МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Мельник Андрій Миколайович

УДК 004.415:378.147

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ АВТОМАТИЧНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ ТЕСТОВИХ ЗАВДАНЬ З КЕРОВАНОЮ СКЛАДНІСТЮ

05.13.06 – інформаційні технології

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Тернопіль - 2012

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Тернопільському національному економічному університеті Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України.

Науковий керівник:

кандидат фізико-математичних наук, доцент
Пасічник Роман Мирославович,
Тернопільський національний економічний університет,
доцент кафедри економічної кібернетики та інформатики.

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор
Томашевський Валентин Миколайович,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»,
професор кафедри автоматизованих систем обробки інформації та управління;

доктор технічних наук, професор
Федорук Павло Іванович,
Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника,
завідувач кафедри інформаційних технологій.

Захист відбудеться 22 березня 2012 р. о 14^{00} годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К58.082.02 у Тернопільському національному економічному університеті за адресою: 46004, м. Тернопіль, вул. Львівська, 11 (корпус 11, зал засідань вченої ради).

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Тернопільського національного економічного університету за адресою: 46004, м. Тернопіль, вул. Бережанська, 4.

Автореферат розісланий 21 лютого 2012 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
к. т. н., доцент Яцків В.В.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Інформаційне суспільство - сучасний етап розвитку цивілізації, яке в значній мірі формується освітою, що підтримує суспільні способи отримання, обробки і розповсюдження інформації. Забезпечення відповідності освіти фахівців динаміці суспільних процесів породжує гостру необхідність в інтенсифікації як самого процесу навчання, так і його організації. Сучасний навчальний процес складно уявити без використання комп'ютерних засобів в управлінні процесом навчання, структуризації навчального контенту, автоматизації формування засобів контролю засвоєння знань.

У сферу досліджень управління процесом навчання та структуризацію навчального контенту з використанням інформаційних технологій зробили вагомий внесок такі науковці як Аванесов В. С., Скіннер Б. Ф., Краудер Н., Пресі С., Згуровський М. З., Томашевський В. М., Федорук П. І., Таран Т. А., Панкратов Д. В, Тонконогий В. М., Атанов Г. А., Андрєєв А. А., Кухаренко В. М., Брусиловський П., Тассо С., Шварц Е., Міллер Р. Проблеми автоматизації процесу тестування і обробки його результатів достатньо повно досліджені в літературі. Однак задачі автоматизації формування банку тестових завдань досліджено значно менше. Серед науковців що працювали над даним питанням варто відзначити Башмакова О. І., Швецова А. Н., Гагаріна О. О., Титенка С. В. Важливою характеристикою цінності методів формування інформаційної бази тестових завдань є часові витрати для їх побудови. Зменшення таких витрат не повинно супроводжуватися втратою якості та варіативності побудованих тестових наборів. Тому поряд із напрацюваннями згаданих авторів невирішеною залишається проблема автоматичного формування множини тестових завдань, які при мінімізації часових затрат на їх розробку, забезпечували достатню варіативність та якість завдань.

Суттєвою складовою якості тестових завдань є їх складність, яка відіграє ключову роль в організації як навчального так і контрольного процесу тестування. При цьому питання управління складністю автоматично згенерованих завдань залишається недостатньо дослідженим. Таким чином актуальною є задача мінімізації часових витрат на формування тестових завдань при забезпечені їх достатньої складності та повноти контролю знань шляхом створення інформаційної технології автоматичної генерації тестових завдань з керованою складністю.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Науково-дослідна робота за темою дисертації проводилася у відповідності з координаційним планом науково-дослідних робіт і науково-технічних програм Міністерства освіти і науки України, розділ „Математичні методи, інтервальні моделі та інформаційні технології для контролю забруднення атмосфери автотранспортом, а також робота проводилася відповідно з планами навчальної та науково-дослідної роботи Тернопільського національного економічного університету, зокрема в рамках теми „Методи та засоби математичного моделювання складних систем на основі теоретико-множинного та інтервального підходів" (номер державної реєстрації 0106U012529), зокрема у розробці розділу „Розробка алгоритмів опрацювання даних інформаційних систем навчальних закладів", у якій автором розроблено моделі управління затратами часу навчання для досягнення бажаного рівня успішності, розроблено критерій та метод оцінки складності тестових тверджень.

При дослідженнях по темі «Моделювання динаміки управлінських, маркетингових, виробничих, фінансових та екологічних процесів в організаційних системах» (номер державної реєстрації 0106U012531), зокрема у розробці розділу „Методи формалізації процесу генерації тестових завдань для електронних навчальних курсів на основі семантичних класів", автором вдосконалено алгоритми автоматичної генерації тестових завдань відкритого та закритого типів. А також у виконанні госпдоговірної науково-дослідної роботи на тему „Методи та засоби генерування тестів із застосуванням теорії онтологій" (номер державної реєстрації 0111U006279). Автором реалізовано веб-орієнтовану систему автоматичної генерації тестових завдань SAGT.

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є створення інформаційної технології автоматичної генерації тестових завдань з керованою складністю, яка відрізняється від інших використанням семантичної, формальної та синтаксичної типізації структурованих текстових

тверджень, формуванням завдань для перевірки засвоєння методологічних знань та задач для перевірки вмінь та навиків алгоритмізації.

Для досягнення цієї мети у дисертаційній роботі поставлено наступні завдання:

1) аналіз сучасних моделей, методів та засобів організації навчального процесу, які забезпечують його автоматичну підтримку;

2) розробка моделей підтримки семантичної, формальної та синтаксичної однорідності компонентів тестових завдань;

3) розробка методів автоматичної генерації тестових завдань для перевірки рівня засвоєння теоретичних знань, а також практичних вмінь та навичок;

4) розробка методу апріорної оцінки складності автоматично згенерованих тестових завдань;

5) розробка моделі управління навчанням з метою диференціації зусиль студента в умовах обмежених часових ресурсів;

6) на основі розроблених моделей та методів здійснити програмну реалізацію технології автоматичної генерації тестових завдань з керованою складністю.

Об'єкт досліджень: процеси контролю та оцінювання знань з використанням інформаційних технологій.

Предмет досліджень: методи та засоби інформаційної технології автоматичної генерації тестових завдань з керованою складністю.

Методи дослідження. Дослідження, виконані під час роботи над дисертацією, ґрунтуються на використанні системного аналізу, теоретико-множинного підходу, методів реляційної алгебри – для розробки засобів формалізації навчального контенту, методів автоматичної генерації тестових завдань; методах оптимізації – для реалізації методу оцінки складності тестових завдань, методу адаптивного управління структурою процесу навчання.

Наукова новизна отриманих результатів.

Вперше:

– розроблений метод генерації тестових завдань для перевірки засвоєння методологічних знань на основі формалізації типових проблемних ситуацій та їх варіативних компонентів, який на відміну від відомих методів використовує спеціальну систему відношень та предикатних операторів, що дозволило зменшити часові затрати при встановленні причинно-наслідкових зв'язків для формування тестових завдань;

– розроблений метод генерації задач для перевірки вмінь та навиків, що забезпечує модифікацію структури задачі, який на відміну від відомих використовує формалізації програмованих операторів, відношень між лінгвістичними та формалізованими компонентами вхідних даних та операцій. Метод забезпечує економію затрат часу розробника на створення нових завдань на основі варіативності основних компонентів структури задачі;

– розроблений адаптивно-структурний метод оцінки складності тестових завдань на основі їх формальних характеристик із налаштуванням для конкретної аудиторії та предмету вивчення. Метод, на відміну від існуючих, дозволяє автоматизувати генерацію тестових завдань заданої складності узгодженої із успішністю їх проходження для певного предмету та аудиторії.

Вдосконалено:

– метод генерації тестових завдань закритої форми на основі формалізації структурованих текстових тверджень, який на відміну від відомих використовує семантичну, формальну та синтаксичну типізацію і забезпечує економію затрат часу розробника на створення нових тестів при забезпеченні їх якості на основі багатократного використання раніше напрацьованих компонент.

Отримав подальший розвиток:

– метод адаптивного управління структурою процесу навчання на основі функції часових затрат. Цей метод на відміну від існуючих, враховує розподіл тестових завдань по рівнях складності та забезпечує адаптацію рекомендованих часових затрат до динаміки процесу навчання, що дозволило зменшити час досягнення заданих рівнів успішності.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що на основі розроблених

методів та засобів реалізовано систему автоматичної генерації тестових завдань, яка дозволяє генерувати тестові завдання різних типів, проводити управління процесом навчання для досягнення максимальних результатів при мінімальних часових затратах викладачів та студентів. На базі системи розроблено програмне забезпечення, яке використовується у навчальному процесі в Тернопільському національному економічному університеті та Івано-Франківській філії Відкритого міжнародного університету розвитку людини «Україна».

Основні практичні результати дисертаційної роботи використані:

– для автоматичної генерації тестів із достатньою варіативністю та керованим рівнем складності;

– у навчальному процесі на кафедрах комп'ютерних наук та економічної кібернетики та інформатики Тернопільського національного економічного університету при вивчені дисциплін «Проектування баз даних і знань», «Математичне забезпечення програмних систем», «Засоби програмування баз даних знань», «Технологія створення програмних та інтелектуальних систем».

Особистий внесок здобувача. Усі наукові результати, викладені у дисертаційній роботі, отримані автором особисто. У друкованих працях, опублікованих у співавторстві, автору належить: методика використання системи базових класів для побудови онтологій різних предметних областей [14]; дослідження відомих підходів до моделювання параметрів навчального процесу [16, 17]; метод мінімізації часу інтерактивного навчання для забезпечення необхідного рівня успішності на основі моделей успішності та функції часових затрат [1, 5, 12]; метод оцінки складності тестових завдань на основі показників документованості та автентичності навчального матеріалу [2, 18]; методи генерації тестових завдань закритої форми на основі формалізації структурованих текстових тверджень [3, 15]; метод генерації тестових завдань для перевірки засвоєння методологічних знань на основі формалізації типових проблемних ситуацій та їх варіативних компонентів [4, 10]; метод генерації задач для перевірки вмінь та навиків із програмованим оператором [7]; розроблення інформаційної технології автоматичної генерації тестових завдань з керованою складністю [6, 13].

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертації були представлені та обговорювалися на 12 міжнародних та всеукраїнських конференціях, семінарах, симпозіумах: VIII Всеукраїнській науковій конференції "Сучасні проблеми прикладної математики та інформатики" (Львів, 2006 р.); IX та X Міжнародних науково-технічних конференціях "Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та комп'ютерної інженерії: TCSET'2008, 2010" (Львів, 2008, 2010 рр.); Проблемно-науковій міжгалузевій конференції "ПНМК 2009" (Бучач, 2009 р.); Міжнародній науково-технічній конференції "ISDMCI 2009" (Євпаторія, 2009 р.); IX Міжнародній науково-технічній конференції "Досвід розробки й застосування САПР в мікроелектроніці CADSM'2009" (Львів, 2009 р.); Міжнародній науково-практичній конференції "Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія ІТКІ 2010" (Вінниця, 2010 р.); II науково-практичної конференції "Інноваційні комп'ютерні технології у вищій школі" (Львів, 2010р.); II Міжнародній науково-практичній конференції "Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія", 26–27 травня 2011 р., ХНЕУ, Харків; I Всеукраїнській школі-семінарі молодих вчених і студентів «Сучасні комп'ютерні інформаційні технології», 21-22 травня 2011 р., ТНЕУ, Тернопіль; Школі-семінарі для молодих науковців «Індуктивне моделювання: теорія і застосування» (с. Жукин, Київська обл., 2011); VI Міжнародному науково-технічному симпозіумі "Інтелектуальні засоби збору даних і сучасні обчислювальні системи: розробка та застосування IDAACS'2011" (Чехія, Прага , 2011 р.);

Публікації. Основні результати дисертаційної роботи висвітлено в 18 друкованих працях, загальним обсягом 82 сторінки, у тому числі 8 – у фахових виданнях, 10 – у матеріалах конференцій.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Робота містить 138 сторінок основного тексту. Загальний об'єм дисертації – 179 сторінок, 4 таблиці, 62 рисунки, 8 додатків, 122 найменування використаних джерел.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** наведено загальну характеристику роботи, обґрунтовано актуальність теми, визначено об'єкт та предмет дослідження, сформульовані мета і задачі дослідження, розкрито наукову та практичну цінність отриманих результатів, а також подані відомості про апробацію дисертаційної роботи.

У **першому розділі** досліджено особливості організації навчального процесу з використанням сучасних комп'ютерних засобів, проаналізована його основні етапи, виділено роль функції контролю засвоєння знань в процесі навчання.

Досліджено процес використання тестів, як одного з основних засобів контролю знань. Проаналізовано ключові поняття тестології, виділено складність тестових завдань, як одну з основних характеристик їх якості. Встановлено, що більшість відомих методів оцінки складності тестових завдань базуються на статистичних оцінках або експертних оцінках структури тестових завдань. Основним недоліком статистичних методів є значний обсяг експериментальної бази для кожного нового типу тестових завдань та навчальної аудиторії, а експертних оцінок – висока трудомісткість та суб'єктивність оцінювання. Ці недоліки можуть бути усунуті за допомогою адаптивно-структурного методу оцінки складності тестових завдань, який поєднує переваги структурного аналізу та статистичних методів. Досліджено основні форми представлення тестів. Виділено адаптивні моделі тестування як перспективний напрямок у створені автоматизованих систем навчання за критерієм ефективності навчання та складності програмної реалізації.

Інформаційні технології дають можливість суттєво зменшити затрати праці на створення самих тестових завдань із можливістю їх постійного оновлення. Серед відомих засобів автоматичної генерації тестових завдань необхідно відзначити методи параметризованих тестів, використання семантичних мереж, а також використання понятійно-тезисної моделі. Поряд із недоліками, кожен із відомих підходів до автоматичної генерації тестових завдань має свої переваги, які використано про розробці нової технології. Зокрема, підхід параметризованих тестів узагальнено при формуванні завдань для перевірки вмінь та навичок, ідею підходу семантичних мереж розвинуто при побудові завдань для перевірки методологічних тестів, а ідею понятійно-тезисної моделі розвинуто та узагальнено при побудові завдань для перевірки теоретичних знань.

Досліджено особливості сучасних систем дистанційного навчання, в яких методи автоматичної генерації тестових завдань особливо ефективні. Більшість систем є переважно системами управління навчальним процесом і головна їх мета – організація доступу до навчальних матеріалів. Практично відсутні системи, які б інтелектуалізували роботу викладача в плані автоматичної побудови навчальних курсів, автоматичної генерації тестових завдань, моделювання процесу навчання, побудови навчальних середовищ із елементами штучного інтелекту.

Досліджено відомі методи управління процесом навчання з точки зору мінімізації часових затрат для досягнення бажаного рівня засвоєння знань та практичних навичок. До основних їх недоліків можна віднести складність вибору правильних параметрів навчання та їх ідентифікації, постійний або частковий супровід експертів з предметної області, який послаблює можливість їх застосування в автоматизованих навчальних системах.

Проблема зниження часових затрат викладачів при організації якісного тестового контролю включає два основних аспекти: автоматизація генерації тестових завдань; забезпечення якості самопідготовки студентів та проведення контрольних замірів знань. Тому технологія автоматичної генерації тестових завдань з керованою складністю включає дві основні частини: автоматична генерація тестів для перевірки засвоєння теоретичних знань, методології, практичних вмінь та навиків; формування тестів заданої складності, цільове подання завдань в процесі формуючого тестування з метою мінімізації часових затрат на досягнення бажаної успішності. Існуючі системи автоматизованого навчання лише частково відповідають сформульованим вимогам. Це зумовило необхідність побудови критерію ефективності технологій автоматизованого навчання.

Оскільки формування ефективних технологій автоматичної генерації тестових завдань повинно включати завдання для перевірки знань усіх рівнів, то оцінку даного фактору можна

здійснити на основі показника повноти контролю знань KB. Тому що одним із основних завдань тестування є звільнення викладача від виконання рутинних робіт – доцільно проводити оцінку ΔEZ економії часу на генерування тестів. З теорії тестів IRT відомо, що якість тестів залежить від однорідності дистракторів. Таку оцінку можна здійснити на основі показника однорідності альтернатив KO, який враховує їх змістовні та формальні характеристики. В якості формальних характеристик використовуються формальні класи та синтаксична узгодженість, а в якості змістовних характеристик – семантичні класи. У відповідності з класичною теорією тестів, основним показником якості тестових завдань є складність. Побудову тестів із заданою складністю можна здійснити на основі показника об'єктивності індивідуального оцінювання $Eq = \max(1 - er, 0)$, де er – відносна похибка оцінки складності набору тестових завдань. Диференціювання складності дозволяє не тільки керувати нею, але й управляти тривалістю підготовки по тестах для отримання реально досяжного рівня успішності по сукупності предметів при обмеженому ресурсі часу відведеного на підготовку. Ефективність такого управління здійснюємо на основі середньої відносної економії часу EG на досягнення бажаного рівня успішності відносно послідовного проходження тестів без диференціювання складності.

Оскільки всі запропоновані показники належать інтервалу $[0;1]$, формуємо інтегральний показник ефективності технологій IEf:

$$IEf = \frac{\left(KB + \Delta EZ + KO + Eq + EG\right)}{n}, \tag{1}$$

де n – загальна вага показників.

Запропоновані критерії ефективності дозволили сформувати вимоги до параметрів розроблюваної технології автоматичної генерації тестових завдань з керованою складністю.

У **другому розділі** запропоновано засоби формалізації навчальних матеріалів за допомогою деревовидних структур, розроблено методи автоматичної генерації тестових завдань для перевірки теоретичних знань та метод генерації проблемних ситуацій для тестування методологічних знань.

В процесі реалізації методів автоматичної генерації тестових завдань однією з основних проблем є формалізоване представлення навчальної інформації, що знаходиться в текстовій формі. Для формалізації контрольованих знань використано ієрархічну систему смислових фрагментів. На основі того, що текст предметної області поділяється на сукупність тверджень, які характеризує певна семантико-синтаксична структура, кожне твердження розбиваємо на компоненти, якими описуємо процеси, поняття або їх характеристики. Компоненти поєднуємо в речення сполучниками або сполучними словами утворюючи деревовидну структуру:

$$Df = \left\langle IdDf, CS, CNJ, TCNJ, \mathrm{Pr}_IdDf, IdSc, IdFc \right\rangle, \tag{2}$$

де Df – текстове твердження, яким формалізуємо певну сутність конкретного семантичного класу; $IdDf$ – ідентифікатор компоненти твердження; CS – зміст компоненти; CNJ - представлення зв'язку між компонентами тверджень; $TCNJ$ – тип зв'язку між компонентами; Pr_IdDf – посилання на батьківський елемент дерева (ідентифікатор відповідної компоненти); $IdSc$ – ідентифікатор семантичного класу; $IdFc$ - ідентифікатор формального класу.

Множину альтернатив та множину тестів моделюємо наступним відношенням:

$$Ts = \left\langle IdTs, IdTTt, IdSc, IdFc, IdCh, CTt, CSa, IdAu \right\rangle, \tag{3}$$

де Ts – тест, який складається з тестових завдань; $IdTs$ – ідентифікатор тесту; $IdTTt$ – ідентифікатор виду тестового завдання (множинний вибір, альтернативний, встановлення відповідності); $IdSc$ – ідентифікатор семантичного класу; $IdFc$ – ідентифікатор формального класу; CTt – кількість тестових завдань вибраної структури; CSa – кількість альтернатив в тестовому завдані; $IdCh$ – ідентифікатор розділу; $IdAu$ – ідентифікатор автора навчальних матеріалів.

Для формалізації процесу генерації тестових завдань виділяємо певний кортеж Ts_C відношення (3), що відповідає конкретному тесту. Зростання варіативності тестових наборів забезпечується за рахунок розширення множин основ тестів та їх дистракторів. Це досягається за рахунок варіативної декомпозиції та повторного використання пов'язаних елементів дерева інформаційного представлення. Динамічна генерація тестових завдань характеризується відсутністю ключів правильних відповідей, при цьому деревовидні структури використовуємо для ідентифікації вірної альтернативи.

Методи автоматичної генерації тестових завдань для перевірки теоретичних знань. Автоматична генерація тестових завдань «множинний вибір» передбачає побудову основи BTt, множини вірних альтернатив StA та дистракторів SfA. При цьому потрібно забезпечити динамічну перевірку вибраних альтернатив та побудову рекомендації щодо вивчення тем, по яких були допущені помилки. Процедура генерації основи завдання P_BTt включає наступні основні кроки:

P_BTt.1. Генерація BTt_1 першої частини основи тестового завдання $BTt =< BTt_1, BTt_2 >$:

$$BTt_1_C = \pi_{IdE,CS,CNJ}(\sigma_{IdCh=IdCh_C \wedge IdSc=IdSc_C \wedge IdFc==IdFc_C \wedge IdE \notin SIdE \wedge \Pr_IdE=0}(\tau_{RAND\,LIMIT(1)}(Df))), \quad (4)$$

де π, σ, τ – оператори проекції, селекції, сортування реляційної алгебри; Rand – функція випадкового вибору елементу множини; $SIdE =< IdE >$ – множина ідентифікаторів вибраних основ тестових завдань; $SIdE = \{\varnothing\}$ – перед початком процедури генерації тестових завдань.

P_BTt.2. Генерація другої частини основи тестового завдання BTt_2, для цього необхідно визначити елемент $Br(Df)$ із вірною альтернативою:

$$Br = \pi_{IdE,CS,CNJ,\Pr_IdE,\gamma_{COUNT(IdE)\,AS\,lc}}(\sigma_{\substack{IdCh=IdCh_C \wedge IdSc=IdSc_C \wedge IdFc=IdFc_C \wedge \Pr_IdE= \\ =\pi_{IdE}(BTt_1_C)}}$$
$$(\tau_{RAND\,LIMIT(1)}(Df))) \cup \pi_{IdE,CS,CNJ,\Pr_IdE,\gamma_{COUNT(IdE)\,AS\,lc}}(\tau_{RAND\,LIMIT(1)}(Df\ AS\ DF1)), \quad (5)$$
$$\underset{Df1(\Pr_IdE)=Df2(IdE)}{\triangleright\!\triangleleft} \sigma_{\Pr_IdE=\pi_{IdE}(BTt_1_C)}(Df\ AS\ DF2)$$

де lc - рівень елемента Br; γ, $\triangleright\!\triangleleft$ – оператори групування та з'єднання реляційної алгебри.

P_BTt.3. Після формування Br знаходимо висоту побудованої гілки дерева формалізованого твердження, яку використовуємо для побудови альтернатив.

P_BTt.4. Визначаємо висоту другої частини основи тесту BTt_2h.

P_BTt.5. Формуємо основу завдання BTt шляхом об'єднання BTt_1 та BTt_2.

Множину правильних альтернатив (процедура P_StA) формуємо за допомогою множини дочірніх елементів кінцевого вузла другої компоненти основи тестового завдання:

$$StA = \pi_{IdE,CS,CNJ}(\sigma_{IdE=StA_0}(Df)) \cup (\pi_{IdE,CS,CNJ}(\sigma_{IdE=\pi_{IdE}(StA_0) \vee \Pr_IdE=\pi_{IdE}(StA_0)}(Df)). \quad (6)$$

Множину дистракторів (процедура P_SfA) будуємо із множини формалізо-ваних тверджень узгоджених по семантичних, синтаксичних та формальних критеріях із кінцевим вузлом другої компоненти основи тестового завдання:

$$SfA = \pi_{IdE,CS,CNJ,\Pr_IdE}(\sigma_{\substack{IdCh=IdCh_C \wedge IdSc=IdSc_C \wedge IdFc=IdFc_C \wedge CNJ= \\ CNJ_C \wedge \Pr_IdE \neq \pi_{IdE}(BTt_1_C)}}$$
$$(\tau_{RAND\,LIMIT(1)}(Df))) \cup \pi_{IdE,CS,CNJ,\Pr_IdE}(\tau_{RAND\,LIMIT(1)}(Df\ AS\ DF1)). \quad (7)$$
$$\underset{Df1(\Pr_IdE)=Df2(IdE)}{\triangleright\!\triangleleft} \sigma_{\Pr_IdE=\pi_{IdE}(BTt_1_C)}(Df\ AS\ DF2))$$

Перевірка правильності вибраних альтернатив (процедура P_CtrAns) полягає в перевірці їх належності до множини правильних альтернатив StA. Процедуру формування рекомендацій

щодо вивчення навчальних тем $P_\mathrm{Re}c$ формуємо на основі відношення вибраних альтернатив до навчальних розділів по яких були допущені помилки в процесі тестування. Дана схема служить основою для формування тестів альтернативного виду, на встановлення відповідності, на відновлення правильної послідовності та заповнення прогалин у твердженні, що забезпечує автоматичну генерацію більшості основних завдань, які використовуються у комп'ютеризованих тестувальних системах.

Метод автоматичної генерації тестових завдань для перевірки методологічних знань. Логічне мислення передбачає вміння будувати обґрунтовані оцінки структури конкретних ситуацій, вивчати і аналізувати певні системи і підсистеми, вміти визначати в них залежні (змінні) і незалежні (постійні) параметри, виділяти причинно-наслідкові зв'язки між ними і, нарешті, здобувати для реалізації описаних аналізів необхідну інформацію. Результатом осмислення проблеми повинен стати план її розв'язання за допомогою відомих методів. Проблемну ситуацію Ps формалізуємо за допомогою відношення:

$$Ps = \langle Pa, Pi, Po, Attr, \mathrm{Pr}, Pc, Pmt \rangle, \tag{8}$$

де Pa – предметна область аналізу проблемної ситуації; Pi – описи проблемної ситуації; Po – множина об'єктів виникнення проблеми; $Attr$ – множина атрибутів; Pr – множина, яка описує результат вирішення проблемної ситуації; Pc – множина характеристик перебігу проблемної ситуації; Pmt – множина методів, які направлені на розв'язання проблемної ситуації.

Формування тестового завдання (рис. 1) відбувається на основі предметної області $IdPa_C$, в якій випадковим чином вибираємо проблемну ситуацію Pi_C:

$$Pi_C = \pi_{IdPi,NmPi}(\sigma_{Pi(IdPa)=IdPa_C}(\tau_{RAND\,LIMIT(1)}(Pi))). \tag{9}$$

Для забезпечення варіативності формалізованої проблемної ситуації випадковим чином вибираємо її атрибути та бажаний результат її розв'язання:

$$Attr_C = \pi_{IdAttr,AV}(\sigma_{Attr(IdPa)=IdPa_C \wedge Attr(IdPi)=IdPi_C \wedge Attr(IdPo)=IdPo_C}(\tau_{RAND\,LIMIT(1)}(Attr))), \tag{10}$$

$$\mathrm{Pr}_C = \pi_{Id\,\mathrm{Pr},RNm}(\sigma_{\substack{\mathrm{Pr}(IdPa)=IdPa_C \wedge \\ \wedge \mathrm{Pr}(IdPi)=IdPi_C \wedge \\ \wedge \mathrm{Pr}(IdPo)=IdPo_C}}(\tau_{RAND\,LIMIT(1)}(\mathrm{Pr}))). \tag{11}$$

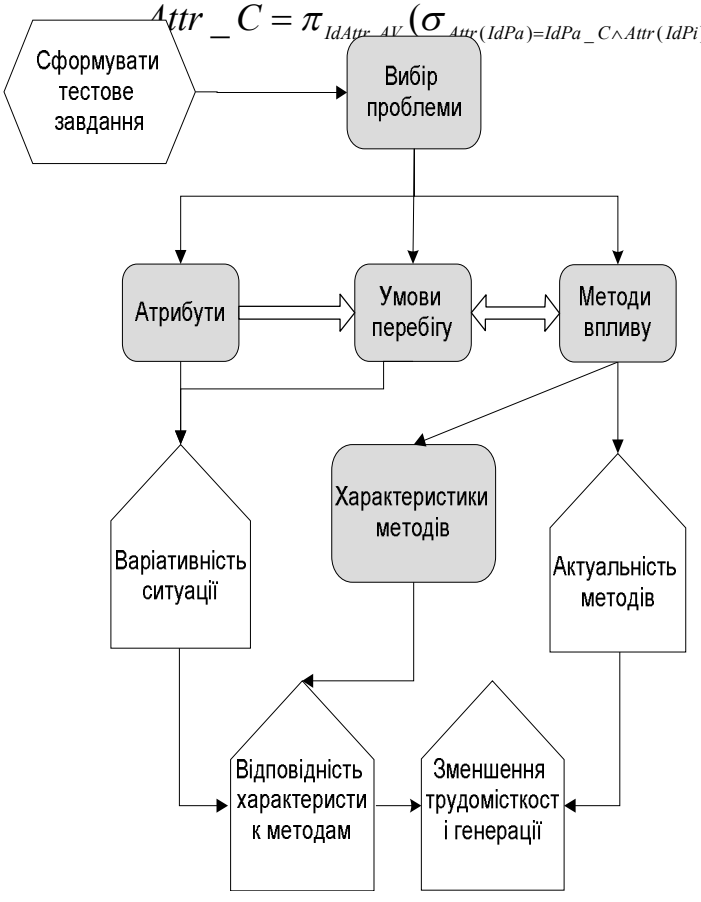


Рисунок 1 – Схема генерації тестових завдань для перевірки засвоєння методологічних знань

Для відображення невизначено-сті проблемної ситуації визначаємо множину потенційних методів, що можуть бути використані для її розв'язання:

$$Pmt_C = \pi_{IdPmt,IdMth}(\sigma_{\substack{Pmt(IdPa)=IdPa_C \wedge Pmt(IdPi)= \\ =IdPi_C \wedge Pmt(IdPo)= \\ =IdPo_C \wedge Pmt(IdAttr)=Attr_C}}(Pmt)). \tag{12}$$

Серед них випадковим чином вибираємо єдиний метод $PmtR$, який виявиться реальним засобом розв'язання цієї ситуації. Реальність цього методу забезпечуємо за допомогою умов PcR, що ідентифікують його застосовність. Для моделювання перебігу практич-ної ситуації ці умови поповнюємо такими PcF_1, що не підтримуються атрибутами даної задачі. У підсумку отримуємо згенероване тестове завдання TPs.

У **третьому розділі** розроблено метод генерації задач для перевірки вмінь та навичок, адаптивно-структурний метод оцінки складності тестових завдань, а також метод адаптивного управління структурою процесу навчання.

Структуру задачі формалізуємо за допомогою наступного відношення:

$$Task = \langle Condition,\ Inp_Value,\ \mathrm{Re}s_Value \rangle, \tag{13}$$

де $Condition$ – умова задачі; Inp_Value – вхідні дані; $\mathrm{Re}s_Value$ – результуючі змінні.

З метою підвищення ефективності процесу побудови згаданих задач широко застосовуються параметризовані тести, умови та розв'язки яких залежать від певних параметрів. В той же час масове використання програмованих обчислювальних засобів робить актуальним перевірку вміння алгоритмізувати процедуру розв'язання тестових задач. Процес розв'язання такого роду тестових завдань можна реалізувати за допомогою бібліотеки загальних Nmf та спеціально розроблених процедур $Nmfil$ в певному програмному середовищі. Використовуючи інші програмні компоненти або генеруючи нові, за рахунок незначних зусиль, можна суттєво міняти структуру пропонованої задачі та модифікувати процедуру її розв'язку. Тому даний підхід отримав назву **метод генерації тестових завдань з програмованим оператором**. Його загальну схему подано на рис. 2.

Метод включає вибір загального текстового опису задачі $Task$ із заготованих шаблонів. На наступному кроці формуємо умову задачі $TaskS_C$ для студента на природній мові:

$$TaskS_C = \pi_{IdFt,IdCh,Lg_Int,Tcv,IdTf,IdVtv}(\sigma_{IdCh=IdCh_C}(\tau_{RAND\,LIMIT(1)}(Ft))), \tag{14}$$

де Ft – множина представлень умови задачі; $IdTf$ – допустимий тип значень змінних; Lg_Int – лінгвістична інтерпретація Nmf; Tcv – кількість вхідних змінних; $IdVtv$ – ідентифікатор виду змінних.

На основі типу змінних задачі, які задані в її описі, випадковим чином генеруємо їх значення $TaskIv$:

$$\begin{aligned} TaskIv = \pi_{IdV,Value}(\sigma_{Inp_Value(IdTf)=TaskS_C(IdTf)\wedge Inp_Value(IdVtv)=TaskS_C(IdVtv)} \\ (\tau_{RAND\,LIMIT(TaskS_C(Tcv))}(TaskS_C, Inp_Value) \end{aligned}, \tag{15}$$

де $Value$ – значення вхідних змінних.

Аналогічно, відповідно до обраної задачі, генеруємо її уточнення $TaskSp$, що дозволяє суттєво модифікувати структуру першої:

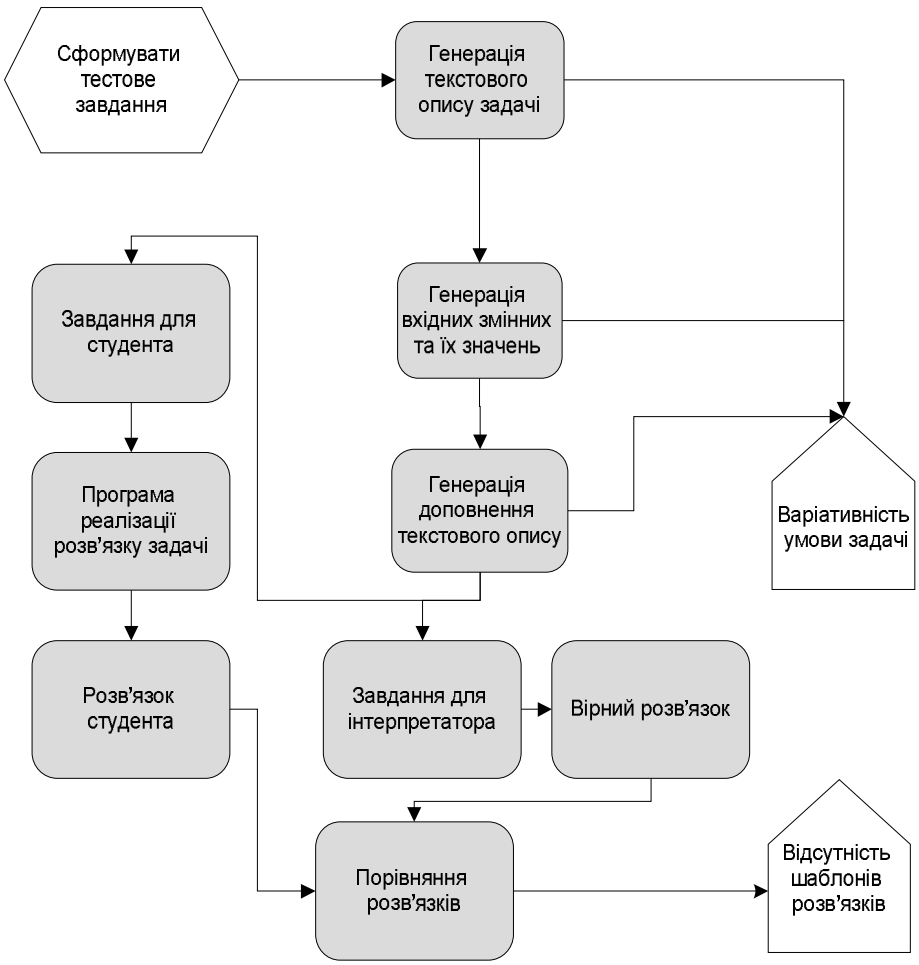
$$\begin{aligned} TaskSp = \pi_{IdTfil,Nmfil,Lg_Int,Tcv,IdTf,IdVtv}(\sigma_{TaskSp(IdTf)=TaskS_C(IdTf)\wedge TaskSp(IdVtv)=TaskS_C(IdVtv)} \\ (\tau_{RAND\,LIMIT(1)}(Tfil, TaskS_C))) \end{aligned}. \tag{16}$$

На основі отриманої задачі студент будує та відлагоджує програму її розв'язання в тому ж програмному середовищі. Результати, отримані програмою студента та еталонною процедурою $TaskI$ на спеціальному наборі контрольних даних, порівнюються між собою.

Якщо студенту подається лише умова задачі без можливості програмної реалізації процедури її розв'язання, то система працює в режимі параметричного тесту із розширеною варіативністю за рахунок модифікації структури задачі.

Розроблено **адаптивно-структурний метод оцінки складності тестових завдань,** який поєднує переваги статистичних методів оцінки складності та методів на основі структурного аналізу.

В результаті попереднього аналізу проведених експериментів було встановлено, що складність тестового завдання залежить від кількості N альтернатив в ньому та від близькості його альтернатив до вірної. Міру такої близькості пропонується оцінювати за допомогою показників формальної F та композиційної D спорідненості альтернатив із основою.



Формальна спорідне-ність встановлюється при генерації тестового завдан-ня і приймає максимальне значення коли альтернатива вірна, проміжні значення при наявності спільних фрагментів із вірною альтернативою та мінімальні значення, при відсутності будь-яких спільних фраг-ментів із вірною альтерна-тивою. Показник компози-ційної спорідненості прий-має максимальне значення при належності альтернати-ви до того ж підрозділу, що і основа тестового завдан-ня, проміжне значення, при належності окремого фраг-мента альтернативи до під-розділу, що включає основу завдання та мінімальне при належності до підрозділу, що не включає основу.

Рисунок 2 – Схема автоматичної генерації тестових завдань з програмованим оператором

Оскільки взаємодія факторів не носить лінійного характеру, то моделюємо її однією із найпростіших нелінійних залежностей – мультиплікативним механізмом:

$$CS^*_{ij}\left(F_{ij}, D_{ij}\right) = D_{ij}(\beta_1)\cdot F_{ij}(\beta_2), \tag{17}$$

де $CS^*_{ij}\left(F_{ij}, D_{ij}\right)$ – функція складності j-ої альтернативи i-го тестового завдання. Фактори композиційної D_{ij} та формальної F_{ij} спорідненості вимірюються на рівномірних шкалах із відповідними градаціями β_1 та β_2.

Формалізуючи всі наведені припущення, отримуємо представлення нормованої складності RCS як функції градацій композиційної та формальної спорідненості альтернатив:

$$RCS_i\left(\vec{\beta}\right) = \frac{\sum_{j=1}^{N} D_{ij}(\beta_1)F_{ij}(\beta_2) - MnCS\ (N)}{MCS\ (N)}, \tag{18}$$

де $MnCS$, MCS – мінімальні та максимальні оцінки складності.

Відносній складності повинна відповідати відносна частота неправильних відповідей REA_i.

Процедуру ідентифікації здійснимо на основі співвідношення

$$\sum_{i=1}^{CTt}\left(RCS_i\left(\vec{\beta}\right) - REA_i\right)^2 \to \min_{\vec{\beta}}, \tag{19}$$
$$\beta_1,\ \beta_2 \geq 0$$

де CTt – кількість тестових завдань.

Однак диференціювання складності завдань дозволяє не тільки нарощувати складність завдань, але й управляти тривалістю підготовки по тестах для отримання реально досяжного рівня успішності по сукупності предметів при обмеженому ресурсі часу відведеного на підготовку. Розроблено **метод адаптивного управління структурою процесу навчання**, який полягає в мінімізації часу інтерактивного навчання для забезпечення необхідного рівня успішності на основі моделей успішності та функції часових затрат.

Оскільки процес навчання носить динамічний характер, важливо встановити моменти часу для підвищення рівня складності k пропонованих тестів, які б дозволили мінімізувати загальний час досягнення бажаної успішності. Однак функція, що оцінює часові затрати для досягнення заданої успішності важко ідентифікується. Цей недолік невластивий функції прогнозованої успішності при заданих часових затратах. Тому функцію часових затрат слід будувати як обернену до функції успішності, представленої за допомогою степеневої функції

$$T_k^{s,tm,nt}(U)=\begin{cases}\dfrac{t_k^{s,tm,nt}}{U_k^{s,tm,1}}U, \textit{коли } nt=1\\ \left(\dfrac{U}{A_k^{s,tm,nt}}\right)^{1/\gamma_k^{s,tm,nt}}, nt>1\end{cases}, 0\le U\le 1, \qquad (20)$$

де $T_k^{s,tm,nt}$ – функція часових затрат; U – бажаний рівень успішності; t – поточний час ознайомлення студента s із навчальними матеріалами теми tm в системі; $U_k^{s,tm,nt}$ – функція залежності успішності від часових затрат; $A_k^{s,tm,nt}, \gamma_k^{s,tm,nt}$ – параметри регресійної функції; nt – номер навчального тестового контролю.

Виходячи із ідентифікації функції успішності та функції часових затрат, розроблено метод мінімізації часу навчання для забезпечення необхідного рівня успішності. Складність цієї оптимізаційної задачі полягає у високій мінливості функції часових затрат в процесі освоєння знань та навчального тестування. Тому для її розв'язання запропоновано покрокову процедуру, яка включає поетапну ідентифікацію функції часових затрат при отримані нових результатів навчального тестування. Кожен етап навчального тестування містить тести одного рівня складності. Вибір цього рівня забезпечує використання рекомендацій щодо обсягів часу навчання, побудованих на попередньому кроці.

На 1-му кроці етапу прогнозуються успішності по рівнях складності, які б забезпечили бажаний рівень очікуваної успішності із мінімальними затратами часу. На другому кроці вибирається рівень складності пропонованих тестів, на якому рекомендовані часові затрати є найменш освоєними із проведенням додаткового тестування на цьому рівні. На третьому кроці перевіряється умова завершення навчання при поточних часових затратах.

В результаті застосування розробленої моделі встановлено, що адаптивне управління структурою навчального процесу при автоматичній генерації тестів із врахуванням їх складності забезпечує суттєву економію часових затрат без втрати ефективності засвоєння навчальних матеріалів, яка дозволяє будувати покращені оперативні навчальні стратегії в межах локальних тем або модулів.

У **четвертому розділі** розроблено та практично реалізовано інформаційну технологію автоматичної генерації тестових завдань з керованою складністю, яка включає методи автоматичної генерації тестових завдань для перевірки теоретичних та методологічних знань, практичних вмінь та навиків, адаптивно-структурний метод оцінки складності та метод мінімізації часу інтерактивного навчання. Цю технологію практично реалізовано в рамках системи SAGT (System of the automatic generation of tests), яка створена засобами технологій PHP та MySQL з елементами JavaScript. Програмне забезпечення складається з наступних модулів: модуль головної сторінки системи, модуль представлення навчальних матеріалів, модуль зворотного зв'язку, модуль проведення тестового контролю, модуль генерації тестових завдань закритого типу, модуль

генерації завдань для перевірки методологічних знань, модуль генерації задач з програмованим оператором, модуль авторизації, модуль формалізації навчальних матеріалів, модуль дерева формалізованих матеріалів, модуля управління навчальним контентом.

Проведено експериментальні дослідження методів автоматичної генерації тестових завдань закритого типу, які реалізовані в рамках даного дослідження. На рис. 3 представлено приклад автоматично згенерованих завдань виду множинний вибір, де альтернативи побудовані на основі текстових представлень.

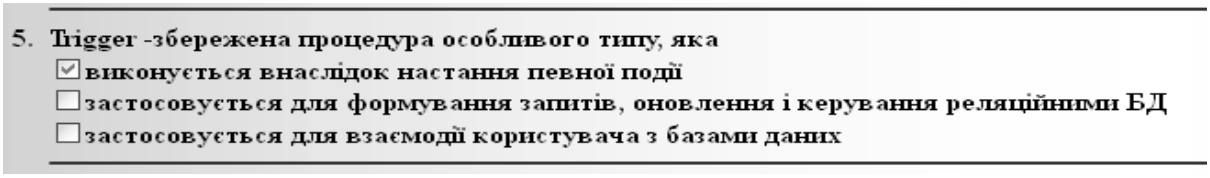
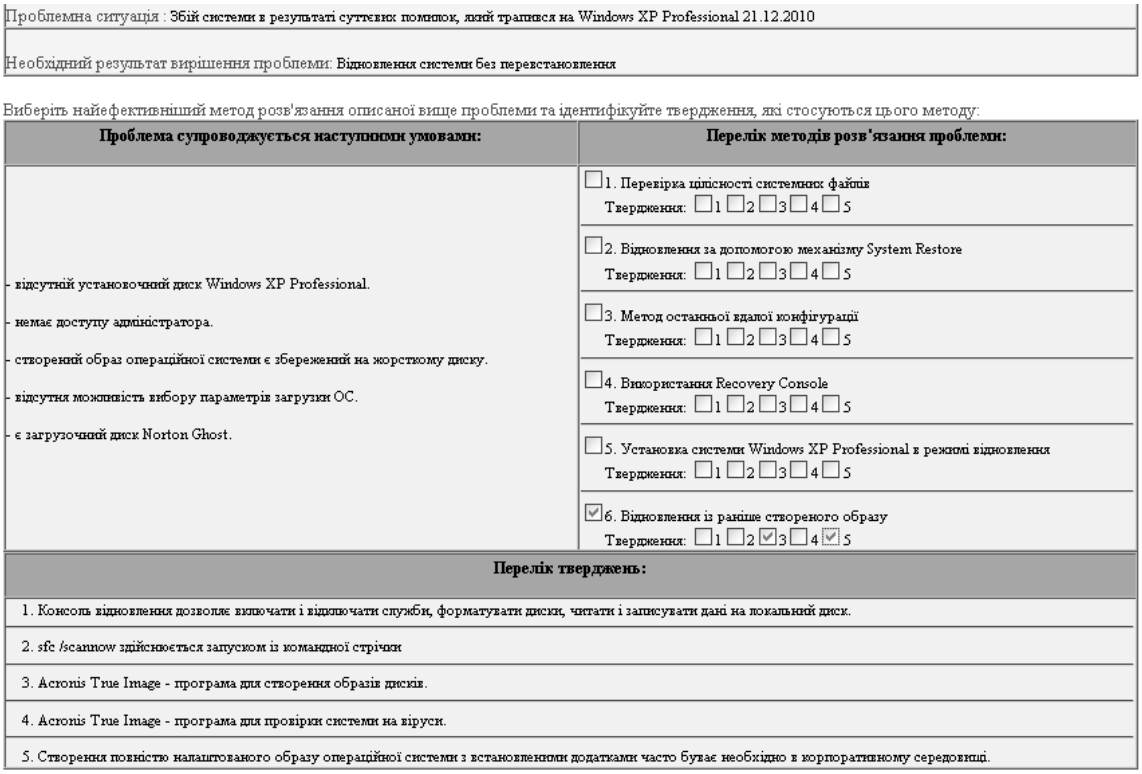

5. Trigger -збережена процедура особливого типу, яка
- ☑ виконується внаслідок настання певної події
- ☐ застосовується для формування запитів, оновлення і керування реляційними БД
- ☐ застосовується для взаємодії користувача з базами даних

Рисунок 3 – Завдання множинного виду з дисципліни «Основи баз даних»

На рис. 4 представлено автоматично згенерований тест для представлення і розв’язання проблемних ситуацій в сфері «Операційні системи». Автоматично згенеровані параметри такого тестового шаблону дозволяють одержувати необхідну кількість наборів проблемних ситуацій без рутинної процедури знаходження конфігурації їх середовища, що підтримує ефективність методу її розв’язання.

Поряд із апробацією тестових завдань для перевірки методологічних знань було проведено ряд експериментів, пов’язаних із автоматичною генерацією задач з програмованим оператором для перевірки вмінь та навиків. На рис. 5 продемонстровано згенеровану практичну задачу з дисципліни «Основи Web-програмування» в середовищі системи програмування PHP версії 5.3.1 та метод її розв’язання, який пропонує студент у ході вирішення поставленого завдання.

Проведено експериментальні дослідження адаптивно-структурного методу оцінки складності тестових завдань. Максимальна відносна похибка оцінювання параметрів для різних експериментів склала 9.7%. Цей метод дає можливість автома-тичної оцінки складності згенерованих завдань за формальними критеріями, а також може слугувати основою для генерування завдань заданої складності.


Проблемна ситуація : Збій системи в результаті суттєвих помилок, який трапився на Windows XP Professional 21.12.2010

Необхідний результат вирішення проблеми: Відновлення системи без перевстановлення

Виберіть найефективніший метод розв'язання описаної вище проблеми та ідентифікуйте твердження, які стосуються цього методу:

Проблема супроводжується наступними умовами:	Перелік методів розв'язання проблеми:
- відсутній установочний диск Windows XP Professional. - немає доступу адміністратора. - створений образ операційної системи є збережений на жорсткому диску. - відсутня можливість вибору параметрів загрузки ОС. - є загрузочний диск Norton Ghost.	☐1. Перевірка цілісності системних файлів Твердження: ☐1 ☐2 ☐3 ☐4 ☐5 ☐2. Відновлення за допомогою механізму System Restore Твердження: ☐1 ☐2 ☐3 ☐4 ☐5 ☐3. Метод останньої вдалої конфігурації Твердження: ☐1 ☐2 ☐3 ☐4 ☐5 ☐4. Використання Recovery Console Твердження: ☐1 ☐2 ☐3 ☐4 ☐5 ☐5. Установка системи Windows XP Professional в режимі відновлення Твердження: ☐1 ☐2 ☐3 ☐4 ☐5 ☑6. Відновлення із раніше створеного образу Твердження: ☐1 ☐2 ☑3 ☐4 ☑5

Перелік тверджень:
1. Консоль відновлення дозволяє включати і відключати служби, форматувати диски, читати і записувати дані на локальний диск.
2. sfc /scannow здійснюється запуском із командної стрічки
3. Acronis True Image - програма для створення образів дисків.
4. Acronis True Image - програма для провірки системи на віруси.
5. Створення повністю налаштованого образу операційної системи з встановленими додатками часто буває необхідно в корпоративному середовищі.

Рисунок 4 – Приклад згенерованого завдання для розв’язання проблемної ситуації

1 . Знайти кількість елементів масиву $mass = [0 -1 0 3 8 15 24 35 48 63 80 99 120 143 168] серед додатніх а результат записати у змінну **resultat**

Вікно для написання програми:

```
<?php
$c='$var >0';
// функція фільтрування
// позитивних елементів масиву
function plus($var)
{
    return ('$c');
}
// ініціалізація масиву
$mass = array (0, -1, 0, 3, 8, 15, 24, 35, 48, 63, 80, 99, 120, 143, 168);
// побудова масиву додатніх елементів
$mass_res =array_filter($mass, "plus");
// знаходження кількості додатніх елементів масиву
$result=count($mass_res);
echo "Кількість додатніх елементів мавису складає ", $result;
?>
```

Перевірити результат

Рисунок 5 – Приклад згенерованої задачі та її розв'язку студентом

Експериментально досліджено метод адаптивного управління структурою процесу навчання. Суть цих досліджень зводилася до оцінки затрат часу для досягнення бажаного рівня успішності по рівнях складності навчальних матеріалів для студентів із різними ступенями базової підготовки. На рис. 6–7 наведено результати управління затратами часу для студента із невисоким рівнем базової підготовки для досягнення успішності 0.75 та студента із високим рівнем базової підготовки для успішності 0.9.

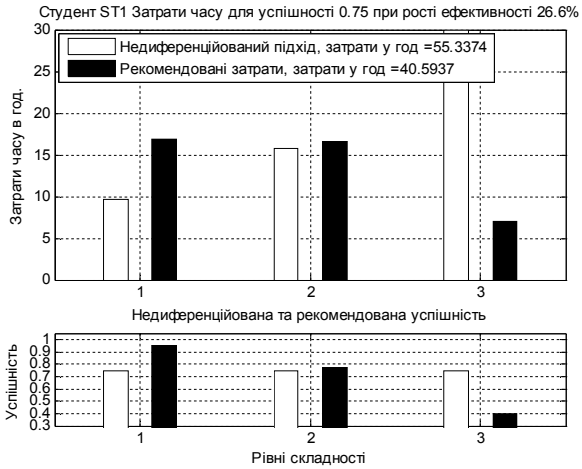


Рисунок 6 – Управління затратами часу навчання для студента 1 для досягнення успішності 0.75 з ефективністю 26.6 %

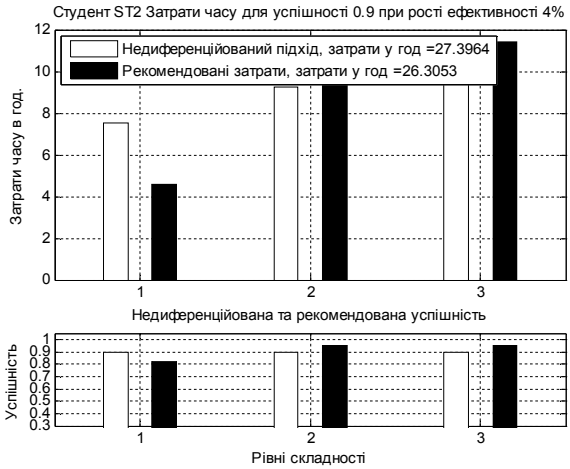


Рисунок 7 – Управління затратами часу навчання для студента 2 для досягнення успішності 0.9 при ефективності 4.0 %

у порівнянні з відомим методами розроолении метод дозволяє отримувати ефективні результати при побудові навчальних стратегії, використовуючи при цьому мінімальну кількість параметрів для побудови моделі, не вимагає повного супроводу процесу навчання експертами та сприяє оптимальному розподілу часових ресурсів при досягненні бажаних результатів процесу навчання.

Після аналізу особливостей програмної реалізації запропонованої технології автоматичної генерації тестових завдань з керованою складністю (AGT) в системі SAGT доцільно розглянути питання оцінки її ефективності. В перелік досліджуваних технологій були включені наступні об'єкти: технологія на основі ПТМ (понятійно-тезисної моделі); технологія на основі ПТ (параметризованих тестів); технології, які реалізовують тестування на основі завдань, які будуються «вручну» (Moodle, Агапа). Технологія AGT у порівнянні з відомими рішеннями забезпечує приріст показника ефективності IEf на 19%, що складає 36% відносного приросту щодо ефективності технології ПТ (рис. 8).

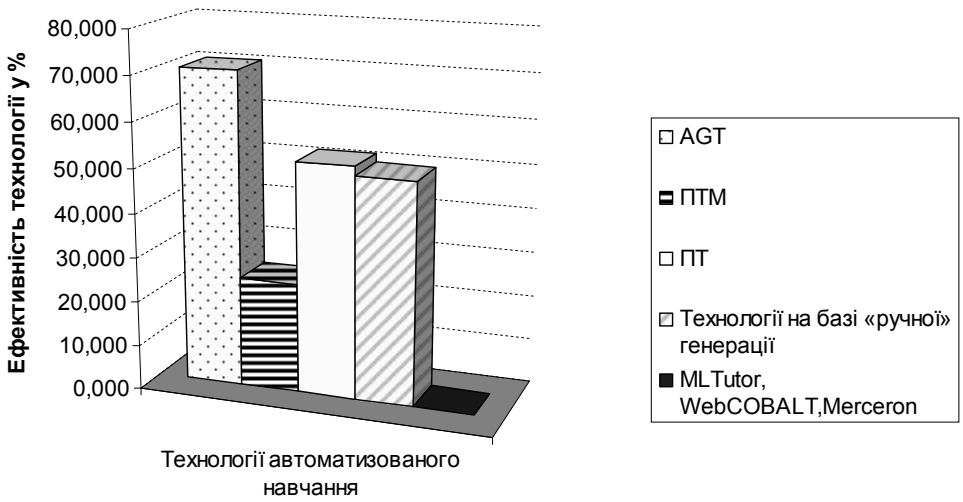


Рисунок 8 – Порівняння технологій автоматизованого навчання на основі інтегрального показника ефективності

Отже технологія AGT має ряд переваг у порівнянні з відомими рішеннями, що підтверджено експериментальними дослідженнями.

ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі розв'язана актуальна наукова задача розроблення інформаційної технології автоматичної генерації тестових завдань з керованою складністю з метою мінімізації часових витрат на формування тестових завдань та досягнення бажаного рівня успішності в процесі навчання при забезпечені достатньої однорідності альтернатив та повноти контролю знань.

Основні наукові та практичні результати роботи полягають у наступному.

1. Проведено аналіз структури процесу навчання та роль тестів в реалізації функції контролю знань. Досліджено відомі підходи до автоматичної генерації тестових завдань, встановлено їх недоліки і намічено напрями їх подолання шляхом врахування семантичних характеристик компонентів тестових завдань та їх синтаксичної узгодженості. Виділено роль показника складності тестових завдань та проаналізовано основні підходи до її оцінки. Сформовано систему кількісних показників для оцінки якості технологій автоматизованого навчання, що дозволило сформувати вимоги до параметрів розроблюваної технології.

2. Запропоновано методи автоматичної генерації тестових завдань для перевірки теоретичних знань, який на відміну від відомих дозволяє генерувати тестові завдання із врахуванням формальної, семантичної та синтаксичної узгодженості. Запропоновано системи формальних та семантичних класів, які дозволяють враховувати основні характеристики інформативних представлень для уникнення генерації завідомо невірних альтернатив.

3. Розроблено метод автоматичної генерації тестових завдань для перевірки засвоєння методологічних знань, який дозволяє автоматизувати процедуру генерації проблемних ситуацій, та економити часові ресурси в процесі встановлення причинно-наслідкових зв'язків при пошуку методів розв'язання проблем.

4. Побудовано метод автоматичної генерації завдань з програмованим оператором, який використовується для оцінки засвоєння вмінь та навиків. На відміну від відомих рішень пропонований метод дозволяє генерувати не тільки вхідні параметри задачі, але і забезпечує варіативність структурних елементів її умови.

5. Запропоновано та обґрунтовано метод оцінки складності тестових завдань під час їх автоматичної генерації. Він володіє перевагами статистичних методів та методів структурного аналізу. Розроблено метод адаптивного управління структурою процесу навчання, яка дозволяє ефективно управляти часом навчання для досягнення бажаного рівня засвоєння знань, виходячи з мінімізації показника часових затрат. Середня економія часових затрат при використанні методу адаптивного управління структурою процесу навчання склала 15%.

6. Реалізовано веб-орієнтовану систему SAGT автоматичної генерації тестових завдань, ріст ефективності якої в порівняні із відомими підходами склав 19%.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Мельник А. М. Моделювання результативності навчання в інтелектуальних адаптивних навчальних системах / А. М. Мельник, Р. М. Пасічник // Міжнародний науково-технічний журнал "Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія". — 2009. – № 3. – С. 107–116.

2. Мельник А.М. Модель оцінки складності тестових завдань / А. М. Мельник, Р. М. Пасічник // Науковий вісник Чернівецького університету: Комп'ютерні системи та компоненти. – 2009. – № 479. – С. 108–113.

3. Мельник А. М. Метод генерації тестових завдань на основі системи семантичних класів / А. М. Мельник, Р. М. Пасічник // Вісник Тернопільського державного технічного університету. – 2010. – Т. 15, № 1. – С. 187–193.

4. Мельник А. М. Метод генерації проблемних ситуацій для тестування методологічних знань / А. М. Мельник, Р. М. Пасічник // Науковий вісник Чернівецького університету: Комп'ютерні системи та компоненти. – 2010. – Т. 1, Вип. 2. – С. 67–72.

5. Мельник А. М. Метод адаптивного управління структурою процесу навчання / А. М. Мельник, Р. М. Пасічник // Вісник Хмельницького національного університету. – 2011. – № 1. – С. 132–137.

6. Мельник А. М. Інформаційна технологія автоматичної генерації тестових завдань з керованою складністю / А. М. Мельник, Р. М. Пасічник, Р. П. Шевчук // Системи обробки інформації. Харків, 2011. – № 3 (93). – С. 57–61.

7. Мельник А. М. Алгоритми генерації множини задач та їх автоматичне розв'язання в прикладному програмному середовищі / А. М. Мельник, Р. М. Пасічник // Вісник Тернопільського національного технічного університету. – 2011. – Т. 16, № 2. – С. 157–163.

8. Мельник А. М. Автоматична генерація тестових завдань різних типів / А. М. Мельник // Вісник Хмельницького національного університету. – 2010. – № 4. – С. 124–129.

9. Мельник А. М. Система кількісних показників оцінки ефективності технологій автоматизованого навчання / А. М. Мельник // Матеріали І Всеукраїнської школи семінару молодих вчених і студентів «Сучасні комп'ютерні інформаційні технології. – Тернопіль, 2011. – С. 128–129.

10. Мельник А. М. Система автоматичної генерації тестових завдань / А. М. Мельник, Р. М. Пасічник // Тези доповідей міжнародної науково–практичної конференції ["Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія ", (ІТКІ–2010)], (Вінниця, Україна, 19–21 травня 2010 р.) / М-во освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет [та ін.]. – Вінниця: Вінницький національний технічний університет, 2010. – С. 408–409.

11. Мельник А. М. Методи та засоби автоматичної генерації тестових завдань різних форм / А. М. Мельник // Матеріали 2–ї науково-практичної конференції ["Інноваційні комп'ютерні технології у вищій школі"], (Львів, 23–25 листопада 2010 р.) / М-во освіти і науки України, Національний університет «Львівська політехніка». – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2010. – С. 147–152.

12. Мельник А. М. Моделювання параметрів навчального процесу в умовах невизначеності / А. М. Мельник, Р. М. Пасічник // Поступ в науку: зб. наук. праць за матеріалами проблемно-наукової міжгалузевої конференції ["Інформаційні проблеми комп'ютерних систем, юриспруденції, економіки та моделювання", (ПНМК–2009)], (Бучач, Скоморохи, Карпати, 19–22 травня 2009 р.) / НАН України, Академія правових наук України [та ін.]. – Бучач: Бучацький інститут менеджменту і аудиту, 2009. – Т. 1., № 5.– С. 216–219.

13. Мельник А. М. Автоматична генерація тестових завдань як засіб підвищення ефективності процесу навчання / А. М. Мельник, Р. М. Пасічник, Р. П. Шевчук // Тези доповідей ІІ міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія». – Харків, 2011. – С. 57–59.

14. Пасічник Р. М. Формалізація процесу побудови онтологій на основі базових класів / Р. М. Пасічник, А. С. Саченко, А. М. Мельник // Збірник наукових праць за матеріалами XIII

всеукраїнської науково конференції [”Сучасні проблеми прикладної математики та інформатики ”], (Львів, 3–5 жовтня 2006 р.) / М-во освіти і науки України, Львівський національний університет імені Івана Франка. – Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2006. – С. 162–163.

15. Melnyk A. System of semantic classes for test's generation / A. Melnyk., R. Pasichnyk // Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science. Proceedings of the International Conference. TCSET'2010. – Lviv-Slavsko, Ukraine, 2010. – P. 206–207

16. Pasichnyk R. Modeling of effective studies in Adaptive Educational Systems / R. Pasichnyk, A. Melnyk // The Expirence of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics. Proceedings of the International Conference. CADSM '2009. – Lviv-Polyana, Ukraine, 2009. – P. 248–250.

17. Pasichnyk R. Modeling of Cognitive Processes for Bio-Technical Systems / R. Pasichnyk, A. Melnyk // Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science. Proceedings of the International Conference. TCSET'2008. – Lviv-Slavsko, Ukraine, 2008. – P. 27–28.

18. Pasichnyk R. Method of Adaptive Control Structure Learning Based on Model of Test's Complexity / R. Pasichnyk, A. Melnyk, N. Pasichnyk, I. Turchenko // Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications Proceedings of the 6th IEEE International Conference IDAACS' 2011, Volume 2 (Prague, Czech Republic, 15–17 September 2011) / IEEE Ukraine I&M / CI Joint Societies chapter, Research Institute for Intelligent Computer Systems, 2011. – P. 692–695.

АНОТАЦІЯ

Мельник А. М. Інформаційна технологія автоматичної генерації тестових завдань з керованою складністю. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – Інформаційні технології. – Тернопільський національний економічний університет, Тернопіль, 2012.

Дисертація присвячена вирішенню актуальної наукової задачі – мінімізації часових витрат на формування тестових завдань при забезпечені їх достатньої складності та повноти контролю знань шляхом створення інформаційної технології автоматичної генерації тестових завдань з керованою складністю. В ході дослідження було виявлено недоліки сучасних технологій генерації тестових завдань, запропоновано систему кількісних показників оцінки ефективності технологій автоматизованого навчання.

Запропоновано методи та засоби формалізації навчальних матеріалів на основі деревовидних інформаційних структур. Розроблено методи автоматичної генерації тестових завдань для перевірки теоретичних знань, які на відміну від відомих рішень використовують семантичну, формальну та синтаксичну типізацію і забезпечують економію затрат на створення нових тестів. Створено метод генерації тестових завдань для тестування методологічних знань, розроблено метод генерації задач для перевірки вмінь та навиків із програмованим оператором. Запропоновано адаптивно-структурний метод оцінки складності тестових завдань, який дозволив автоматизувати генерацію завдань заданої складності. Побудовано метод мінімізації часу інтерактивного навчання для забезпечення необхідного рівня успішності на основі функції часових затрат.

Розроблені методи та засоби практично реалізовані у веб-орієнтовній системі SAGT. Розроблені методи та засоби впроваджені в ряді вищих навчальних закладів України.

Ключові слова: інформаційні технології, семантичний контроль, ефективність навчального процесу, автоматична генерація тестових завдань, управління складністю.

АННОТАЦИЯ

Мельник А. М. Информационная технология автоматической генерации тестовых заданий с управляемой сложностью. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Информационные технологии. – Тернопольский национальный экономический университет, Тернополь, 2012.

Диссертация посвящена решению актуальной научной задачи – минимизации временных затрат на формирование тестовых заданий при обеспечении их достаточной сложности и полноты контроля знаний путем создания информационной технологии автоматической генерации тестовых заданий с управляемой сложностью. Проанализированы преимущества и недостатки современных методов генерации тестовых заданий и оценки их сложности, исследованы особенности современных систем дистанционного обучения. Предложена система количественных показателей оценки эффективности технологий автоматизированного обучения, которая позволила сформировать направления их улучшения.

Предложены методы и средства формализации учебных материалов на основе древовидных информационных структур. Разработаны методы автоматической генерации тестовых заданий, которые в отличие от известных решений используют семантическую, формальную и синтаксическую типизацию и обеспечивают экономию временных затрат. Создан метод генерации заданий для тестирования методологических знаний на основе формализации типичных проблемных ситуаций и их компонентов. Разработан метод генерации задач для проверки умений и навыков с программируемым оператором. В ходе исследования обоснована необходимость оценки сложности тестов, разработан адаптивно-структурный метод оценки сложности, который объединяет преимущества статистических методов оценки сложности и методов на основе структурного анализа. Предложен метод минимизации времени интерактивного обучения для обеспечения необходимого уровня успеваемости на основе функции временных затрат. Этот метод в отличие от известных, учитывает распределение тестовых заданий по уровням сложности и обеспечивает адаптацию к динамике процесса обучения.

Реализована информационная технология автоматической генерации тестовых заданий с управляемой сложностью, которая, исходя из анализа количественных показателей оценок технологий автоматизированного обучения, позволила улучшить интегральный показатель эффективности. Разработаны методы и средства внедрены в ряде вузов Украины.

Ключевые слова: информационные технологии, семантический контроль, эффективность учебного процесса, автоматическая генерация тестовых заданий, управление сложностью.

ANNOTATION

Melnyk A. M. Information Technology of Tests Automatic Generation with Controlled Complexity. – Manuscript.

Thesis for the Candidate's degree of engineering science in specialty 05.13.06 – Information technology. – Ternopil National Economic University, Ternopil, 2012.

The thesis is dedicated to solving important scientific and technical problem which consists in minimize time pent on formation tests provided by their sufficient complexity and completeness of control knowledge by creating information technology of tests automatic generation with controlled complexity. A system of quantitative indicators to measure the effectiveness of technology-aided learning, which allowed to form ways to improve it.

Methods of automatic generation of tests to verify the theoretical knowledge are developed. Developed method for generation of tests for testing the methodology knowledge. Developed method of generating test problems for tests of abilities and skills with programmable operator. An adaptive-structural method for assessing the complexity of tests is developed. Method of adaptive control structure learning, which provides significant cost savings in time without loss of learning effectiveness are proposed. Implemented information technology for the automatic generation of tests with controlled complexity in web-oriented system SAGT. AGT technology has several advantages compared with known solutions, as confirmed experimentally.The developed methods and tools implemented in several universities in Ukraine.

Keywords: Information technology, semantic control, efficiency of the educational process, the automatic generation of tests, management of complexity.