

## АВТОМАТИЧНА ГЕНЕРАЦІЯ ТЕСТОВИХ ЗАВДАНЬ РІЗНИХ ТИПІВ

*В статті розглянуто основні проблеми, які виникають під час автоматичної генерації тестових завдань, запропоновано методику та алгоритми генерації тестових завдань різних типів, які характеризуються достатньою педагогічною цінністю.*

*Main problems of automatic generation of test's tasks are considered; methodology and algorithms for generating test tasks of various types of sufficient pedagogical value are proposed.*

Ключові слова: навчальні системи, системи комп'ютеризованого контролю, генерація тестових завдань.

### Вступ

В сучасних умовах розвитку новітніх технологій та інформатизації суспільства актуальною є задача постійного оновлення знань спеціалістів. Важливу роль в її розв'язанні відіграють комп'ютерні засоби навчання. Застосування інформаційних технологій в навчанні дозволяє індивідуалізувати процес навчання, забезпечити оперативний самоконтроль і контроль з діагностикою помилок і оберненим зв'язком. Одним із основних способів контролю знань в навчальних системах залишається тестування, яке, крім контрольної функції застосовується для навчання, тренінгу, розвитку когнітивних здібностей [1]. Проблеми автоматизації процесу тестування і обробки його результатів достатньо повно досліджені в літературі. Однак, задачі автоматизації формування банку завдань досліджені неповно. Поряд із цим новітні інформаційні технології дають можливість суттєво зменшити трудові затрати на створення самих тестових завдань з можливістю їх постійного оновлення, що формує актуальний напрямок наукових досліджень.

### Аналіз досліджень та публікацій

Різноманітним аспектам тестування, створення і застосування навчальних і тестувальних систем на базі сучасних інформаційних технологій, питанням розробки баз даних і баз знань програмних систем присвячені численні праці українських та зарубіжних науковців: Аванесова В. С., Башмакова І. А., Клайна П., Гагаріна О. О., Титенка С. В., Пасічника В. В., Тонкононого В. М., Brusilovsky P., Schwarz, Weber. Більшість з них здійснювали дослідження в сфері проведення тестувань, наповнення бази тестових завдань за допомогою засобів підтримки ручного створення тестових завдань, безпеки процесу тестування і відтворення результатів. Особливо необхідно відзначити дослідження в напрямку автоматизації створення тестових завдань, оскільки цей напрямок є одним з найактуальніших напрямків досліджень [1, 2].

Серед відомих засобів автоматичної генерації тестових завдань необхідно відзначити методи параметризованих тестів, використання семантичних мереж, а також використання понятійно-тезисної моделі. Основними недоліками даних підходів є створення завдань з низькою педагогічною цінністю, відсутність аналізу складності завдань, а також значні витрати на підготовку вхідної інформації. Тому виникає задача розробки методології, направленої на розв'язання даних проблем.

### Формалізація навчальних матеріалів на основі системи семантичних класів

Одним із ефективних підходів в розв'язанні проблем автоматизованої побудови адаптивної системи тестових завдань на основі формалізації навчальних матеріалів, на наш погляд, служить система семантичних класів, запропонована в [3]. Дана роботи присвячена її подальшому розвитку. Згадана система ґрунтується на системному аналізі змісту навчального матеріалу, представленого в лінгвістичній формі. Викладемо суть згаданого аналізу. Як відомо, основними лінгвістичними функціями є комунікативна, когнітивна (пізнавальна), емоційна та мета лінгвістична. Найважливішою з точки зору отримання знань слід вважати пізнавальну. Цією функцією можна й обмежитися на початковому етапі формалізації знань. Процес пізнання направлений на розв'язання проблем. Для економічного представлення суті проблеми необхідне використання певного понятійного апарату. Способи розв'язання проблем формалізуються за допомогою методів. Опис методу формалізується за допомогою його схеми. Обґрунтований вибір методу можна здійснити на основі аналізу його ефективності, тобто доцільності використання методу в певних проблемних ситуаціях. Формальний опис методу припускає неоднозначне трактування. Для забезпечення вірного розуміння суті методу використовують описи його застосування в ключових проблемних ситуаціях. Виходячи з наведеного аналізу, для формалізованої характеристики знань деякої предметної області достатньо передбачити наступні абстрактні когнітивні класи: означення, проблеми, методи, ефективність методів, проблемні ситуації.

Запропонована система когнітивних класів дозволяє поділити розділ (підрозділ) тексту певної предметної області на сукупності тверджень. Кожне твердження розбиваємо на компоненти, які описують процеси, поняття або їх характеристики. Компоненти поєднуються в речення сполучниками або сполучними словами. Стосовно когнітивного класу ці компоненти разом з їхніми зв'язками можна типізувати за їх лінгвістичним змістом і формалізувати за допомогою деревовидних структур даних.

Для генерації тесту деяке твердження розбивається на основну та альтернативну частини, які можуть містити одну або декілька компонент. Альтернативна частина тесту поповнюється аналогічними за лінгвістичним змістом, синтаксично узгодженими, частинами інших тверджень. Синтаксичне узгодження

забезпечується, коли зв'язки компонент тверджень є однорідними за типами та числами [3, 4]. Розглянемо опис інформаційних структур для семантичних класів, враховуючи структурні особливості класів та відповідно контенту їх наповнення.

Оскільки знання представляються у структурованій лінгвістичній формі, їх можна відобразити за допомогою відношення (1):

$$Df_i = \left\{ \left[ IE_{i,j}, CS_{i,j}, CNJ_{i,j}, TCNJ_{i,j}, Prn_{IE_{i,j}}, Id_{class} \right] \right\}, \quad (1)$$

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

де  $Df_i - i$  - текстове твердження, яке формалізує певну сутність конкретного семантичного класу,

$IE$  - ідентифікатор  $j$ -ї компоненти  $i$ -го твердження;

$CS$  - зміст компоненти;

$CNJ$  - представлення зв'язку між компонентами тверджень;

$TCNJ$  - тип зв'язку між компонентами;

$Prn_{IE}$  - посилання на батьківський елемент дерева (ідентифікатор відповідної компоненти);

$Id_{class}$  - ідентифікатор семантичного класу;

$ND$  - кількість тверджень конкретного семантичного об'єкта;

$NC_i$  - кількість компонент  $i$ -го твердження.

Відношення (1) дозволяє формалізувати сутності більшості семантичних класів, а саме класів „означення”, „проблема”, „метод”, „ефективність методів”. На рис. 1 представлено фрагмент контенту для семантичного класу „Означення”.

	IE	CS	CNJ	TCNJ	Prn_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

Рис. 1. Фрагмент контенту семантичного класу «Означення» для дисципліни «Основи SQL»

Початкова компонента твердження, яка має суттєве значення в фіксації правильності згенерованих тверджень, визначається із врахуванням обмежень (3):

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

де  $\{NmC\}$  - множина основних компонент тверджень семантичного об'єкта;

$\{IE_0\}$  - множина ідентифікаторів основних компонент.

Крім текстових тверджень, інформативні матеріали (знання) часто представляються у вигляді різноманітних схем, алгоритмів тощо. Це стосується в основному опису певних дій, тобто відноситься до семантичного класу «метод». Схеми дозволяють зрозуміти сутність методу та особливості його застосування. Схему методу можна представити у вигляді інформаційної структури (4):

$$Sm_i = \left\{ \left[ IE_{i,j}, Cp_{i,j}, CS_{i,j}, Prn_{IE_{i,j}}, SN_{i,j}, Id_{class}, Op_{Dsc_{i,j}} \right] \right\}, \quad (4)$$

де  $Sm_i$  - схема методу;

$IE_{i,j}$  - ідентифікатор елемента дерева;

$Cp_{i,j}$  - ідентифікатор обов'язковості елемента;

$CS$  - компонента схеми;

$Prn_{IE_{i,j}}$  - посилання на батьківський елемент;

$SN$  - назва методу;

$Id_{class}$  - ідентифікатор семантичного класу;

$Op_{Dsc}$  - лінгвістичний опис операцій. На рис. 2 подано приклад контенту семантичного класу «метод» для інтерпретації методу «вибірка даних».

IE	Ср	CS	Id_Prn	SN	Id_class	Op_Describe
1	1	SELECT	0	Вибірка даних	2	Вибрати
2	1	FROM	1	Вибірка даних	2	З
3	0	WHERE	2	Вибірка даних	2	За умовою
4	0	GROUP BY	2	Вибірка даних	2	Згрупувати
5	0	HAVING	2	Вибірка даних	2	Включати
6	0	ORDER BY	2	Вибірка даних	2	Впорядкувати
7	1	DELETE	0	Видалення даних	2	Видалити
8	1	FROM	7	Видалення даних	2	З

Рис. 2. Фрагмент контенту семантичного класу «Метод» для методу «Вибірка даних»

Необхідно відзначити, що формалізоване представлення схеми методу дозволить автоматично генерувати не тільки тестові завдання «закритого типу» різноманітних видів, але і можливе використання для побудови тестів «відкритого типу» для інтерпретації та розв'язання різноманітних проблемних ситуацій.

#### Автоматична генерація тестових завдань різних типів

В сучасних системах тестування використовуються завдання різноманітних типів, що дозволяє підвищити якість контролю та використовувати сам процес тестування як один із засобів ефективного навчання. Основними видами тестових завдань, які використовуються в комп'ютеризованих тестових системах, є наступні:

- множинний вибір (необхідно обрати одну або декілька правильних відповідей із множини альтернатив);
- альтернативні (питання типу вірно або невірно, так або ні);
- кількісні питання (відповіддю на дане питання є число);
- питання на встановлення відповідності (альтернативи представляються у двох стовпчиках, необхідно відновити зв'язок споріднених альтернатив);
- заповнення прогалін у тексті (необхідно заповнити прогалини у самому запитанні);
- завдання перестановки (відновлення правильної послідовності компонент у твердженні).

Запропонована в [3] методика та алгоритми автоматичної генерації тестових завдань, що ґрунтується на формалізації навчальних матеріалів за допомогою системи семантичних класів, в даній роботі розповсюджуються на формування тестових завдань вищевказаних типів. В загальному випадку тестове завдання складається із основи тесту та множини альтернатив, яку можна представити наступним чином:

$$TT^{i(k)}(m_a, t_a) = [BTT^{i(k)}, SATT^{i(k)}(m_a, t_a)], \quad (5)$$

де  $TT^{i(k)}(m_a, t_a)$  – структура тестового завдання;

$BTT^{i(k)}$  – основа тесту;

$SATT^{i(k)}$  – множина альтернатив;

$m_a$  – максимальна кількість альтернатив;

$t_a$  – кількість правильних альтернатив;

$k$  – кількість компонент основи тестового завдання.

Основа тестового завдання  $BTT^{i(k)}$  представляється у вигляді (6)–(7):

$$BTT^{i(k)} = \left\{ \left[ IBC_{i,j}, IE_{i,j}, CS_{i,j}, CNJ_{i,j}, TCNJ_{i,j}, Pr n_{-} IE_{i,j} \right] \right\}, \quad (6)$$

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

де  $IBC_{i,j}$  – ідентифікатор компоненти основи тестового завдання.

Генерування множини альтернатив  $SATT^{i(k)}$  описане співвідношеннями (8)–(9)

$$SATT^{i(k)}(m_a, t_a) = \left\{ ATT_{l(n)}^{i(k)}(m_a, t_a) \right\}, \quad (8)$$

$$ATT_{l(n)}^{i(k)}(m_a, t_a) = \left\{ \left[ IAC_{l(n),j}, IEA_{l(n),j}, CS_{l(n),j}, CNJ_{l(n),j} \right], \left[ TCNJ_{l(n),j}, Pr n_{-} IE_{l(n),j} \right] \right\}, j > n, \quad (9)$$

де  $ATT_{l(n)}^{i(k)}$  – елементи альтернатив;

$IAC$  – ідентифікатор компоненти альтернативи тестового завдання;

$IEA$  – ідентифікатор компоненти альтернативи у структурі тверджень (1)–(2);

$l$  – ідентифікує номер твердження, частиною якого є альтернатива;

$n$  – рівень його точки розриву.

Узгодженість типів зв'язків між компонентами, які формують тестове завдання, забезпечується умовою:

$$TCNJ_{i(k),j[k]} \equiv TCNJ_{l(n),j[2n]}, \quad (10)$$

де  $j[k]$  – позначає номер довільної компоненти деревовидної структури рівня  $k$ .

Вірність згенерованої альтернативи тестового завдання визначається умовою (11):

$$(i = l) \wedge (k = n) \quad (11)$$

На рис. 3 схематично зображено процес генерації тестового завдання множинного типу для семантичного класу «Означення». На даній схемі представлено тестове завдання, яке складається з чотирьох альтернативних варіантів відповідей. Як видно з даного рисунку основа тестового завдання  $BTT^{1,2}(j=2)$  складається з двох компонент твердження, а альтернативні варіанти  $ATT_{1,2}^{1,2}(m_a=4, t_a=1)$  формуються шляхом маніпулювання відповідними компонентами інших тверджень, але узгоджених за типами зв'язків між ними, які на рисунку представлені кольорами верхніх частин блоків. Точка розриву між компонентами показана штриховою лінією. Твердження можуть використовуватися як для формування основи тесту, так і його альтернатив.

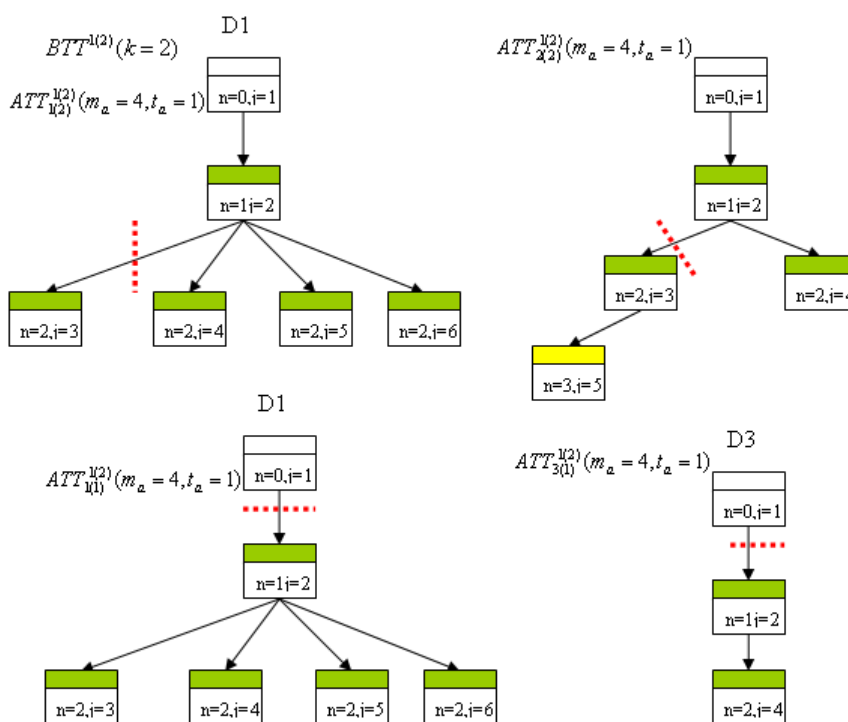


Рис. 3. Схема генерації тестового завдання

В загальному випадку алгоритм генерації тестового завдання множинного типу можна описати за допомогою наступної послідовності кроків:

1. обрати розділ навчального матеріалу та семантичний клас;
2. обрати екземпляр семантичного класу;
3. обрати випадкову точку розриву, нехай її рівень –  $k$ ;
4. зафіксувати основу тесту, першу вірну альтернативу, та тип зв'язку першої компоненти цієї альтернативи  $TCNJ(true)$ ;
5. обираємо  $t_a^* - 1 \leq t_a - 1$  нижніх частин гілок рівня  $k$  вибраного екземпляра, формуючи вірні альтернативи;

6. обираємо випадкові екземпляри класу в кількості  $m_a - t_a^*$ , в яких присутній тип зв'язку  $TCNJ(true)$ . Вибираємо випадкову точку розриву по елементах із типом зв'язку  $TCNJ(true)$ ;

7. якщо вибраний випадково екземпляр співпадає із екземпляром основи тесту, то рівень точки розриву не повинен дорівнювати  $k$ , що забезпечує формування невірної альтернативи.

На рис. 4 представлено приклад згенерованого тестового завдання множинного типу:

**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

Компоненти твердження

Тип зв'язку

Рис. 4. Тестове завдання множинного типу для дисципліни «Основи SQL»

Для генерації тестових завдань альтернативного типу використовується алгоритм, що є модифікацією попередньо представленого:

1. обрати розділ навчального матеріалу та семантичний клас;
2. обрати екземпляр семантичного класу;
3. обрати випадкову точку розриву, нехай її рівень –  $k$ ;
4. зафіксувати першу частину основи тесту та тип зв'язку наступної компоненти;
5. випадковим чином обрати істинність другої частини основи тесту;
6. перша компонента другої частини основи тесту повинна мати узгоджений тип зв'язку. При її істинності вона вибирається із фіксованого екземпляру, а за хибності – з інших екземплярів.

На рис. 5 зображено приклад згенерованого за наведеним алгоритмом тестового завдання альтернативного типу.

**Запитання №28 SELECT - оператор мови, який повертає рядки з однієї чи багатьох таблиць**

(Тип: 1; Стан: Запитання вимкнене)

- Так
- Ні

Рис. 5. Тестове завдання альтернативного типу для дисципліни «Основи SQL»

Для генерації тестових завдань на встановлення відповідності використовується модифікований алгоритм для завдань множинного типу із деякими особливостями, а саме:

- 1) обираємо множину екземплярів семантичного класу;
- 2) назви екземплярів переносимо в один стовпчик, а решту компонент екземплярів – випадковим порядком в інший стовпчик;
- 3) випадковим чином переставляємо елементи кожного із стовпчиків.

На рис. 6 зображено приклад згенерованого тестового завдання на встановлення відповідності:

**Встановіть правильні відповідності**

SQL -	мова структурованих запитів, яка застосовується для взаємодії користувача з базами даних
ORDER BY -	параметр, який вказує порядок повернення рядків
WHERE -	параметр, який вказує, які рядки слід вибрати
SELECT	оператор мови, який повертає рядки з однієї чи багатьох таблиць

Рис. 6. Тестове завдання на встановлення відповідності для дисципліни «Основи SQL»

Для генерації тестових завдань на відновлення прогалин у тексті необхідно виконати наступну послідовність кроків:

1. на основі екземпляру формуємо випадкове твердження;
2. випадковим чином обираємо компоненту, яку замінюємо «прогалиною»;
3. обрану компоненту переносимо в множину альтернатив;
4. інші альтернативи обираємо з компонент інших екземплярів класу того самого рівня, узгоджених по типу зв'язку  $TCNJ(true)$ .

На рис. 7 зображено приклад згенерованого тестового завдання типу «на відновлення прогалин у тексті»:

**Запитання №30 SELECT - ....., який повертає рядки з однієї чи багатьох таблиць**

(Тип: 1; Стан: Запитання включене)

- параметр
- оператор мови

Рис. 7. Тестове завдання на відновлення прогалин у тексті для дисципліни «Основи SQL»

Запропонована методика дозволяє автоматично генерувати тестові завдання різних типів з достатньою педагогічною цінністю завдяки вибору альтернатив та базових тверджень із певного фрагменту навчального матеріалу, узгоджених за семантичним класом та типом зв'язку.

### Висновки

В статті обґрунтовано актуальність досліджень в сфері автоматичної генерації тестових завдань, проаналізовано основні відомі підходи, визначено основні напрями розвитку даної проблематики.

В результаті проведених досліджень встановлено, що запропоновані в [3] структури семантичних класів слугують основою алгоритмів автоматичної генерації тестів різноманітних типів, які на відміну від існуючих володіють більшою варіативністю структури та мають достатню педагогічну цінність. Розроблено програмне забезпечення, що реалізує описані методи та алгоритми та застосовується для проведення тестового контролю.

### Література

1. Сергушичева А. П. Метод и алгоритмы автоматизированного построения компьютерных тестов контроля знаний по техническим дисциплинам: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 05.13.01 / Вологодский государственной технической университет / А. П. Сергушичева. – СПб, 2007. – 18 с.
2. Титенко С. В. 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 доступу: <http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/nvkrpi/2009/01.pdf>
3. Мельник А. М. Метод генерації тестових завдань на основі системи семантичних класів / А. М. Мельник, Р. М. Пасічник // Вісник ТДТУ. – 2010. – Том 15. – № 1. – С. 187– 193.
4. Melnyk A., Pasichnyk R. System of semantic classes for test's generation. Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science. Proceedings of the International Conference TSCET'2010. Lviv-Svavske, Ukraine February 23– 27, 2010. – P. 206– 207.

Надійшла 20.9.2010 р.

УДК 621.327

А.С. МОСТАВЛЮК

Хмельницький національний університет

## ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ПАКЕТУ AWR DESIGN ENVIRONMENT В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ

*Проаналізовано необхідність застосування сучасних комп'ютерних технологій у навчальному процесі підготовки спеціалістів в галузі електроніки та радіотехніки, а саме при вивченні дисциплін, пов'язаних з освоєнням техніки надвисокочастотного діапазону. Визначено переваги використання програмного середовища Awr Design Environment як альтернативи сучасної віртуальної лабораторії.*

*Necessity of application of modern computer technologies for educational process of preparation of experts in the field of electronics and a radio engineering is analyzed, namely at studying of the disciplines connected with development technicians of a superhigh-frequency range. Advantages of program Awr Design Environment as alternatives of modern virtual laboratory are defined.*

Ключові слова: навчальний процес, програмне середовище, надвисокочастотні пристрої, лабораторний макет.

### Вступ

До навчальних планів таких дисциплін, як «Електронні апарати», «Радіотехніка» та ін., входить ряд дисциплін, метою яких є вивчення техніки надвисокочастотного (НВЧ) діапазону. Організація процесу освоєння таких дисциплін має певні труднощі. Сучасна навчальна лабораторія НВЧ техніки вимагає складного обладнання, яке швидко розвивається, та відповідного кваліфікованого обслуговування [1, 2]. Для ефективного навчання необхідно, щоб кожний студент мав можливість самостійно спроектувати, відлагодити і дослідити НВЧ пристрій чи його елемент. А це не завжди є можливим при використанні навчальних макетів, крім того призводить до збільшення тривалості часу навчання.