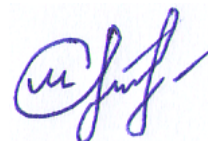


**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**МАЗУРЕЦЬ ОЛЕКСАНДР ВІКТОРОВИЧ**



УДК 004.91

**ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО  
СТРУКТУРУВАННЯ НАВЧАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА СТВОРЕННЯ ТЕСТІВ  
ДЛЯ АДАПТИВНОГО КОНТРОЛЮ РІВНЯ ЗНАНЬ**

05.13.06 – інформаційні технології

**Автореферат**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Тернопіль – 2020

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Хмельницькому національному університеті Міністерства освіти і науки України.

**Науковий керівник:** доктор технічних наук, професор  
**Бармак Олександр Володимирович**,  
Хмельницький національний університет,  
професор кафедри комп'ютерних наук та інформаційних  
технологій.

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор  
**Литвиненко Володимир Іванович**,  
Херсонський національний технічний університет,  
завідувач кафедри інформатики і комп'ютерних наук;

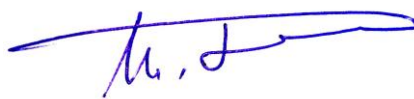
кандидат технічних наук, доцент  
**Мельник Андрій Миколайович**,  
Тернопільський національний економічний університет,  
доцент кафедри комп'ютерних наук.

Захист відбудеться 19 березня 2020 р. о 14<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 58.082.02 у Тернопільському національному економічному університеті за адресою: 46009, м. Тернопіль, вул. Львівська, 11а, зал засідань.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Тернопільського національного економічного університету за адресою: 46009, м. Тернопіль, вул. Бережанська, 4.

Автореферат розісланий 18 лютого 2020 р.

**Вчений секретар**  
**спеціалізованої вченої ради,**  
**кандидат технічних наук**



**М.П. Комар**

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Дисертаційна робота присвячена розробці інформаційної технології (ІТ) для автоматизованого формування тестових завдань до інформаційних навчальних матеріалів (ІНМ), яка дозволяє за вхідними даними ІНМ курсу автоматизовано одержувати множину тестових завдань для цілеспрямованої перевірки рівня знань визначених термінів у структурі ІНМ, що необхідно для адаптивного тестування.

**Актуальність роботи.** У галузі сучасної вищої освіти потенційна якість отриманих освітніх послуг прямо залежить від якості ІНМ та ефективності засобів контролю рівня засвоєних знань. Важливу роль у розв'язанні проблеми ефективного контролю рівня засвоєних знань, що постає з розвитком нових технологій і підвищенням ступеня інформатизації суспільства й освіти, відіграють комп'ютерні засоби перевірки знань. Одним із основних способів контролю знань у навчальних інформаційних системах залишається комп'ютерне тестування.

За умов вузької спеціалізації курсів навчальних дисциплін, їх чисельності та інтенсивного оновлення застосування ІТ дає змогу зменшити затрати часу на створення тестового навчального матеріалу (ТНМ) за допомогою автоматизації процесу його створення, а також забезпечити можливість використання створених тестових завдань для цілеспрямованої перевірки рівня знань визначених термінів у визначених елементах структури ІНМ, що необхідно для адаптивного тестування й актуалізує наведений напрямок наукових досліджень.

Для вирішення поставлених задач необхідні семантичний аналіз контенту ІНМ та автоматизація процесу створення тестових завдань. Значний внесок у напрямок семантичного аналізу цифрових текстів внесли Анісімов А. В., Бармак О. В., Бісікало О. В., Бродер А., Виноград Т. В., Гальперін І. Р., Греймас А. Ж., Кобозева І. М., Крак Ю. В., Кронгауз М. А., Лакофф Дж., Ланде Д. В., Леонтьєв Н. Н., Лунн Х. П., Люгер Д. Ф., Маккарті Д., Ньюелл А., Пітс У., Попов Е. В., Поспелов Д. А., Рубашкін В. Ш., Саченко А. О., Севбо І. П., Фостер Д. М., Хопкрофт Дж., Шемакін Ю. І., Широков В. А. та інші. Вагомий внесок у напрямок автоматизації тестування, розробки та застосування навчальних і тестувальних середовищ зробили Аванесов В. С., Башмаков І. А., Клайн П., Литвиненко В. І., Мельник А. М., Пасічник В. В., Пасічник Р. М., Рафальська О. О., Снитюк В. Е., Теленик С. Ф., Титенко С. В., Томашевський В. М., Тонконогий В. М., Федусенко О. В., Федорук П. І. й інші.

Існуючі методи та підходи щодо автоматизації створення тестових завдань характеризуються суттєвими вимогами до приведення ІНМ до потрібного вигляду та структури, що вимагає додаткових витрат часу та зусиль. Такий підхід актуальний для ІНМ, які важко піддаються автоматизованому семантичному аналізу. Проте більшість ІНМ можуть бути автоматизовано оброблені для визначення їх семантичної структури. Побудова відповідної моделі семантичної структури для навчального курсу відкриває можливість автоматизованого створення розподілених за такою структурою навчального матеріалу тестових завдань. Для створення тестових завдань використано продукційну модель формального представлення

знань для подання правил формування граматичних конструкцій тестових завдань, характерних для ручного створення тестів.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконана на кафедрі комп'ютерних наук та інформаційних технологій Хмельницького національного університету. Зміст роботи, її основні завдання відповідають державним науково-технічним програмам, які було сформульовано в законах України «Про наукову і науково-технічну діяльність», «Про Національну програму інформатизації», а також планам найважливіших науково-дослідних робіт Міністерства освіти і науки України, п.6.2.2. «Перспективні інформаційні технології і системи». Дисертаційна робота є складовою частиною досліджень, що виконувались за держбюджетною темою 1Б-2019 «Агентно-орієнтована система підвищення безпеки та якості програмного забезпечення комп'ютерних систем» (номер державної реєстрації 0119U100662) у Хмельницькому національному університеті, в якій здобувач був виконавцем окремих розділів.

**Мета і задачі роботи.** Мета роботи полягає в розробці ІТ, що уможливить автоматизоване створення тестових завдань, розподілених за структурою ІНМ. Для досягнення поставленої мети визначені наступні задачі дослідження:

- 1) провести аналіз існуючих методів пошуку ключових термінів у цифрових текстах і методів автоматизованого формування тестових завдань до ІНМ;
- 2) удосконалити інформаційну модель семантичної структури навчального курсу для забезпечення можливості з достатньою інформативністю виконувати формальне подання навчальних матеріалів;
- 3) удосконалити метод формування структури ІНМ та пошуку у них ключових термінів, включаючи словосполучення, в ієрархічному розрізі рубрик ІНМ;
- 4) розробити метод автоматизованого формування тестових завдань до ІНМ за допомогою правил продукції, який не вимагатиме додаткової формалізації ІНМ;
- 5) розробити ІТ автоматизованого створення тестових завдань за допомогою отриманих моделей та методів;
- 6) виконати експериментальну перевірку ІТ автоматизованого створення тестових завдань.

*Об'єкт дослідження* – процес створення тестових завдань із використанням інформаційних технологій.

*Предмет дослідження* – моделі, методи, підходи та засоби інформаційної технології автоматизованого створення тестових завдань.

**Методи дослідження.** Для розв'язання поставлених задач використовуються основні положення методів аналізу даних, теорії графів, теорії множин. Для визначення ключових слів використано метод дисперсійної оцінки; для формування тестових завдань використано метод подання знань за допомогою правил продукції; для реалізації ІТ – методології проектування інформаційних систем та об'єктно-орієнтований підхід.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає в наступному:

1. Удосконалено інформаційну модель семантичної структури навчального курсу, яка на відміну від відомих забезпечує можливість формального подання семантичної структури навчального курсу з інформативністю, достатньою для автоматизованого створення розподілених за структурою ІНМ тестових завдань.

2. Удосконалено метод формування структури навчальних матеріалів та пошуку в них ключових термінів, який на відміну від відомих дозволяє врахувати можливість взаємного поглинання термінів і ідентифікувати як термін не тільки слова, а й словосполучення.

3. Вперше розроблено метод автоматизованого формування тестових завдань до навчальних матеріалів, який використовує продукційну модель для подання правил формування тестових завдань і дозволяє одержувати множини тестових завдань без додаткової формалізації ІНМ;

4. Вперше розроблено ІТ автоматизованого створення тестових завдань до навчальних матеріалів, яка дозволяє за вхідними даними ІНМ автоматизовано одержувати множини тестових завдань, що придатні для проведення адаптивного тестування.

**Практичне значення одержаних результатів.** У результаті виконаного дисертаційного дослідження за ІТ розроблено відповідне експериментальне програмне забезпечення, яке підтвердило вірність запропонованих наукових положень. Застосування ІТ дає можливість за обраним цифровим документом з ІНМ: автоматизовано визначати їхню структуру і формувати впорядковані за семантичною важливістю множини ключових термінів та автоматизовано створювати множини тестових завдань для цілеспрямованої перевірки рівня знань у структурі ІНМ при адаптивному тестуванні.

Отримані результати досліджень покладено в основу експериментальних програмних застосувань, що ілюструють можливості ІТ. Програмне забезпечення використовувалось у роботі Навчального простору «VECTOR» (м. Хмельницький, акт про впровадження від 01.04.2019 р.); в Приватному малому підприємстві «Лінк» (м. Хмельницький, акт про впровадження від 15.04.2019 р.), в Товаристві з обмеженою відповідальністю “Науково-технічна фірма «Інфосервіс»” (м. Хмельницький, акт про впровадження від 07.05.2019 р.); у навчальному процесі Хмельницького національного університету при викладанні дисциплін «Методи та системи штучного інтелекту», «Проектування інформаційних систем» та «Інтелектуальний аналіз даних» (м. Хмельницький, акт про впровадження від 22.05.2019 р., ХНУ).

**Особистий внесок здобувача.** Усі наукові і практичні результати дисертаційної роботи одержані автором самостійно й опубліковані [1-31], зокрема, в одноосібно підготовлених працях: ІТ автоматизованого створення тестів до ІНМ [14]; інформаційна модель семантичної структури навчального курсу [8]; метод формування структури ІНМ та пошуку в них ключових термінів [10]; метод автоматизованого формування тестових завдань до ІНМ [11, 15].

У друкованих працях, опублікованих у співавторстві, автору належать основні ідеї, теоретична та практична розробка положень, відображених у характеристиці наукової новизни отриманих результатів, а саме: дослідження методів пошуку ключових слів та термінів [4]; інформаційна модель семантичної структури навчального курсу [13]; метод формування структури ІНМ та пошуку в них ключових термінів [1, 2, 3, 5]; метод автоматизованого формування тестових завдань до ІНМ [6]; ІТ автоматизованого формування тестових завдань до ІНМ [7]; програмне забезпечення за ІТ автоматизованого формування тестових завдань до ІНМ [9, 12]. Отримані патенти на корисну модель [16, 17].

**Апробація результатів роботи та публікації.** Основні наукові та практичні результати доповідалися та обговорювалися на міжнародних та всеукраїнських наукових конференціях [18-31], зокрема: «Інформаційні управляючі системи та технології (ICST-ODESSA)» (Одеса, 2014–2019); «Конференція з автоматичного управління та інформаційних технологій (ICACIT)» (Київ, 2015); «Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту» (Херсон, 2015); «Актуальні проблеми комп'ютерних технологій (АПКТ)» (Хмельницький, 2016); «Укр'ПРОГ» (Київ, 2016, 2018); «Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи» (Тернопіль, 2017, 2019); «Моделювання та дослідження стійкості динамічних систем (DSMSI)» (Київ, 2019).

Результати дисертаційних досліджень доповідались на наукових семінарах кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій Хмельницького національного університету (2014–2019рр.).

**Публікації результатів.** Основні положення і результати дисертації були опубліковані в 31 науковій праці, зокрема: 3 публікації – у виданнях зареєстрованих у наукометричній базі Scopus, 12 статей – у фахових виданнях (5 з яких є одноосібними), 2 патенти на корисну модель та 14 публікацій – у матеріалах конференцій.

**Структура та обсяг роботи.** Дисертаційна робота складається з анотації, вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел із 181 найменування на 20 сторінках та 7 додатків. Загальний обсяг дисертації становить 217 сторінок, з них 151 сторінка основного тексту. Дисертація містить 49 рисунків та 17 таблиць.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету та завдання дослідження, визначено наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, подано інформацію щодо апробацій та публікацій результатів дисертаційної роботи із зазначенням особистого внеску автора в роботах, виконаних у співавторстві.

У **першому розділі** розглянуто відомі технології побудови семантичної структури навчальних матеріалів та визначення рівня засвоєних знань. Розглянуто відомі методи пошуку ключових термінів у цифрових текстах. Зроблено огляд існуючих підходів до автоматизації формування тестових завдань, які здебільшого

вимагають суттєвої і трудомісткої попередньої підготовки ІНМ. Наведено переваги використання адаптивного тестування. Для забезпечення якісної перевірки знань важливим аспектом визначено побудову ТНМ, який повністю покриває структуру ІНМ, для чого необхідне співставлення кожного тестового завдання з конкретним фрагментом контенту ІНМ та семантичної одиниці (наприклад терміну, поняття), знання якої ним перевіряється. Сформульовані основні задачі дослідження.

У **другому розділі** розглянуто моделі та методи, розроблені для автоматизованого створення тестів до ІНМ.

**Інформаційна модель семантичної структури навчального курсу** містить формальне подання ІНМ та ТНМ як сукупності *множин сутностей* (заголовків, слів, ключових термінів, тестових завдань, зв'язків). Структура навчального курсу (educational course, *EC*) подається у вигляді:

$$\{IEM, TEM\} \subset EC, \quad (1)$$

де *IEM* – інформаційний навчальний матеріал (informational education material), *TEM* – тестовий навчальний матеріал (testing education material).

Семантична структура *EC* як об'єднання *IEM*  $\cup$  *TEM* подається у вигляді:

$$IEM \cup TEM = \{M_{Heading} \cup M_{Term} \cup M_{TestEx} \cup M_{Rel}\}, \quad (2)$$

де  $M_{Heading}$  – множина заголовків,  $M_{Term}$  – множина ключових термінів,  $M_{TestEx}$  – множина тестових завдань,  $M_{Rel}$  – множина зв'язків.

У залежності від типів елементів, які сполучаються за допомогою елементів множини  $M_{Rel}$ , її структура подається у такий спосіб:

$$M_{Rel} = M_{Rel:H-H} \cup M_{Rel:H-T} \cup M_{Rel:H-TE} \cup M_{Rel:T-TE}, \quad (3)$$

де  $M_{Rel:H-H}$  – множина зв'язків між заголовками й заголовками,  $M_{Rel:H-T}$  – множина зв'язків між заголовками й ключовими термінами,  $M_{Rel:H-TE}$  – множина зв'язків між заголовками та тестовими завданнями,  $M_{Rel:T-TE}$  – множина зв'язків між ключовими термінами та тестовими завданнями.

Згідно з (2) та (3) семантична структура ІНМ і ТНМ навчального курсу приведена до вигляду (рис. 1):

$$IEM \cup TEM = \{M_{Heading} \cup M_{Term} \cup M_{TestEx} \cup M_{Rel:H-H} \cup M_{Rel:H-T} \cup M_{Rel:H-TE} \cup M_{Rel:T-TE}\}. \quad (4)$$

Кожна із складових *IEM* та *TEM* у моделі *EC* має власне подання й структуру.

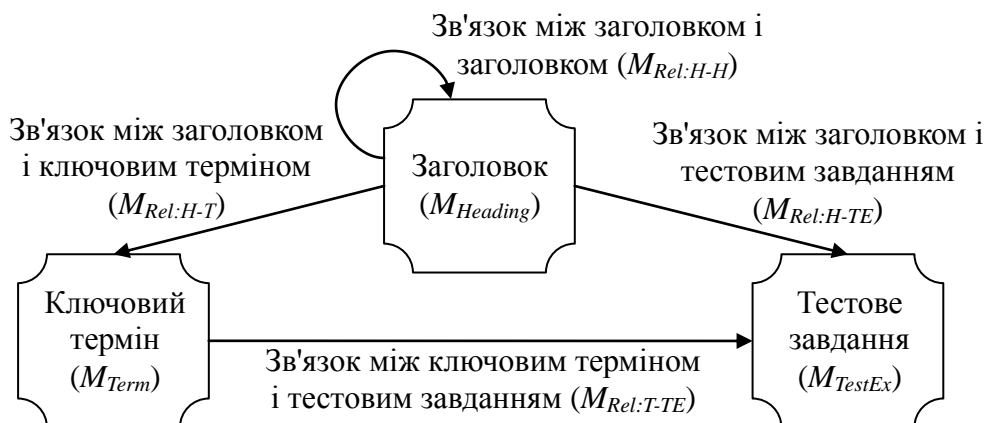


Рисунок 1 – Взаємозв'язок між параметрами моделі

**Метод формування структури навчальних матеріалів та пошуку в них ключових термінів** призначений для автоматизованого визначення структури документа ІНМ. У ньому кожному елементу рубрики зіставляється відповідний фрагмент контенту ІНМ та визначаються за показником семантичної важливості обмежені множини ключових термінів (рис. 2). *Вхідними даними* методу є електронний документ ІНМ для обробки та множина параметрів обмеження моделі, до яких належать максимальна кількість слів у терміні  $n$  та гранична щільність ключових термінів у тексті  $Q$ .

У *Блоці 1* методу шляхом парсингу автоматизовано визначається структура з  $q = |M_{Heading}|$  рубрик (заголовків) документа, кожному елементу  $z = \overline{1, q}$  якої зіставляється відповідний фрагмент контенту ІНМ. Підпорядкування рубрик відображається у вигляді  $q = |M_{Rel:H-H}|$  зв'язків у множині  $M_{Rel:H-H}$ . Результатом є верхній рівень семантичної структури ІНМ:  $G' = M_{Heading} \cup M_{Rel:H-H}$ .

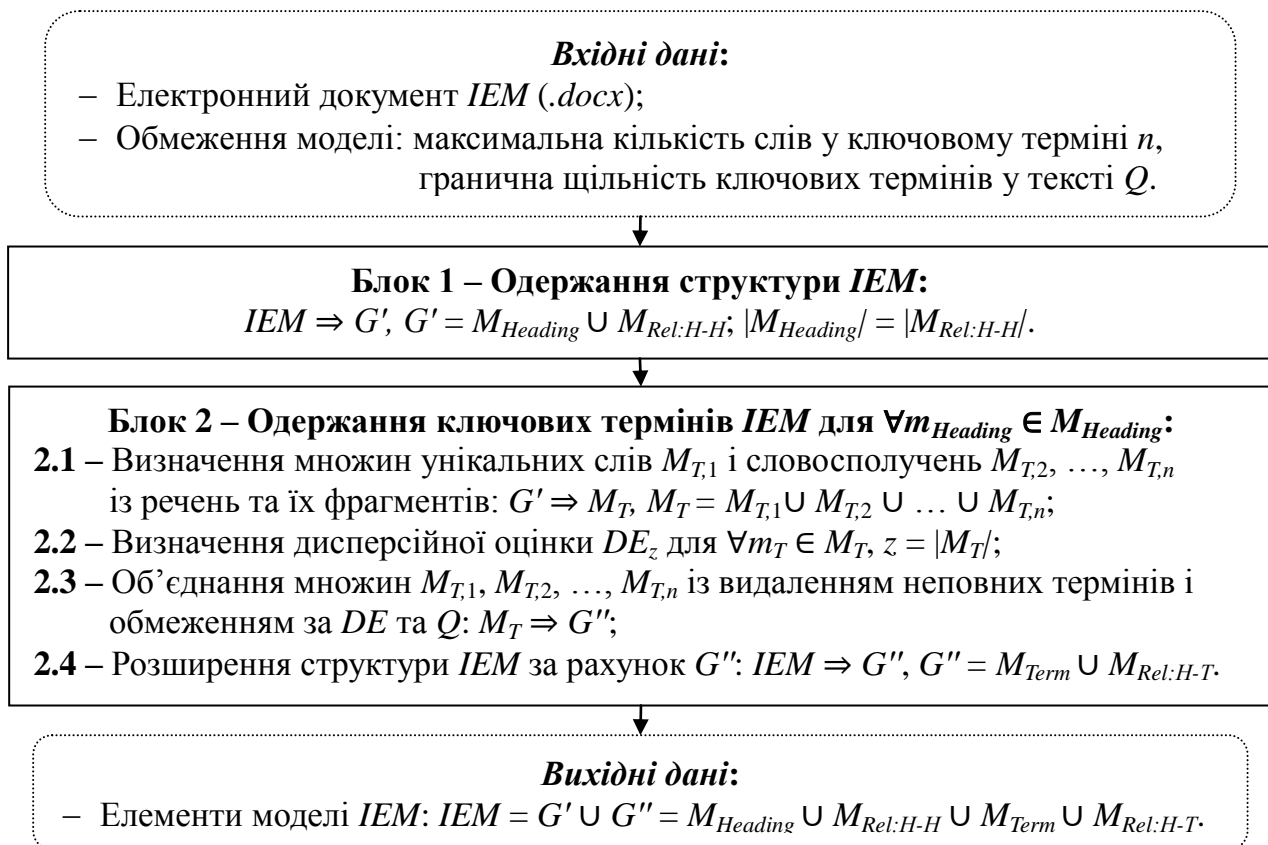


Рисунок 2 – Загальна схема методу формування структури навчальних матеріалів та пошуку в них ключових термінів

У *Блоці 2* для кожного зі співставлених заголовкам  $z$  фрагментів контенту ІНМ  $\forall m_{Heading} \in M_{Heading}$  визначається за показником семантичної важливості множина ключових термінів. Для цього використовуються наступні кроки.

На *кроці 2.1* формується множина унікальних слів і словосполучень тексту  $M_T = M_{T,1} \cup M_{T,2} \cup \dots \cup M_{T,n}$ ; кожному елементу  $M_T$  зіставляється кількість появ у фразах досліджуваного елемента множини  $M_{Heading}$ . До множини унікальних слів  $M_{T,1}$  належать всі унікальні слова тексту. До множин унікальних словосполучень  $\{M_{T,2}, \dots, M_{T,n}\}$  належать всі унікальні послідовності слів тексту, що не виходять за межі фраз та мають довжину відповідно від 2 до  $n$  слів.



На кроці 2.2 виконується обрахунок відстаней між однаковими елементами  $m_T \in M_T$  в тексті. На відміну від існуючої формули обрахунку відстаней  $\Delta A_k^m = A_{k+1}^m - A_k^n = m - n$ , яка для  $k$  появ елемента визначає  $k - 1$  відстаней, використовується одержання  $k$  відстаней у наступний спосіб. Для кожної  $k$ -ї появи  $m_T$  з множини  $M_{T1}$  у множині  $M_{TXT}$  на позиції  $m_k^t$  обраховується одне значення відстані  $\Delta A_{m,k}^t$ :

$$\Delta A_{m,k}^t = \begin{cases} 0, & \text{якщо } m_{\min}^t = m_{\max}^t; \\ m_{\min}^t + |M_{TXT}| - m_{\max}^t, & \text{якщо } m_k^t = m_{\max}^t; \\ m_{k+1}^t - m_k^t, & \text{в іншому випадку,} \end{cases} \quad (5)$$

де  $m_{\min}^t$  – позиція першої появи  $m_T$  у множині  $M_{TXT}$ ,  $(\Delta T^2)$ ,  $m_{\max}^t$  – позиція останньої появи  $m_T$  у множині  $M_{TXT}$ .

За обрахованими відстанями  $\Delta A$  проводиться дисперсійне оцінювання термінів за відомою формулою  $DE = \sqrt{(\Delta A^2) - (\Delta A)^2} / (\Delta A)$ , де  $(\Delta A)$  – середнє значення послідовності  $\Delta A_1, \Delta A_2, \Delta A_k$ ;  $(\Delta A^2)$  – послідовності  $A_1^2, A_2^2, A_k^2$ ;  $K$  – кількість появ слова  $A$  в тексті. Відмінністю є обрахунок значення  $DE$  не тільки для слів з  $M_{T1}$ , а й для словосполучень з  $\{M_{T2}, \dots, M_{Tn}\}$ .

На кроці 2.3 проводиться поглинання елементів у множині  $M_T$ , якщо вони переважно (більше ніж у половині випадків) є частиною іншого елемента із більшою кількістю слів. Якщо в множині  $M_T$  існує елемент  $t_1$  ( $k_1$  – кількість появ  $t_1$  у множині  $M_T$ ), що є впорядкованою множиною з  $x_1$  слів, та елемент  $t_2$  ( $k_2$  – кількість появ  $t_2$  у множині  $M_T$ ), що є впорядкованою множиною з  $x_2$  слів, причому  $t_1$  є підмножиною  $t_2$  ( $t_1 \subset t_2$ ), а  $x_1 < x_2$ , то при виконанні умови  $2k_1 < k_2$  елемент  $t_1$  видаляється з множини  $M_T$ . У результаті з множини  $M_T$  видаляються елементи, які використовуються переважно як частини інших елементів.

Після цього з множини  $M_T$  видаляються всі елементи, для яких  $DE_i = 0$  (термін присутній у тексті лише один раз). Елементи в множині  $M_T$  сортуються за значенням їх дисперсійної оцінки  $DE$ , після чого їх кількість обмежується відповідно до вхідного параметра граничної щільності ключових термінів у тексті  $Q$  (рекомендовано  $Q = 0,11-0,15$ ), для чого до порожньої множини ключових термінів  $M_{Term}$  додаються елементи з множини  $M_T$  з найбільшими значеннями  $DE$  доти, доки справджується рівність:

$$\sum_{i=1}^n \frac{K_n x_n}{X_{txt}} \leq Q, \quad (6)$$

де  $K_n$  – кількість появ терміну  $n$  у множині  $M_{TXT}$ ;  $x_n$  – кількість слів у терміні  $n$ ;  $X_{txt}$  – загальна кількість слів у тексті;  $n$  – поточна кількість термінів у множині  $M_{Term}$ .

У результаті виконання методу на кроці 2.4 одержується нижній рівень семантичної структури ІНМ:  $G'' = M_{Term} \cup M_{Rel:H-T}$ . Вихідними даними методу є елементи моделі ІЕМ:  $IEM = G' \cup G'' = M_{Heading} \cup M_{Rel:H-H} \cup M_{Term} \cup M_{Rel:H-T}$ .

**Метод автоматизованого формування тестових завдань** дає змогу автоматизовано одержувати множини тестових завдань  $M_{TestEx}$  різних типів до заданого ІНМ чи його визначеного елемента  $M_{Heading}$ , забезпечуючи при цьому повне

охоплення множиною тестових завдань семантики ІНМ у вигляді відповідної множини ключових термінів  $M_{Term}$  (рис. 3). *Вхідними даними* методу є контент ІНМ чи його визначеного елемента структури  $M_{Heading}$  та відповідна множина ключових термінів  $M_{Term} \cup M_{Rel:H-T}$ .

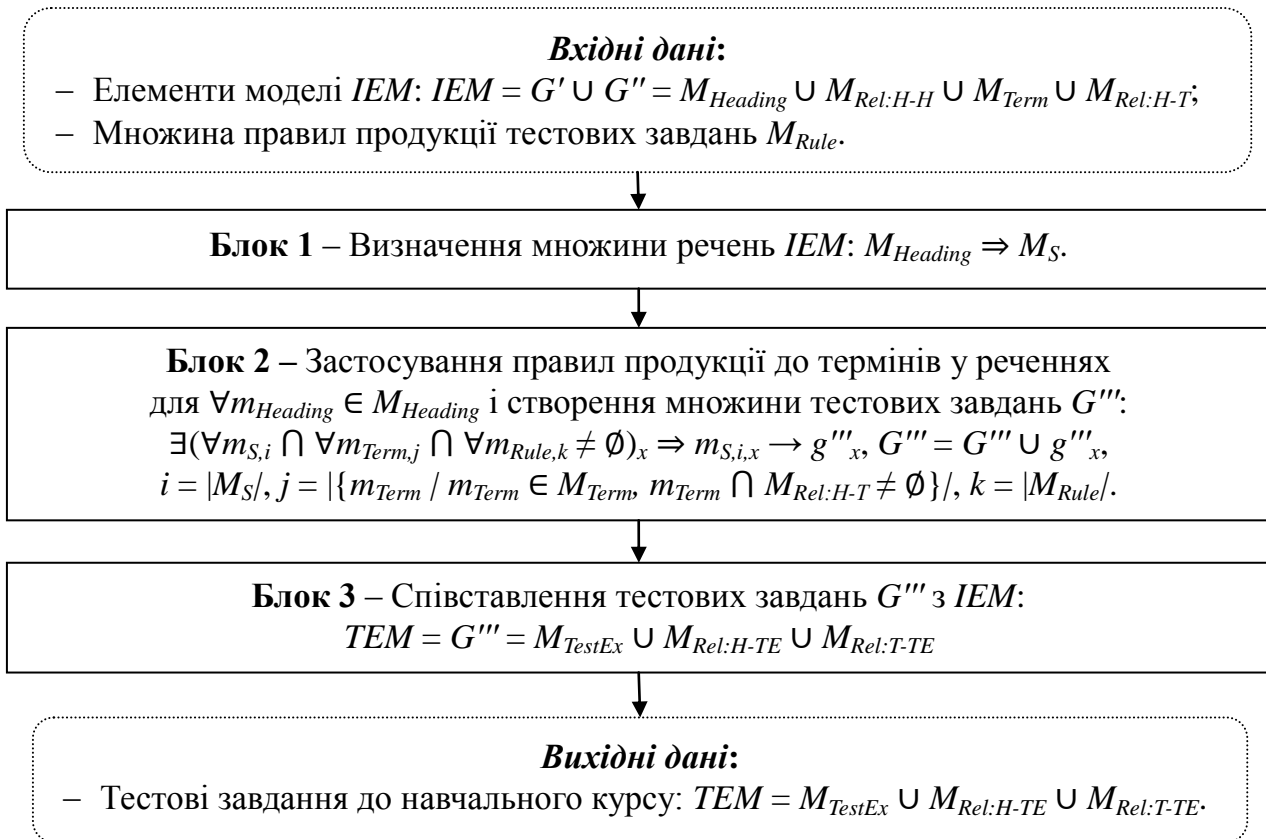


Рисунок 3 – Загальна схема методу автоматизованого формування тестових завдань

Для роботи методу необхідна множина правил продукції тестових завдань  $M_{Rule}$ , створених окремо і заздалегідь. Кожне правило продукції згідно з продукційною моделлю складається з умовної та дієвої частин. Умовою (антецедентом) виступає деяке речення-шаблон, за яким здійснюється пошук, а дією (консеквентом) – алгоритм перетворення речення в контент складових тестового завдання, що виконуються за умови успішного результату пошуку (рис. 4).

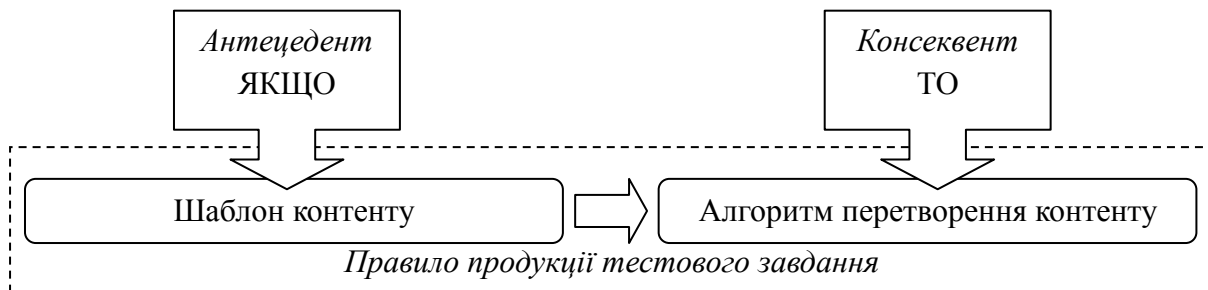


Рисунок 4 – Схема продукційного правила для формування тестових завдань

Спершу (*Блок 1*) шляхом парсингу контенту обраного елемента ІНМ формується множина фрагментів  $M_S$ , кожен з яких є реченням або в деяких випадках (наприклад, переліках) – множиною речень. Фрагменти локалізують потенційний контент для створення окремих тестових завдань.

Для створення множини тестових завдань  $G'''$  (Блок 2) кожен елемент  $m_S \in M_S$  з кожної рубрики документа  $m_{Heading} \in M_{Heading}$  перевіряється на наявність кожного ключового терміну  $m_{Term} \in M_{Term}$ , зіставленого даній рубриці  $m_{Term} \cap M_{Rel:H-T} \neq \emptyset$ . Якщо термін  $m_{Term}$  присутній у фрагменті  $m_S$ , то проводиться перебір правил продукції  $M_{Rule}$  на предмет відповідності антецедента правила. Кожен випадок відповідності  $\exists(\forall m_{S,i} \cap \forall m_{Term,j} \cap \forall m_{Rule,k} \neq \emptyset)_x$  має наслідком автоматичне створення нового тестового завдання  $g'''_x$ . Консеквент визначає алгоритм перетворення контенту фрагмента  $m_S$  у тестове завдання  $g'''$ .

Після цього (Блок 3) формуються зв'язки створених тестових завдань  $M_{TestEx}$  з використаними фрагментами контенту ІНМ  $M_{Rel:H-TE}$  та ключовими термінами  $M_{Rel:T-TE}$ , знання яких може перевірятись.

Вихідними даними методу автоматизованого формування тестових завдань є елементи моделі  $TEM: TEM = G''' = M_{TestEx} \cup M_{Rel:H-TE} \cup M_{Rel:T-TE}$ .

Сформована в розділі множина з 2 антецедентів  $A = \{a_1, a_2\}$  дозволяє описати всі речення, які потенційно придатні для створення тестових завдань. Множина з 11 консеквентів  $C = \{c_{a1}, c_{a2}, c_{a3}, c_{b1}, c_{b2}, c_{b3}, c_{b4}, c_{c1}, c_{c2}, c_{d1}, c_{d2}\}$  охоплює всі алгоритми створення тестових завдань типів, що використовуються в навчальних середовищах: логічного типу, одиничного вибору, множинного вибору та завдань на введення тексту. Множини антецедентів і консеквентів формують множину  $M_{Rule}$  з наведених у роботі 17 правил продукції (табл. 1), які дозволяють створювати всі можливі тестові завдання за всіма потенційно придатними реченнями.

Таблиця 1 – Можливі комбінації антецедентів і консеквентів правил продукції

Консеквенти	Правила по антецедентах	
	означальний $a_1$	згадувальний $a_2$
$c_{a1}$ – для постановки логічного питання до речення чи його частини без семантичних змін	$m_{1a1} = (a_1 \Rightarrow c_{a1})$	$m_{2a1} = (a_2 \Rightarrow c_{a1})$
$c_{a2}$ – для постановки логічного питання до речення чи його частини з заміною терміну чи його означення на некоректний варіант	$m_{1a2} = (a_1 \Rightarrow c_{a2})$	$m_{2a2} = (a_2 \Rightarrow c_{a2})$
$c_{a3}$ – для постановки логічного питання до речення чи його частини з додаванням заперечних часток	$m_{1a3} = (a_1 \Rightarrow c_{a3})$	$m_{2a3} = (a_2 \Rightarrow c_{a3})$
$c_{b1}$ – на вибір коректного терміну на задане означення терміна	$m_{1b1} = (a_1 \Rightarrow c_{b1})$	–
$c_{b2}$ – на вибір коректного означення, що відповідає заданому терміну	$m_{1b2} = (a_1 \Rightarrow c_{b2})$	–
$c_{b3}$ – на вибір одного коректного переліку	$m_{1b3} = (a_1 \Rightarrow c_{b3})$	$m_{2b3} = (a_2 \Rightarrow c_{b3})$
$c_{b4}$ – на вибір коректного терміна, пропущеного в реченні	–	$m_{2b4} = (a_2 \Rightarrow c_{b4})$
$c_{c1}$ – на вибір відповідних заданому терміну кількох коректних речень, дистрактори формуються шляхом заміни інших термінів у реченнях на заданий	$m_{1c1} = (a_1 \Rightarrow c_{c1})$	$m_{2c1} = (a_2 \Rightarrow c_{c1})$
$c_{c2}$ – на вибір кількох елементів з переліку, релевантних заданому реченню	$m_{1c2} = (a_1 \Rightarrow c_{c2})$	$m_{2c2} = (a_2 \Rightarrow c_{c2})$
$c_{d1}$ – на введення терміну, відповідного означенню	$m_{1d1} = (a_1 \Rightarrow c_{d1})$	–
$c_{d2}$ – на введення терміну, пропущеного у реченні	–	$m_{2d2} = (a_2 \Rightarrow c_{d2})$

Наведені множини антецедентів  $A$  і консеквентів  $C$  були визначені за результатом порівняння контенту існуючих елементів ІНМ та створених вручну

тестів для їх перевірки (містять 1287 тестових завдань); за результатом перевірки за тестовою вибіркою (містять 348 тестових завдань) виявлено, що сформовані множини антецедентів і консеквентів є достатніми.

У **третьому розділі** наведено *інформаційну технологію* автоматизованого створення тестів до ІНМ та необхідні для її практичної реалізації компоненти (рис. 5).

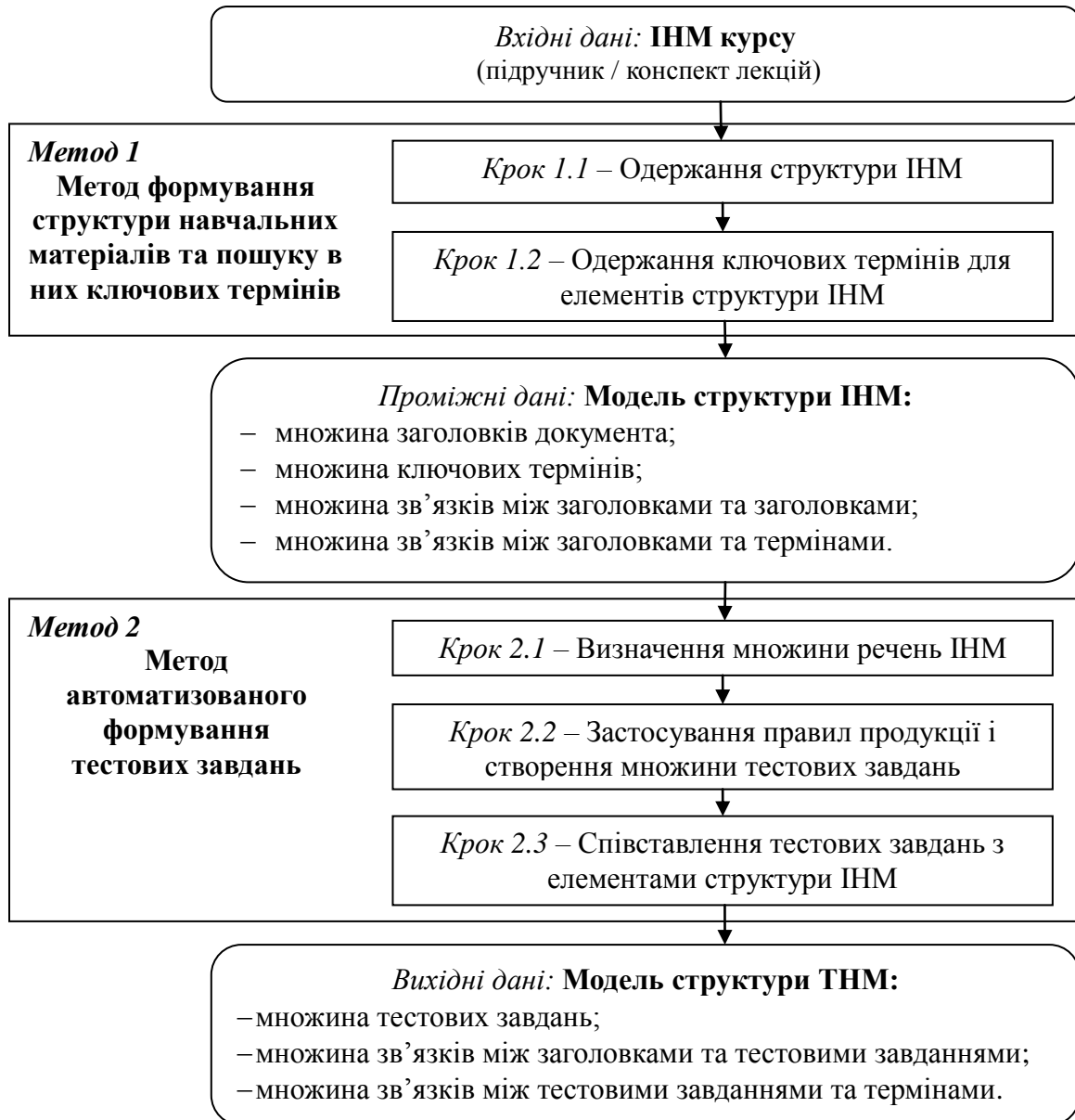


Рисунок 5 – Послідовність кроків ІТ

*Вхідними даними* ІТ є файл електронного документа з контентом ІНМ, наприклад, формату .docx. Файл має містити слабо структурований текстовий контент; для рубрикації бажане використання заголовків, які визначають структуру текстового контенту. Додаткової попередньої обробки вхідних даних ІТ не потребує.

ІТ шляхом послідовного використання розроблених методів 1 та 2 дозволяє одержати *вихідні дані* – множину тестових завдань та метадані, необхідні для проведення адаптивного тестування. Одержані тестові завдання різні за параметрами

(тип запитання; правило, за яким сформоване тестове завдання; терміни, які використовуються у завданні тощо), й семантично, структурно та параметрично повністю охоплюють відповідний вхідний ІНМ.

У розділі наведено архітектуру та розподіл функцій за компонентами тестової програмної системи, що створена за ІТ. Розроблено зразки правил продукції, необхідні для формування тестових завдань, які наведено за допомогою формального опису з використанням тегів. На рис. 6 наведено приклад формування тестового завдання для перевірки засвоєння терміну «Вимірювання» за антецедентом, якому відповідає речення (з послідовним слідуванням: можливого початкового тексту, ключового терміну, зв'язуючого фрагменту та решти речення – визначення терміну), й консеквентом для створення тестового завдання із введенням тексту та подальшим експортом тестового завдання у середовище тестування.

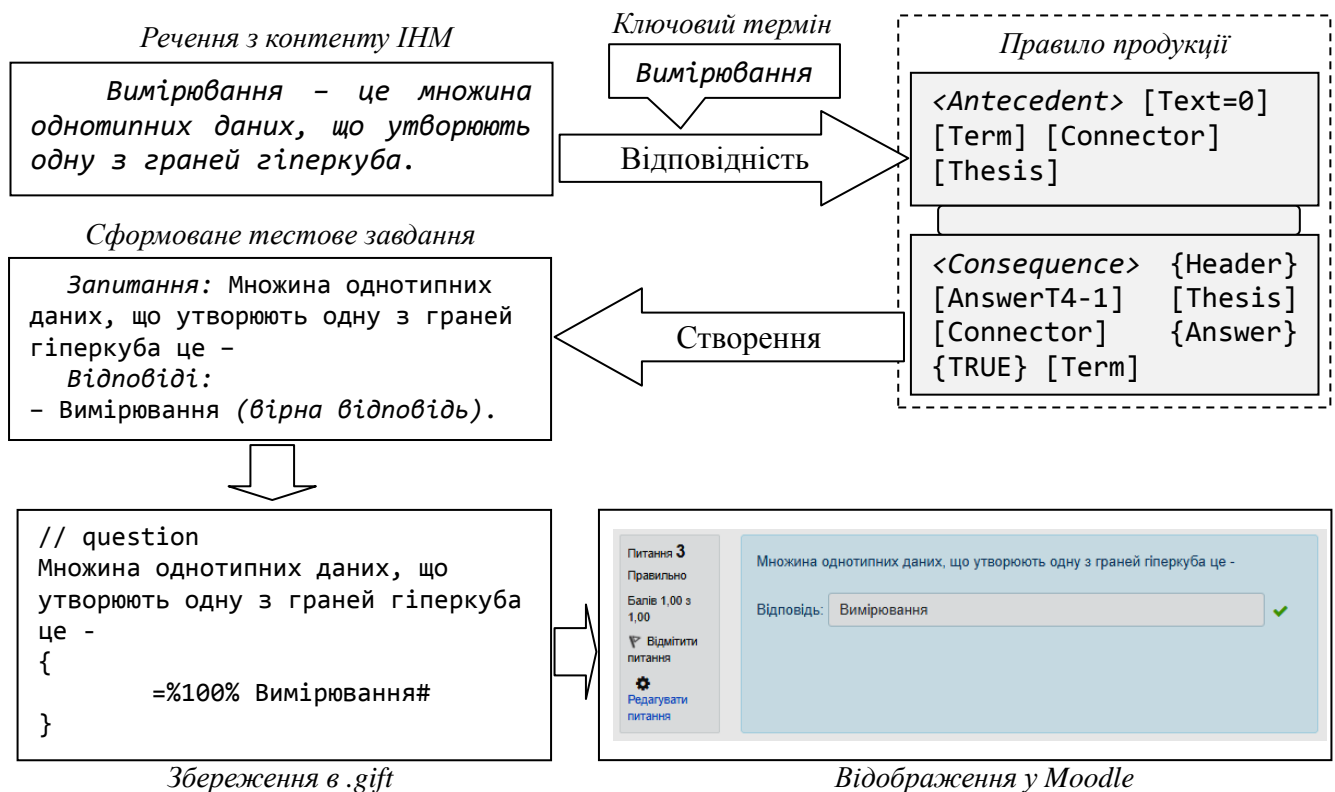


Рисунок 6 – Приклад формування тестового завдання

У четвертому розділі для тестування запропонованих у попередніх розділах моделі, методів та ІТ описано розроблене тестове програмне забезпечення, тестові вибірки вхідних даних і наведені результати експериментальних досліджень.

Згідно з ІТ *тестове програмне забезпечення* має дві підсистеми: підсистему формування структури ІНМ і пошуку ключових термінів та підсистему автоматизованого формування тестових завдань (рис. 7). Вхідними даними є файл .docx із контентом ІНМ. Вихідними даними є ТНМ – файли .xml та .gift, що містять тестові завдання для подальшого використання в середовищі Moodle для

адаптивного тестування рівня знань. Обов'язковою функцією користувача системи є вибір файлу документа ІНМ для обробки; подальші кроки, що приводять до формування множини тестових завдань, система здатна виконувати самостійно.

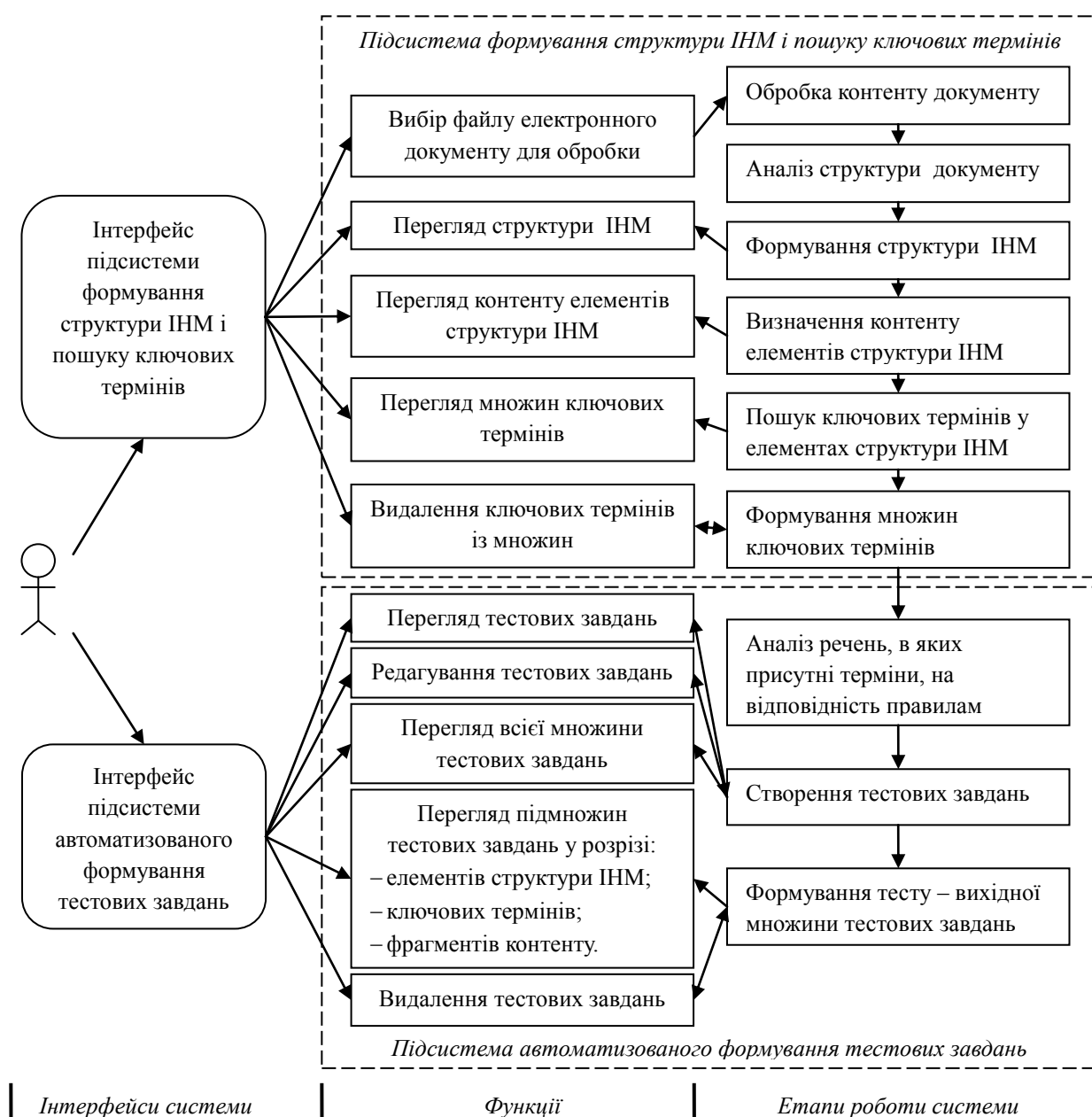


Рисунок 7 – Функції користувача прикладної програмної системи

Обраний для використання в методі формування структури навчальних матеріалів та пошуку в них ключових термінів метод дисперсійної оцінки слів виявив найвищу ефективність (відношення кількості коректно знайдених ключових термінів до кількості ключових термінів у множині автора матеріалу) серед аналогічних методів, показавши мінімальну ефективність 67,7%, максимальну – 100%. Середня ефективність методу дисперсійної оцінки склала 88,3% порівняно із середньою ефективністю альтернативних методів: частотної оцінки – 27,1%, оцінки TFIDF – 45,5% (рис. 8).

Для перевірки спроможності визначення множини ключових термінів у контенті ІНМ за розробленою ІТ проведено порівняння знайдених ключових термінів із термінами, запропонованими автором (експертом). Оцінювання результатів дослідження виконувалось за показниками точності (відношення кількості релевантних ключових термінів, знайдених автоматично, до загальної кількості знайдених ключових термінів у досліджуваному тексті) та повноти (відношення кількості релевантних ключових термінів, знайдених автоматично, до загальної кількості релевантних ключових термінів в досліджуваному тексті) пошуку. Середня точність пошуку склала 73,2%, середня повнота пошуку – 69,7%. При цьому мінімальна точність пошуку склала 51,2%, мінімальна повнота пошуку – 58,1%; максимальна точність пошуку – 92,9%, максимальна повнота пошуку – 100% (рис. 9).

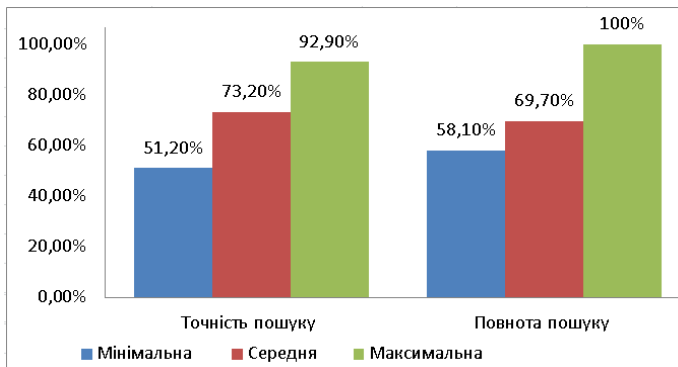


Рисунок 9 – Результати обрахунку точності та повноти пошуку ключових термінів для тестової вибірки ІНМ

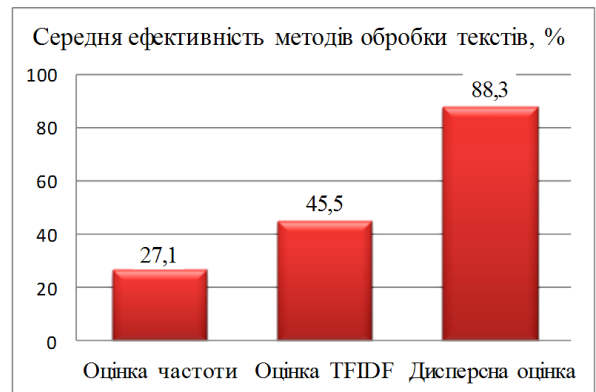


Рисунок 8 – Діаграма ефективності методів пошуку ключових слів

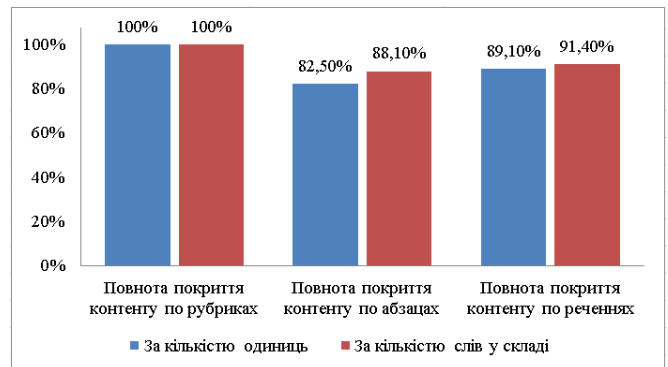


Рисунок 10 – Середні значення покриття контенту знайденими ключовими термінами в складі рубрик, абзаців та речень

Водночас за показника щільності 11% знайдені ключові терміни з автоматизовано одержаної множини містяться в усіх підрубриках ІНМ (рис. 10), зокрема у середньому в 82,5% абзаців (що містять 88,1% текстового контенту), або у 89,1% речень (що містять 91,4% текстового контенту).

У середньому в 97,8% випадків появи ключового терміну в контенті створюється мінімум одне тестове завдання кожного типу (рис. 11).

Обрахунок середньої кількості використаних правил продукції тестових завдань до появ ключових термінів у контенті ІНМ за тестовою вибіркою з 203 документів дав результати, наведені в табл. 2 (до обрахунку бралися 97,8% випадків, коли поява терміну актуалізувала хоча б один антецедент правил продукції).

Завдяки поєднанню у правилах продукції однакових антецедентів та різних консеквентів досягається мінімально необхідна рівномірність розподілу тестових завдань за типами та використаними ключовими термінами.



Рисунок 11 – Середні та граничні значення показників повноти покриття контенту ІНМ тестовими завданнями за тестовою вибіркою

Таблиця 2 – Кількість створених тестових завдань (у дужках наведено кількість використаних правил продукції) за типами та загалом до появ ключових термінів у контенті ІНМ

№ п/п	Тип тестового завдання	Кількість створених тестових завдань, шт.		
		Мінімальна	Середня	Максимальна
1	Логічного типу	2 (2)	2,23 (2,28)	8 (3)
2	Одиничного вибору	2 (2)	3,19 (2,61)	17 (3)
3	Множинного вибору	1 (1)	1,95 (1,00)	5 (1)
4	Із введенням тексту	1 (1)	1,06 (1,00)	3 (1)
5	Загалом на одну появу	6 (6)	8,43 (6,87)	14 (8)

Використання створених за ІТ тестів для адаптивного тестування забезпечило в середньому на 20,53% більш швидке проходження тесту, водночас для визначення рівня знань знадобилося використання в середньому на 19,33% меншої кількості завдань. Зокрема, при використанні однакової множини тестових завдань, застосування в середовищі Moodle адаптивного алгоритму тестування у середньому зменшило необхідний для проходження тесту час: для оцінки «незадовільно» на 47,92%, для оцінки «задовільно» на 42,99%, для оцінки «добре» на 16,71%, для оцінки «відмінно» на 2,89% (рис. 12). Середня кількість одержаних тестових завдань при використанні традиційного алгоритму проходження тесту склала 15,22 од., у той час як при використанні адаптивного алгоритму – 11,95 од. (рис. 13).

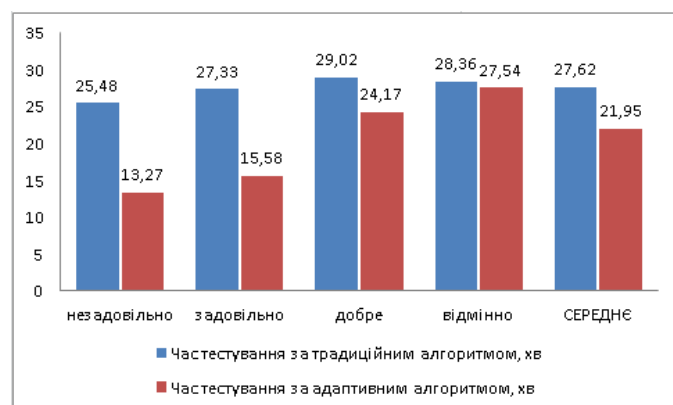


Рисунок 12 – Середній час проходження тестів, хв.

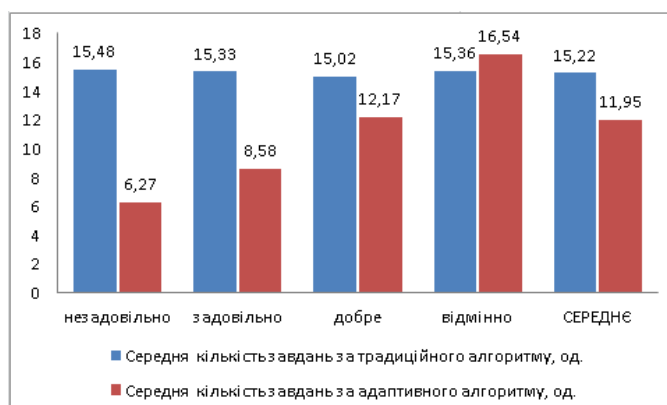


Рисунок 13 – Середня кількість одержаних тестових завдань, од.



## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота є закінченим науковим дослідженням, розв'язує науково-технічну задачу створення ІТ автоматизованого структурування навчальних матеріалів та створення тестів для адаптивного контролю рівня знань. У рамках роботи поставлені та вирішені такі завдання:

1. За аналізом існуючих методів для пошуку ключових термінів у цифрових текстах і автоматизованого формування тестових завдань до ІНМ обґрунтовано потребу у створенні ІТ автоматизованого структурування навчальних матеріалів та створення тестів для адаптивного контролю рівня знань.

2. Удосконалено інформаційну модель семантичної структури навчального курсу, яка на відміну від відомих забезпечує можливість формального подання семантичної структури навчального курсу з інформативністю, достатньою для автоматизованого створення розподілених за структурою ІНМ тестових завдань.

3. Удосконалено метод формування структури навчальних матеріалів та пошуку у них ключових термінів, який на відміну від відомих дає змогу врахувати можливість взаємного поглинання термінів та ідентифікувати як термін не тільки слова, а й словосполучення.

4. Розроблено новий метод автоматизованого формування тестових завдань до навчальних матеріалів, який використовує продукційну модель для подання правил формування тестових завдань і дозволяє одержувати множини тестових завдань без додаткової формалізації ІНМ;

5. Розроблено нову ІТ автоматизованого створення тестових завдань до навчальних матеріалів, яка дає змогу за вхідними даними ІНМ автоматизовано одержувати множину тестових завдань, що придатні для проведення адаптивного тестування.

Результати експериментального тестування запропонованої ІТ довели її спроможність розв'язувати поставлені задачі. При цьому, середня точність пошуку ключових термінів складає 73,2%, середня повнота пошуку – 69,7%. За показником щільності 11% знайдені ключові терміни містяться в середньому в 89,1% речень, що складають 91,4% текстового контенту. У середньому в 97,8% випадків появи ключового терміну в контенті створюється мінімум одне тестове завдання кожного типу. Завдяки поєднанню в правилах продукції однакових антецедентів та різних консеквентів досягається мінімально необхідна повнота розподілу тестових завдань за типами та використаними ключовими термінами. Використання створених тестів для адаптивного тестування забезпечило у середньому на 20,57% більш швидке проходження тесту, при цьому для визначення рівня знань знадобилося використання в середньому на 19,33% меншої кількості завдань. Використання розробленої ІТ дозволяє в 100% випадків досягти поставленої мети за менший час (у середньому на 60,25%) у порівнянні ручним створенням тестових завдань. Водночас із числа прийнятих до роботи тестових завдань 46,56% не потребують коригування чи змін.

Розроблені положення знайшли практичне застосування в роботі Навчального простору «VECTOR», Приватного малого підприємства «Лінк», Товариства з обмеженою відповідальністю “Науково-технічна фірма «Інфосервіс»” та у навчальному процесі Хмельницького національного університету.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

*Статті у виданнях, зареєстрованих в наукометричній базі Scopus:*

1. Krak I., Barmak O., Mazurets O. The practice investigation of the information technology efficiency for automated definition of terms in the semantic content of educational materials. CEUR Workshop Proceedings. 2016. Vol. 1631. P. 237–245.
2. Krak I., Barmak O., Mazurets O. The practice implementation of the information technology for automated definition of semantic terms sets in the content of educational materials. CEUR Workshop Proceedings. 2018. Vol. 2139. P. 245–254.
3. Barmak O., Krak I., Mazurets O., Pavlov S., Smolarz A., Wojcik W. Research of efficiency of information technology for creation of semantic structure of educational materials. Advances in Intelligent Systems and Computing. 2020. Vol. 1020. P. 554–569.

*Статті у фахових виданнях:*

4. Бармак О. В., Мазурець О. В. Методи автоматизації визначення семантичних термінів у навчальних матеріалах. Вісник Хмельницького національного університету. Серія : Технічні науки. 2015. № 2. С. 209–213.
5. Бармак О. В., Мазурець О. В. Інформаційна технологія автоматизованого визначення термінів у навчальних матеріалах. Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. 2015. № 2. С. 94–102.
6. Бармак О. В., Мазурець О. В., Матвійчук А. О. Застосування інформаційної технології гнучкого тестування рівня знань у середовищі Moodle. Вісник Хмельницького національного університету. Серія : Технічні науки. 2017. № 2. С. 103–114.
7. Бармак О. В., Мазурець О. В., Кліменко В. І. Інформаційна технологія автоматизованого формування тестових завдань. Вісник Хмельницького національного університету. Серія : Технічні науки. 2017. № 5. С. 93–103.
8. Мазурець О. В. Онтологічний підхід до побудови семантичної моделі навчальних матеріалів. Вісник Хмельницького національного університету. Серія : Технічні науки. 2017. № 6. С. 223–229.
9. Мазурець О. В., Ковальчук О. В., Слободзян В. О. Використання спеціалізованих програмних розширень для автоматизації роботи з цифровими документами навчальних матеріалів. Вісник Хмельницького національного університету. Серія : Технічні науки. 2018. № 1. С. 61–69.
10. Мазурець О. В. Інформаційна технологія автоматизованого визначення семантичних термінів в елементах навчальних матеріалів. Вісник Хмельницького національного університету. Серія : Технічні науки. 2018. № 3. С. 223–230.
11. Мазурець О. В. Розробка множини тегів для формального опису елементів моделей автоматизованого формування тестових завдань. Вісник Хмельницького національного університету. Серія : Технічні науки. 2018. № 5. С. 26–31.
12. Крак Ю. В., Бармак О. В., Мазурець О. В. Практична реалізація інформаційної технології автоматизованого визначення множини семантичних

термінів в контенті навчальних матеріалів. Проблеми програмування. 2018. № 2–3. С. 245–254.

13. Бармак О. В., Мазурець О. В. Інформаційна модель семантичної структури навчального курсу. Вісник Хмельницького національного університету. Серія : Технічні науки. 2018. № 6. Т. 1. С. 92–97.

14. Мазурець О. В. Інформаційна технологія автоматизованого створення тестів до навчальних матеріалів. Вісник Хмельницького національного університету. Серія : Технічні науки. 2019. № 4. С. 84–91.

15. Мазурець О. В. Метод автоматизованого формування тестових завдань. Вісник Хмельницького національного університету. Серія : Технічні науки. 2019. № 5. С. 189–194.

*Патенти на корисну модель:*

16. Мазурець О. В. Пат. на корисну модель 129903. Україна, МПК G06F 17/00. Спосіб визначення переліку ключових слів у тексті. № u201707242; заявл. 10.07.2017; опубл. 26.11.2018, Бюл. № 22.

17. Мазурець О. В. Пат. на корисну модель 137386. Україна, МПК G06F 17/00. Спосіб обмеження переліку ключових слів тексту. № u201900552; заявл. 18.01.2019; опубл. 25.10.2019, Бюл. № 20.

*Опубліковані праці апробаційного характеру:*

18. Мазурець О. В. Інформаційна технологія побудови онтологічної моделі навчального курсу для оцінювання отриманих знань. Інформаційні управляючі системи та технології : матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції. (м. Одеса, 23–25 вересня 2014 р.). Одеса, 2014. С. 81–83.

19. Бармак О. В., Крак Ю. В., Мазурець О. В. Інформаційна технологія автоматизованого визначення термінів у навчальних матеріалах. Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту : матеріали Міжнародної наукової конференції. (с. Залізний Порт, 25–28 травня 2015 р.). Херсон, 2015. С. 26–28.

20. Мазурець О. В. Особливості застосування інформаційної технології автоматизованого визначення термінів у навчальних матеріалах. Інформаційні управляючі системи та технології : матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції. (м. Одеса, 22–24 вересня 2015 р.). Одеса, 2015. С. 62–65.

21. Мазурець О. В. Дослідження ефективності інформаційної технології автоматизованого визначення термінів у навчальних матеріалах. ICASIT-2015 : матеріали III Міжнародної конференції з автоматичного управління та інформаційних технологій (м. Київ, 11–13 грудня 2015 р.). Київ, 2015. С. 136–139.

22. Кліменко В. І., Мазурець О. В. Аналіз сучасних методів генерації тестових завдань. Актуальні проблеми комп'ютерних технологій : збірник наукових праць за матеріалами X міжнародної науково-технічної конференції. (м. Хмельницький, 31 травня 2016 р.). Хмельницький, 2016. С. 77–84.

23. Крак Ю. В., Бармак О. В., Мазурець О. В. Практичне дослідження ефективності інформаційної технології автоматизованого визначення семантичних термінів в контенті навчальних матеріалів. Прикладне програмне забезпечення УкрПРОГ'2016 : матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції по програмуванню. (м. Київ, 24–26 травня 2016 р.). Київ, 2016. С. 237–245.

24. Мазурець О. В. Особливості автоматизованого формування тестових завдань. Інформаційні управляючі системи та технології : матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції. (м. Одеса, 20–22 вересня 2016 р.). Одеса, 2016. – С. 71-73.

25. Мазурець О. В., Якимюк О. М. Моделі оцінки ефективності методів пошуку ключових термінів у контенті навчальних матеріалів. Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи : матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю. (м. Тернопіль, 9–10 листопада 2017 р.). Тернопіль, 2017. С. 258–261.

26. Мазурець О. В. Інформаційна технологія гнучкого тестування рівня знань у середовищі MOODLE. Інформаційні управляючі системи та технології : матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції. (м. Одеса, 20–22 вересня 2017 р.). Одеса, 2017. С. 83–85.

27. Крак Ю. В., Бармак О. В., Мазурець О. В. Практична реалізація інформаційної технології автоматизованого визначення множини семантичних термінів в контенті навчальних матеріалів. Прикладне програмне забезпечення УкрПРОГ'2018 : матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції по програмуванню. (м. Київ, 22–24 травня 2018 р.). Київ, 2018. С. 245–254.

28. Мазурець О. В. Використання множини тегів для формального опису моделей формування тестових завдань. Інформаційні управляючі системи та технології : матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції. (м. Одеса, 17–18 вересня 2018 р.). Одеса, 2018. С. 69–72.

29. Бармак О. В., Мазурець О. В. Дослідження точності та повноти автоматизованого визначення семантичних термінів у навчальних матеріалах. Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи : матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції. (м. Тернопіль, 5 квітня 2019 р.). Тернопіль, 2019. С. 98–101.

30. Крак Ю. В., Бармак О. В., Мазурець О. В. Інформаційна модель семантичної структури навчального курсу для генерації тестових завдань. Моделювання та дослідження стійкості динамічних систем : матеріали XIX Міжнародної науково-практичної конференції. (м. Київ, 22–24 травня 2019 р.). Київ, 2019. – С. 365–367.

31. Мазурець О. В. Застосування продукційної моделі для автоматизованої генерації тестових завдань. Інформаційні управляючі системи та технології : матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції. (м. Одеса, 23–25 вересня 2019 р.). Одеса, 2019. С. 52–54.

## АНОТАЦІЯ

Мазурець О. В. Інформаційна технологія автоматизованого структурування навчальних матеріалів та створення тестів для адаптивного контролю рівня знань. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 Інформаційні технології. – Хмельницький національний університет. – Тернопільський національний економічний університет, Тернопіль, 2020.

Дисертаційна робота присвячена розробці інформаційної технології для автоматизованого структурування навчальних матеріалів та створення тестів для адаптивного контролю рівня знань, що дозволяє за вхідними даними навчальних матеріалів курсу автоматизовано одержувати множину тестових завдань. У роботі вдосконалено інформаційну модель семантичної структури навчального курсу для формального подання навчальних матеріалів. Вдосконалено метод формування структури навчальних матеріалів та пошуку у них ключових термінів для отримання ключових слів та словосполучень в ієрархічному розрізі рубрик навчальних матеріалів курсу дисципліни. Розроблено метод автоматизованого формування тестових завдань до навчальних матеріалів, що не вимагає додаткової формалізації навчальних матеріалів.

*Ключові слова:* тестові завдання, тести, інформаційна технологія, дисперсійна оцінка, семантичний аналіз, ключові слова, ключові терміни.

## АННОТАЦИЯ

Мазурець А. В. Информационная технология автоматизированного структурирования учебных материалов и создания тестов для адаптивного контроля уровня знаний. – Квалификационная научная работа на правах рукописи.

Диссертация на получение научной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 Информационные технологии. – Хмельницкий национальный университет. – Тернопольский национальный экономический университет, Тернополь, 2020.

Диссертационная работа посвящена разработке информационной технологии автоматизированного структурирования учебных материалов и создания тестов для адаптивного контроля уровня знаний, которая позволяет по входным данным учебных материалов автоматизировано получать множество тестовых заданий. В работе усовершенствована информационная модель семантической структуры учебного курса для формального представления учебных материалов. Усовершенствован метод формирования структуры учебных материалов и поиска в них ключевых терминов для получения ключевых слов и словосочетаний в иерархическом разрезе рубрик учебных материалов курса дисциплины. Разработан метод автоматизированного формирования тестовых заданий к учебным материалам, который не требует дополнительной формализации учебных материалов.

*Ключевые слова:* тестовые задания, тесты, информационная технология, дисперсионная оценка, семантический анализ, ключевые слова, ключевые термины.

## SUMMARY

Mazurets O. V. Information Technology for Automated Structuring of Educational Materials and Creation of Tests for Adaptive Control of the Level of Knowledge. – Qualifying scientific work on the right of manuscript.

The thesis for the degree of candidate of technical sciences, specialty 05.13.06 «Information technology». – Khmelnytskyi National University. – Ternopil National Economic University. – Ternopil, 2020.

The dissertation is devoted to the development of information technology for the automated structuring of educational materials and the creation of tests for adaptive control of the knowledge level. Information technology allows to automatically receive sets of test tasks based on input data in the form of educational materials of course. The analysis of existing methods for searching key terms in digital texts and methods of automated creation of test tasks for educational materials is implemented.

The information model of the semantic structure of the educational course has been improved, which, unlike the known ones, provides a formal presentation of the semantic structure of the educational course. The semantic structure of the educational course is informative enough to automate the creation of test tasks, which are distributed by the structure of the educational materials.

The method of forming the structure of educational materials and searching for key terms in them has been improved. This method, unlike the known ones, allows accounting the possibility of mutual absorption of terms and identifying as terms not only words but also phrases.

New method for the automated creation of test tasks for educational materials has been developed, which uses a production model to represent the rules for the creation of test tasks. The method allows receiving test tasks sets without further formalization of educational materials.

New information technology for automated creation of test tasks for educational materials has been developed, which allows receiving automatically sets of test tasks according to the input data in the form of educational materials. The resulting sets of test tasks are suitable for adaptive testing.

According to the results of experimental testing of information technology of automated creation of test tasks for educational materials, it was determined that full coverage of the educational material is ensured, since the production rules apply to all levels of the semantic structure of educational materials. Automation of the process of creation of test tasks provides a significant reduction of time for the development of test tasks. The data contained in the model (headings, key terms, test tasks, relations) make it possible to carry out adaptive control of the level of knowledge.

*Keywords:* test tasks, tests, information technology, disperse evaluation, semantic analysis, keywords, key terms.

Підписано до друку 14.02.2020 р.  
Формат 60x90/16. Гарнітура Times.  
Папір офсетний. Друк на дублюванні.  
Умов. друк. арк. 0,9. Обл.-вид. арк. 1,0.  
Зам. № А008-20. Тираж 150 прим.

Видавець та виготовлювач  
Тернопільський національний економічний університет  
вул. Львівська, 11, м. Тернопіль 46009

*Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи  
до Державного реєстру видавців ДК № 3467 від 23.04.2009 р.*

Видавничо-поліграфічний центр «Економічна думка ТНЕУ»  
вул. Бережанська, 2, м. Тернопіль 46009  
тел. (0352) 47-58-72  
E-mail: [edition@tneu.edu.ua](mailto:edition@tneu.edu.ua)