – №4. – С.47–57. – Режим доступа до журн.: <http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/nvbkpi/2009/01.pdf>
3. Лингвистический энциклопедический словарь. Функции языка: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tapemark.narod.ru/les/564b.html>
4. Проблема: (Материал из википедии — свободной энциклопедии): [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/> Проблема
5. Метод: (Материал из википедии — свободной энциклопедии): [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/> Метод

Одержано 08.02.2010 р.