

ЕКСПЕРТНА СИСТЕМА АНАЛІЗУ ВІДПОВІДНОСТІ ТЕСТОВИХ ЗАВДАНЬ ЛЕКЦІЙНИМ МАТЕРІАЛАМ НАВЧАЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН

В статті досліджено розвиток дистанційної освіти як сучасного способу надання якісних освітніх послуг. Визначено переваги тестового контролю як найбільш ефективного методу контролю рівня засвоєних знань. Запропоновано інформаційну технологію визначення відповідності набору тестових питань лекційним матеріалам курсу. Викладено основні засади розробки системи аналізу відповідності тестових завдань лекційним матеріалам навчальних дисциплін.

This article investigates the development of modern distance education as a way of providing quality education. The certain advantage of the test checking as the most efficient method of the checking level of the knowledges. Information technology of the determination of correspondence the set of test tasks by lecture material course is offered. Stated bases of the system development of the analysis of correspondence the set of test tasks lecture material scholastic discipline.

В наш час дистанційна форма навчання демонструє свої переваги над іншими формами навчання завдяки своїй значно вищій інформативності, доступності та економічній ефективності [1]. Вона також потребує менше часу та енергії для засвоєння знань, є значно мобільнішою та комфортнішою, ніж інші форми навчання. Саме цими та іншими причинами зумовлюється експансія дистанційної форми навчання в усьому світі [2, 3], а групове навчання в аудиторіях та читальних залах поступово втрачає свої позиції.

Існує значна кількість наукових досліджень, в яких відображені різні підходи до навчання, контролю знань та створенню автоматизованих систем навчання і контролю знань [4, 5]. Одним із найбільш складних завдань визначається об'єктивізація процесу оцінювання знань та умінь [6]. Її рішення супроводжується необхідністю розробки програмних засобів автоматизованого контролю рівня знань за умови виконання низки передумов, а саме попереднього визначення [7]:

- принципів, які повинні бути враховані і на яких будуть базуватися такі системи;
- структур, які будуть лежати в основі їх побудови;
- технологій проведення автоматизованого контролю рівня знань.

Хоча існує багато можливих засобів надання знань (відео- та аудіо матеріали, лекційний матеріал, онлайн-семінари та ін.), проте загальноприйнятим є підхід [8] по застосуванню в якості інструменту навчання текстових лекційних матеріалів визначеної структури.

Одним із найбільш ефективних методів контролю є тестування, що дає об'єктивну, зіставну і кількісну оцінку якості підготовки. В багатьох джерелах авторами всіляко підкреслюються переваги тестового контролю [9, 10], до головних із яких відносять:

- високу змістовну, прогностичну і критеріальну валідність;
- високу надійність;
- можливість стандартизації;
- диференціацію шкали тестових балів;
- єдність вимог до всіх учнів;
- всебічність та об'єктивність;
- індивідуальний характер контролю і можливість регулярного систематичного його проведення.

Проте скласти тести, враховуючи всі опорні визначення, які будуть рівномірно охоплювати весь матеріал кожної складової навчальної дисципліни, що підлягає перевірці знань, досить важко. Із розвитком інформаційних технологій можна використовувати спеціальні алгоритми та програмні додатки для перевірки відповідності тестів лекційним матеріалам.

Метою роботи є розробка інформаційної технології аналізу відповідності тестових завдань лекційним матеріалам навчальних дисциплін.

Хоча результатом аналізу відповідності тестових завдань лекційним матеріалам навчальних дисциплін може виступати цілий ряд різноманітних параметрів, можна визначити два ключових напрямки аналізу:

- визначення повноти покриття тестами ключових положень лекційного матеріалу;
- визначення рівномірності покриття тестами структури лекційного матеріалу.

Припускається, що виявлення спільних рис та характеристик у цих двох напрямках дозволить коректно формалізувати досліджуваний процес та знайти комплексний розв'язок поставленої задачі.

Повнота покриття тестами ключових положень лекційного матеріалу може визначатися через аналіз використання у тестових завданнях ключових термінів із лекційних матеріалів. Рівномірність покриття тестами структури лекційного матеріалу визначається через аналіз прив'язки тестових завдань до ієрархії структурних елементів лекційного матеріалу. Така прив'язка може бути забезпечена аналізом контенту

тестових завдань на предмет наявності у них ключових термінів із лекційних матеріалів, за умови прив'язки ключових термінів до ієрархії структурних елементів лекційного матеріалу.

Якщо розглядати ієрархію змістовних блоків лекційного матеріалу як рівні вертикальної онтології відповідної навчальної дисципліни, то, з семантичної точки зору, ключові терміни є найнижчим рівнем онтології лекційних матеріалів навчальної дисципліни. Така формалізація досліджуваного процесу надає інструмент вирішення задачі аналізу відповідності тестових завдань лекційним матеріалам навчальних дисциплін.

Структура лекційних матеріалів як електронних документів регламентується мовами розмітки документів (наприклад, WordprocessingML для XML) [11] й реалізується через систему заголовків.

Зважаючи на вимоги стандартів освіти до структури навчальних дисциплін (Назва дисципліни, Модуль, Тема) [12, 13], можна зробити висновок про відповідність системи заголовків лекційних матеріалів як електронних документів верхнім рівням онтології навчальної дисципліни (наприклад, назви дисциплін відповідатимуть «Заголовку 1», назви модулів – «Заголовку 2», назви тем – «Заголовку 3, тощо).

За такого підходу ключові терміни (поняття, визначення) є найнижчим рівнем онтології лекційних матеріалів навчальної дисципліни. Причому особливістю цього рівня онтології є наявність властивості рівня прив'язки: адже поряд із термінами, що використовуються суто в рамках певних підтем, інші терміни можуть бути актуальними в масштабах тем, модулів, і навіть всієї навчальної дисципліни. Хоча структура лекційного матеріалу визначає місцезнаходження відповідних термінів, але вона не включає їх безпосередньо.

На відміну від аналізу структури документу для формування верхніх рівнів ієрархії онтології лекційних матеріалів, для формування рівня ключових термінів онтології необхідний аналіз відповідних змістовних блоків лекційного матеріалу. Для цього є доцільним використання алгоритмів аналізу інформаційного вмісту текстових матеріалів [14]. Серед всіх алгоритмів аналізу інформаційного змісту текстів найбільш відомими є частотний аналіз, TFIDF та дисперсійна оцінка [15].

Частотний аналіз передбачає визначення частоти для кожного слова – кількість разів, що слово зустрічається в тексті. В результаті застосування цього методу, слова у тексті визнаються тим більш значущими, чим більша кількість їх повторів має місце у тексті, що аналізується.

Поряд з послідовним, «лінійним» аналізом текстів, побудова мереж, вузлами яких є їхні елементи – слова або словосполучення, фрагменти природної мови, дозволяє виявляти структурні елементи тексту, без яких він втрачає свою зв'язність. При цьому актуальною є задача визначення того, які з важливих структурних елементів виявляються також інформаційно-значущими, визначаючими інформаційну структуру тексту.

Відомо кілька підходів до побудови мереж з текстів, так званих мереж слів (Language Network), і різні способи інтерпретації вузлів і зв'язків, що призводить, відповідно, до різних видів подання таких мереж. Вузли можуть бути з'єднані між собою, якщо відповідні їм слова стоять поруч у тексті, належать одному реченню або абзацу, з'єднані синтаксично або семантично. У рамках теорій цифрової обробки сигналів і складних мереж запропоновано кілька методів побудови мереж на основі часових рядів, серед яких можна назвати кілька методів побудови графів видимості, зокрема, так званий граф горизонтальної видимості. Ці підходи також дозволяють будувати мережеві структури на підставі текстів, в яких окремим словами або словосполученнями деяким спеціальним чином поставлені у відповідність числові вагові значення. Як функцію, що ставить у відповідність слову число, можна розглядати, наприклад, порядковий номер унікального слова в тексті, довжину слова, «вагу» слів у текстах, загальноприйнятну оцінку TFIDF (у канонічному вигляді, що дорівнює добутку частоти слова в фрагменті тексту – term frequency – на двійковий логарифм від величини, зворотної кількістю фрагментів тексту, в яких це слово зустрілося – inverse document frequency) або її варіанти.

Для визначення вагової оцінки TFIDF з повного тексту, що складається з N слів, текст розбивається на фрагменти, що містять задану кількість слів M (наприклад, $M = 500$). Після чого для кожного слова, що входить у текст, підраховується кількість фрагментів $df(i)$, в які це слово входить, а також загальна кількість входжень даного слова у текст – $n(i)$. Після цього за формулою

$$tfidf(i) = \frac{n(i)}{N} \log \left(\frac{N}{M \cdot df(i)} \right)$$

розраховується середнє значення TFIDF вагової оцінки кожного слова [16].

При побудові мережі слів також використовується дисперсійна оцінка важливості слів [14]. Загалом, дисперсійна оцінка дозволяє відокремити слова, що зустрічаються в тексті відносно рівномірно (для рівномірно розподілених слів ця оцінка дорівнює нулю), від слів, розподілених нерівномірно. Тобто це оцінка відмінної, дискримінантної сили слів, зокрема, для інформаційного пошуку. Ідея дисперсійної оцінки дуже близька до TFIDF, при цьому менш поширена, однак більш коректно застосовна до повних одиничних текстів, а не до масивів текстів, як TFIDF.

Дисперсійна оцінка реалізується наступним чином [17]: нехай текст складається з N слів ($n = 1, \dots, N$), N – порядковий номер слова в тексті, позиція слова. Деяке слово, наприклад A , позначається як A_k^n , де індекс $k = 1, 2, \dots, K$ – номер появи даного слова в тесті, а n – позиція даного слова в тексті. Наприклад, A_3^{50} означає, що на 50-ій позиції тексту знаходиться слово A , яке зустрілось третій раз.

Інтервалом між послідовними появами слова при таких позначеннях буде величина $\Delta A_k = A_{k+1}^m - A_k^n = m - n$, де на m -ій і n -ій позиціях в тесті знаходиться слово A , яке зустрівся $k+1$ -ий і k -ий рази.

Тоді дисперсійна оцінка розраховується як

$$\sigma_A = \frac{\sqrt{(\Delta A^2) - (\Delta A)^2}}{(\Delta A)},$$

де (ΔA) – 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 появи слова A в тексті.

На відміну від інших рядів, що вивчаються в рамках цифрової обробки сигналів, ряди з цифрових значень, що відповідають словами, перетворюються в графи горизонтальної видимості, в яких вузлам відповідають не тільки цифрові значення, але самі слова, що виражають певне смислове значення [14].

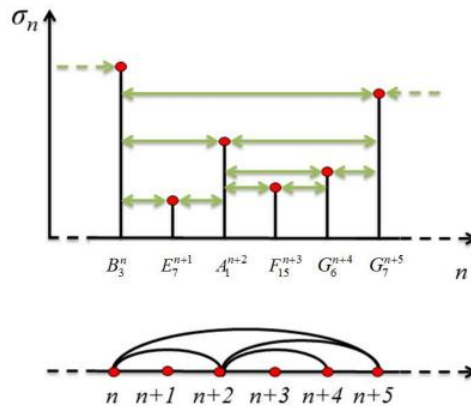


Рисунок 1 – Приклад побудови графа горизонтальної видимості

Мережа слів із використанням алгоритму горизонтальної видимості будується в три етапи. На першому на горизонтальній осі відзначається ряд вузлів, кожен з яких відповідає словам у порядку появи в тексті, а по вертикальній осі відкладаються вагові чисельні оцінки (візуально – набір вертикальних ліній, рис. 1).

На другому етапі будується традиційний граф горизонтальної видимості. Для цього між вузлами встановлюється зв'язок, якщо вони знаходяться в «прямій видимості», тобто якщо їх можна з'єднати горизонтальною лінією, що не перетинає жодну іншу вертикальну лінію. Цей геометричний критерій можна записати наступним чином: два вузла (слова), наприклад B_3^n і C_7^m ($m=n+5$) з'єднані зв'язком, якщо $\sigma_n, \sigma_m > \sigma_p$ для усіх $n < p < m$.

Алгоритм побудови можна представити зручним для обрахунку способом. Так, наприклад, на рисунку 2 для вузла-слова A_1^{n+2} суміжними в мережі вважаються слова B_3^n та C_7^{n+5} (і встановлюються ребра-зв'язки), якщо B_3^n – найближче зліва від A_1^{n+2} слово з дисперсійною оцінкою $\sigma_n > \sigma_B$, що перевищує дисперсійну оцінку слова A $\sigma_{n+2} = \sigma_A$, а C_7^m ($m=n+5$) – найближче справа від A_1^{n+2} слово, для якого $\sigma_{105} > \sigma_{102}$.

На третьому, заключному, етапі, отримана попередньо мережа компактифікується. Всі вузли з даним словом, наприклад словом A , об'єднуються в один вузол (індекс і номер положення слова при цьому зникають). Усі зв'язки таких вузлів також об'єднуються. Важливо відзначити, що між будь-якими двома вузлами при цьому залишається не більше одного зв'язку – кратні зв'язки вилучаються. Зокрема, це означає, що ступінь (число зв'язків) вузла A не перевищує суми степенів $\sum_k A_k^n$. В результаті отримується компактифікований граф горизонтальної видимості (КГГВ), що зображений на рисунку 2 [14].

Практичні дослідження показали, що методам частотного аналізу та TFIDF заважають попадання до переліку значущих слів не тільки змістовно значущих слів, а й значущих слів для зв'язування семантичних конструкцій (сполучники, займенники, тощо), у той час як метод дисперсійної оцінки дозволяє одразу будувати перелік значущих слів саме з змістовної точки зору. Даний метод дає достатньо якісний результат навіть без подальшого застосування горизонтального графу видимості та лематизації. Оскільки метод дисперсійної оцінки є більш ефективним для пошуку значущих слів у текстах, то є доцільним його використання при аналізі лекційних матеріалів навчальної дисципліни для побудови їх повної онтології.

На основі побудованої таким способом повної онтології лекційного матеріалу можна проводити аналіз повноти та рівномірності покриття тестами обсягу лекційного матеріалу. Аналіз проводиться шляхом пошуку співпадінь елементів таблиці лем та типів набору тестових питань із нижнім рівнем повної онтології лекційного матеріалу.

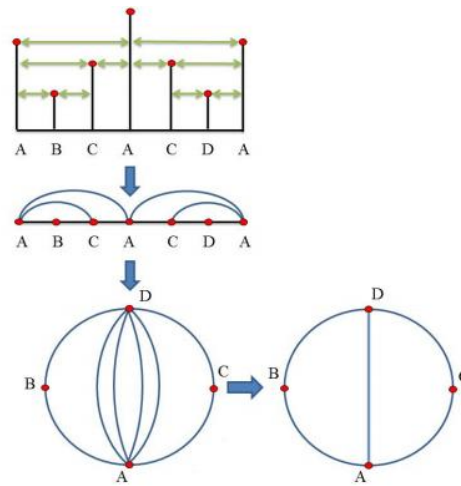


Рисунок 2 – Етапи побудови компакфікованого графа горизонтальної видимості

Таблиця лем та типів набору тестових питань подається двовимірною системою координат, у якій одна з осей включає номери тестових завдань у наборі, а друга – список ключових термінів лекційного матеріалу у лематизованому вигляді. На перетині значень осей виставляється позитивне значення, якщо даний термін присутній у даному тестовому завданні (табл. 1).

Таблиця 1 – Приклад таблиці лем та типів набору тестових питань

	Тест 1	Тест 2	Тест 3	Тест 4	...	Тест N
Термін 1	1	1				
Термін 2		1				
Термін 3			1	1		
Термін 4				1		
...						
Термін N						1
Тип тесту	2	2	1	2		1

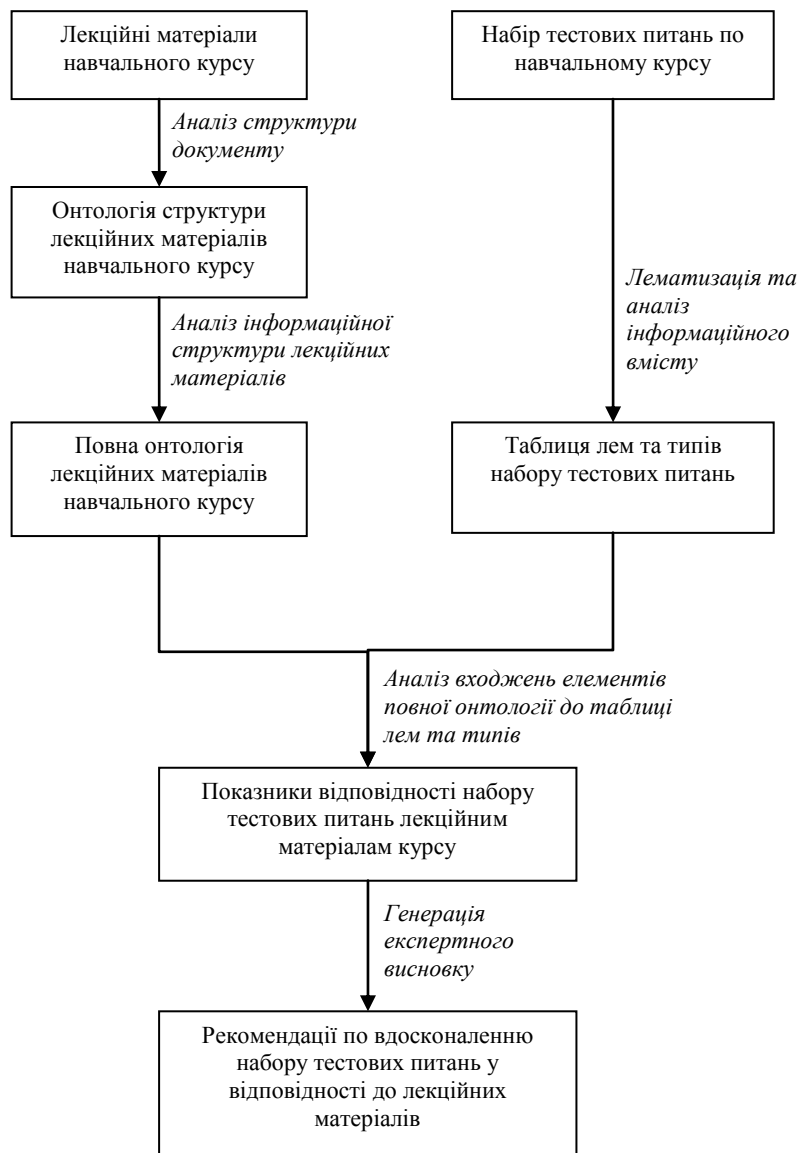


Рисунок 3 – Узагальнена схема роботи експертної системи аналізу відповідності тестових завдань лекційним матеріалам навчальних дисциплін

Такий вигляд таблиці зручний як для візуального спостереження, так і для програмної обробки, і є формою вхідних даних в аналітичну систему для генерації експертного висновку (рис. 3).

Повнота покриття тестами ключових положень лекційного матеріалу може визначатися через аналіз включення у тестові завдання ключових термінів із лекційних матеріалів. Рівномірність покриття тестами структури лекційного матеріалу визначається через аналіз прив'язки тестових завдань до ієрархії структурних елементів лекційного матеріалу. Така прив'язка може бути забезпечена скануванням контенту тестових завдань на наявність у них ключових термінів із лекційних матеріалів, за умови прив'язки ключових термінів до ієрархії структурних елементів лекційного матеріалу.

Загалом, автоматизована побудова повної онтології лекційних матеріалів навчальної дисципліни й аналізу інформаційного вмісту тестів у рамках відповідної експертної системи дозволяє досягти наступних основних результатів:

- визначення показників відповідності набору тестових питань лекційним матеріалам навчальної дисципліни як результат аналізу входжень елементів повної онтології до таблиці лем та типів;
- рекомендації по вдосконаленню набору тестових питань у відповідності до лекційних матеріалів у вигляді згенерованого експертного висновку за показниками відповідності тестових питань лекційним матеріалам навчальної дисципліни.

Показники відповідності виражають оцінку повноти та рівномірності покриття тестами ключових положень лекційного матеріалу в рамках всіх рівнів структури лекційного матеріалу, а також оцінку балансу використання тестових завдань різних типів і складності.

Отже, в статті досліджено розвиток дистанційної освіти як сучасного способу надання якісних освітніх послуг. Визначено переваги тестового контролю як найбільш ефективного методу контролю рівня засвоєних знань. Запропоновано інформаційну технологію визначення відповідності набору тестових питань

лекційним матеріалам курсу. Викладено основні засади розробки системи аналізу відповідності тестових завдань лекційним матеріалам навчальних дисциплін.

Література

1. Мазур М.П. Розвиток дистанційного навчання в Україні як складової інформатизації сучасного суспільства. - Інформатика та інформаційні технології в навчальних закладах. - №1, 2007. - с. 71-75
2. University of the People [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.uopeople.org/>
3. Факультет заочно-дистанційного навчання, післядипломної освіти та довузівської підготовки ХНУ [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://dn.tup.km.ua/>
4. Беляев С.В., Воливач А.П., Поляничко А.Л., Самойлова О.М. Компьютерная обучающая тестовая система контроля и самоконтроля знаний // Вестник Восточноукраинского национального университета им. В. Даля. - 2011.- № 7 (161). - Ч. 1. - С. 206-208.
5. Нові інформаційні технології в освіті [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://it-tehnolog.com/statti/novi-informatsiyni-tehnologiyi-navchannya/>
6. Снитюк В.Е., Юрченко К.Н. Интеллектуальное управление оценением знаний. - Черкассы, 2013. - 262 с.
7. Полтавський університет економіки та торгівлі [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://el.puet.edu.ua/node/24>
8. Мазур М.П., Яновський М.Л. Нова модель цифрової дистрибуції на прикладі навчального процесу // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. - Хмельницький, 2009. - №1. - с.159-166.
9. Глибовец Н.Н., Крусь А.А. Реализация подсистемы тестирования в системах дистанционного обучения // Управляющие системы и машины. - 2001. - №3. - С. 70-78.
10. Павлыш В.Н., Зайцева М.Н. Теоретические основы контроля в учебном процессе высшей школы // Научные труды ДНТУ. - 2011. - № 9. - С. 130-136.
11. Сайт Microsoft для розробників OpenXMLDeveloper [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://openxmldeveloper.org/>
12. Луговий, В. І. Стандартизація стандартів вищої освіти / В. І. Луговий. //Вища освіта України : теорет. та наук.-метод. часоп. Дод. 2. Педагогіка вищої школи: методологія, теорія, технології. Т.1 / Ін-т вищ. освіти АПН України. - Київ: Гнозис, 2008. С.33-44.
13. Ковалюк Т.В. Освітній стандарт з напрямку "Комп'ютерні науки" як інструмент підготовки кваліфікованих фахівців для ІТ-галузі економіки / Проблеми освіти: наук. зб. / Київ: Ін-т інновац. дослідж. і змісту освіти. 2009. - Вип. 60. - С.24-29.
14. Д.В. Ландэ, А.А. Снарский, Е.В. Ягунова Использование графов горизонтальной видимости для выявления слов, определяющих информационную структуру текста // Труды 15-й Всероссийской научной конференции «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции — RCDL-2013» - Ярославль: 2013. - с. 158-164.
15. Giora R. Segmentation and Segment Cohesion: On the Thematic Organization of the Text // Text. An Interdisciplinary Journal for the Study of Discourse Amsterdam. 1983, № 2. - P. 155-181.
16. Salton G., McGill M. J. Introduction to Modern Information Retrieval. - New York: McGraw-Hill, 1983. - 448 p.
17. Ortuño M., Carpena P., Bernalola P., Muñoz E., Somoza A.M. Keyword detection in natural languages and DNA // Europhys. Lett., 2002, 57. - P. 759-764.