

<https://doi.org/10.31516/2410-5333.069.03>¹

УДК 027.7:004.738.5:004.6

М. Б. Сокіл

кандидат технічних наук, доцент, кафедра соціальних комунікацій та інформаційної діяльності, Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна

maria.b.sokil@lpnu.ua

<https://orcid.org/0000-0003-3352-2131>

А. І. Андрухів

кандидат технічних наук, доцент, директор Науково-технічної бібліотеки,

Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна

andriy.i.andrukhiv@lpnu.ua

<https://orcid.org/0000-0001-5915-8855>

МОДЕЛЮВАННЯ СЕМАНТИЧНОГО ЯДРА ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ

У роботі розглянуто проблему автоматизації вибору релевантних освітніх ресурсів у цифровому університетському середовищі. Метою дослідження є розроблення семантичної моделі інформаційної системи персоналізованого добору освітніх ресурсів на основі онтологічного представлення знань. Запропоновано формальну онтологічну модель освітнього домену, яка описує структуру університету, освітні програми, дисципліни, користувачів та бібліотечні ресурси, а також їх метадані. Модель передбачає використання гібридного механізму семантичного зіставлення метаданих, який поєднує класичні методи векторного представлення текстів (TF-IDF) із контекстуальними мовними моделями типу BERT. Такий підхід дозволяє враховувати як лексичну, так і змістову подібність елементів опису навчальних дисциплін та метаданих бібліотечних ресурсів. У роботі сформовано концептуальну основу інформаційної системи, яка призначена для підбору навчальних матеріалів до дисциплін і враховує навчальні спеціальності, рівень освіти здобувача тощо. Запропонована модель може бути інтегрована з університетськими інформаційними системами (LMS) та АБІС. Це створює передумови для підвищення ефективності інформаційного супроводу навчального процесу.

Ключові слова: онтологічне моделювання, рекомендаційні системи, семантичний аналіз тексту, освітні ресурси, бібліотечні метадані, інформаційні системи освіти, персоналізація навчання, цифрове освітнє середовище.

М. Sokil

Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor, Department of Social Communications and Information Activity, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

A. Andrukhiv

Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor, Director of the Scientific and Technical Library, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

MODELING OF THE SEMANTIC CORE OF THE INFORMATION SYSTEM FOR SUPPORTING THE EDUCATIONAL PROCESS

The relevance of the study. In today's educational environment, both teachers and students are forced to look for additional sources of information for teaching and

1 This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

learning. In most cases, this is done manually by sequentially searching for sources obtained by a search query in the electronic catalogue of the library or in the search engine. This process requires a significant investment of time and the user does not always get the desired result, since traditional search engines, which are mainly based on the selection of keywords, are often not able to reflect the contextual relationships between course descriptions and training materials. Therefore, it is important to create an automated information system that would complement the information support of academic disciplines with relevant literary sources from the university library.

The purpose of the study. The purpose of this study is to develop a semantic model of the information system for the selection of educational resources in the university environment. The proposed model aims to integrate the structural elements of the educational process with metadata describing library resources, as well as to create a conceptual basis for a recommendation mechanism based on semantic analysis.

The results. As a result of the study, a model of the educational environment of the university in the form of ontology is presented. It allows you to formalize the relationships between key components of the university environment, such as academic disciplines, educational programs and library resources. In addition, the model incorporates a hybrid semantic similarity approach that combines classical text representation techniques, such as TF-IDF, with contextual language representations. This combination allows for more accurate identification of semantic relationships between course metadata and library resource metadata.

The scientific novelty. The scientific novelty of the study lies in the development of an integrated semantic model that combines the representation of ontological knowledge with hybrid methods of text analysis to support the automated selection of educational resources at the university.

The practical significance. The proposed model can be the basis for the development of intelligent recommendation systems integrated with university learning management systems and electronic library catalogs. Its implementation can be useful to increase the efficiency of the search for educational resources, support the independent educational work of students, help with the formation of academic disciplines for teachers.

The conclusion. The results of the study show that the use of ontological structures in combination with the analysis of semantic text creates favorable conditions for the creation of adaptive information services capable of providing context-sensitive recommendations in digital environments of higher education.

Keywords: *ontological modeling, recommendation systems, semantic text analysis, educational resources, library metadata, educational information systems, personalized learning, digital learning environment.*

Актуальність дослідження. У сучасних умовах проблема якісного науково-методичного супроводу освітнього процесу часто ускладнюється через велику кількість навчальних матеріалів. Невміння правильно користуватися електронними каталогами бібліотек ЗВО, а також неправильна організація самого процесу пошуку призводять до значних витрат часу й отримання негативних результатів. Ще одна проблема пов'язана з відсутністю інформаційних зв'язків між університетськими та бібліотечними інформаційними системами. Це у свою чергу породжує відсутність семантичних зв'язків між навчальними дисциплінами та відповідними літературними джерелами, які є в бібліотеці ЗВО.

У зв'язку із цим особливої уваги потребує проблема більш якісної підтримки освітнього процесу навчальними матеріалами. Особливо це актуально для великих ЗВО України, які проводять підготовку фахівців за різними спеціальностями і в розпорядженні яких є бібліотеки з потужними інформаційними ресурсами. Саме для такого випадку актуальною є проблема автоматизованого пошуку літератури до навчальних дисциплін. Традиційні методи інформаційного пошуку, які ґрунтуються переважно на зіставленні ключових слів чи назв або формальних атрибутів, не забезпечують належного рівня змістової узгодженості між описами дисциплін та ресурсів. Відсутність єдиної універсальної семантичної моделі, яка б давала можливість інтегрувати елементи освітнього процесу з текстовими описами навчальних матеріалів, що присутні в бібліотеці, створює суттєві обмеження для функціонування автоматизованої системи інформаційного супроводу освітнього процесу. У контексті цифрової трансформації освіти особливо актуальним є розроблення підходів, які дозволяють, з одного боку, забезпечити контекстну релевантність ресурсів, а з іншого — врахувати індивідуальні особливості освітньої траєкторії здобувача. Тому формування семантично узгодженої моделі інформаційної системи персоналізованого добору освітніх ресурсів відповідає сучасним вимогам розвитку університетського інформаційного простору та вирішенню проблеми підвищення ефективності освітнього процесу. Важливим аспектом запропонованої моделі є те, що розглядаються ресурси, які є в наявності в бібліотеці ЗВО (фізичні примірники чи електронні копії навчальних посібників, підручників, методичних матеріалів тощо) і до яких користувачі мають безперешкодний доступ.

Постановка проблеми. Сучасний університетський інформаційний простір характеризується високою динамікою зростання цифрових освітніх ресурсів. У межах одного закладу вищої освіти функціонують численні освітні програми, дисципліни різних рівнів підготовки. Паралельно з тим у бібліотеках наявні значні масиви навчальних і наукових матеріалів, описаних неоднорідними метаданими. Загалом проблема полягає у відсутності єдиної автоматизованої інформаційної системи, яка б полегшувала інформаційний супровід навчального процесу, з одного боку, і узгодженої семантичної моделі, здатної інтегрувати структурні елементи освітнього середовища з описами ресурсів у межах єдиного інформаційного простору, з іншого. Тому насамперед виникає необхідність формалізованого представлення взаємозв'язків між дисциплінами, рівнями підготовки та характеристиками навчальних матеріалів. У свою чергу це зумовлює потребу в розробленні методологічних засад побудови інтелектуальної інформаційної системи, яка б забезпечувала обґрунтований і персоналізований підбір освітніх ресурсів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемі створення автоматизованих систем для супроводу освітнього процесу в різних представленнях присвячено багато наукових робіт як українських, так і зарубіжних науковців та розробників ПЗ. Вони пропонують різні аспекти й підходи до вирішення цієї проблеми. Сучасні дослідження в напрямі рекомендаційних систем демонструють тенденцію до інтеграції семантичних методів аналізу тексту, завдяки чому

можна досягнути більшої релевантності результатів інформаційного підбору навчальних елементів. Узагальнюючий огляд текст-орієнтованих рекомендаційних систем (Kanwal et al., 2021) засвідчує, що поступовий перехід від класичних контент-орієнтованих підходів до гібридних моделей, які поєднують статистичні методи представлення тексту з векторними, дає позитивні результати. Особлива увага приділяється подоланню проблеми семантичної неоднозначності та «холодного старту» за рахунок використання вкладених слів.

Подальший розвиток цього напрямку пов'язаний із застосуванням трансформерних архітектур. Зокрема, модель RecBERT (Wu, 2024) демонструє ефективність використання мовних моделей для сегментації запитів та семантичного ранжування результатів. Аналогічно, у працях Hasoon et al. (2025) та Sangeetha (2025) розглянуті гібридні підходи на основі BERT у поєднанні з алгоритмами машинного навчання. Такий варіант дозволяє досягти підвищення точності рекомендацій навчальної літератури в освітньому середовищі.

У системному дослідженні (Urdaneta-Ponte et al., 2021), яке стосується саме освітнього середовища, акцентовано зростання інтересу науковців до персоналізації рекомендацій для академічної спільноти. Проте виокремлена проблема, яка пов'язана з недостатньою формалізацією зв'язків між структурою освітнього процесу та описами інформаційних ресурсів. Подібну проблематику змістовного зіставлення текстів розглядають Mediani et al. (2023). Автори досліджують контент-орієнтований підхід для педагогічних ресурсів на основі векторних представлень.

Питання семантичного моделювання та глибинної репрезентації текстів розкрито також у працях Noorian et al. (2023), Javaji and Sarode (2023) та Lezama-Sánchez et al. (2022), де продемонстровано потенціал багаторівневого вкладення для задач класифікації та рекомендацій. Водночас більшість досліджень зосереджена на алгоритмічному аспекті, залишаючи поза увагою формалізоване представлення структурних зв'язків освітнього середовища.

Таким чином, аналіз наукових джерел свідчить про активний розвиток семантичних та гібридних рекомендаційних моделей. Як результат опрацювання літературних джерел виявлено недостатню інтеграцію таких підходів із системним представленням освітньої структури закладу вищої освіти. Це зумовлює необхідність розроблення узгодженої семантичної моделі, що поєднає структурні характеристики освітнього процесу з текстовими описами ресурсів у межах єдиного інформаційного простору.

Мета статті полягає у створенні моделі інформаційної системи з онтологічним ядром, яка забезпечує підбір освітніх ресурсів на основі семантичного аналізу метаданих навчальних дисциплін та метаданих бібліотечних ресурсів. Робота спрямована на подолання проблеми інформаційного перевантаження й підвищення ефективності самостійної роботи студентів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Виходячи з того, що традиційні методи пошуку та підбору матеріалів для інформаційного супроводу освітнього процесу виявляються недостатньо ефективними через відсутність урахування

семантичного контексту, у дослідженні запропоновано новий підхід. Він ґрунтується на гібридній моделі обчислення подібності між анотаціями дисциплін та метаданими ресурсів й онтологічному представленні ієрархії освітнього процесу для забезпечення узгодження семантичних зв'язків. Важливість саме такого гібридного підходу полягає в поєднанні поверхневого аналізу ключових даних (для швидкості та точності лексичної відповідності) з глибоким семантичним розумінням тексту (для врахування контексту та синонімів). Цей метод особливо актуальний для українських університетів, у яких анотації часто містять домен-специфічну термінологію українською мовою, а традиційні алгоритми ігнорують морфологічну складність.

Формальна модель онтології. Розроблена онтологія в середовищі Protégé базується на стандартах семантичного вебу (OWL 2 DL, RDF). Завдяки цьому можна забезпечити формальну семантику та можливість логічного виведення. Модель описує домен університетського освітнього процесу через ієрархію класів, властивостей та індивідів, з акцентом на інтеграцію метаданих для семантичного зіставлення з ресурсами бібліотеки.

Формально онтологія визначається як кортеж:

$$O = \langle C, P, I, A \rangle \quad (1)$$

де:

C — множина класів (наприклад, «Дисципліна», «Ресурс»);

P — множина властивостей (об'єктні, дата-властивості, такі як «маєАнотацію»);

I — множина індивідів (наповнення класів, наприклад, конкретна дисципліна «ВищаМатематика»);

A — множина аксіом (обмеження, еквівалентності, підкласи).

Фрагмент онтології, створеної в середовищі Protégé (OntoGraf), представлено на рис. 1. та рис. 2. На цих рисунках показано ієрархію класів та їхні зв'язки:

- *Освітній процес* (EducationalProcess): Охоплює ієрархію навчальних елементів, включаючи рівні освіти (LevelOfEducation з підкласами Bachelor, Master, PhD), навчальний план (Curriculum) та роки навчання (CourseYear з підкласами Year_1–Year_4).
- *Дисципліни* (Discipline): Базовий клас із підкласами GeneralDiscipline (загальні дисципліни) та UniqueDiscipline (спеціалізовані). Кожна дисципліна асоційована з такими властивостями, як «маєАнотацію» та «маєКлючовіСлова».
- *Структура університету* (UniversityStructure): Включає інститути (Institute) з підкласами Department (кафедри) та спеціальності (Specialty).
- *Бібліотечні ресурси* (LibraryResource): Поділяється на художні (Artistic з підкласами Audiobook, Book тощо), навчальні (Educational з підкласами Handbook, Textbook тощо) та наукові (Scientific з підкласами Article, Monograph тощо).

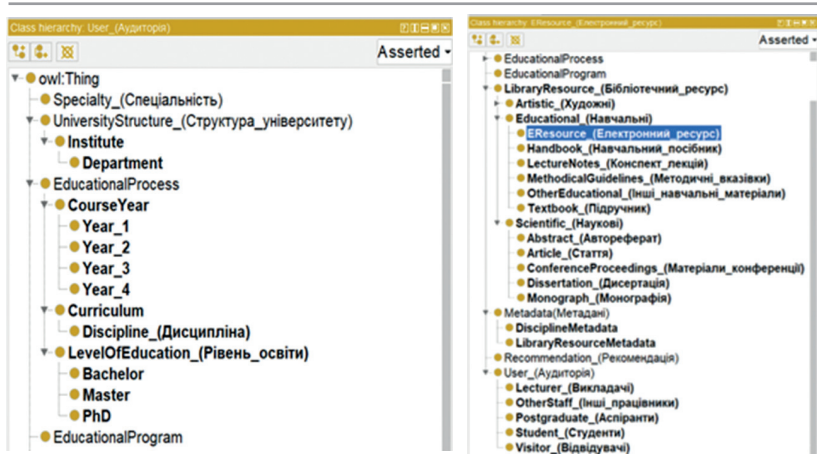


Рис. 1. Ієрархія класів ядра онтології рекомендаційної системи.

- *Метадані (Metadata)*: Незалежний клас із підкласами *DisciplineMetadata* (для дисциплін) та *LibraryResourceMetadata* (для ресурсів), включаючи атрибути як *Annotation*, *Author*, *KeywordsElement*.
- *Аудиторія (User)*: Охоплює таких користувачів, як *Lecturer*, *Student*, *Visitor*.
- *Рекомендації (Recommendation)*: Клас для генерації рекомендацій, пов'язаний із системою рекомендацій, які мають відношення до освітнього процесу.

Особливість запропонованої онтології полягає в її адаптації до специфіки національного освітнього контексту, зокрема інтеграції морфологічно багатой української термінології через семантичні властивості. Ця структура відрізняється від аналогів, пропонуючи інтегрований фреймворк з онтологічним ядром для метаданих.

Роль онтології в рекомендаційній системі, яка наразі перебуває на стадії концептуальної розробки, є ключовою для забезпечення семантичної узгодженості. Вона слугує репозиторієм для витягу метаданих через SPARQL-запити, наприклад для зіставлення анотацій дисциплін із ключовими словами ресурсів, що дозволяє генерувати персоналізовані списки літератури з урахуванням спеціальності та рівня складності. У майбутньому, після оптимізації та логічної перевірки, онтологія забезпечить динамічне оновлення рекомендацій у реальному часі, інтегруючись із LMS (наприклад, Moodle) й бібліотечними системами (наприклад, Koha).

Обґрунтування, чому саме онтологічна модель вирішує проблему семантичного підбору. Семантична модель, яка ґрунтується на онтологічному представленні, ефективно вирішує проблему семантичного підбору завдяки формалізації взаємозв'язків між сутностями освітнього домену. Такий підхід дозволяє уникнути обмеження традиційних лексичних методів. Завдяки властивостям

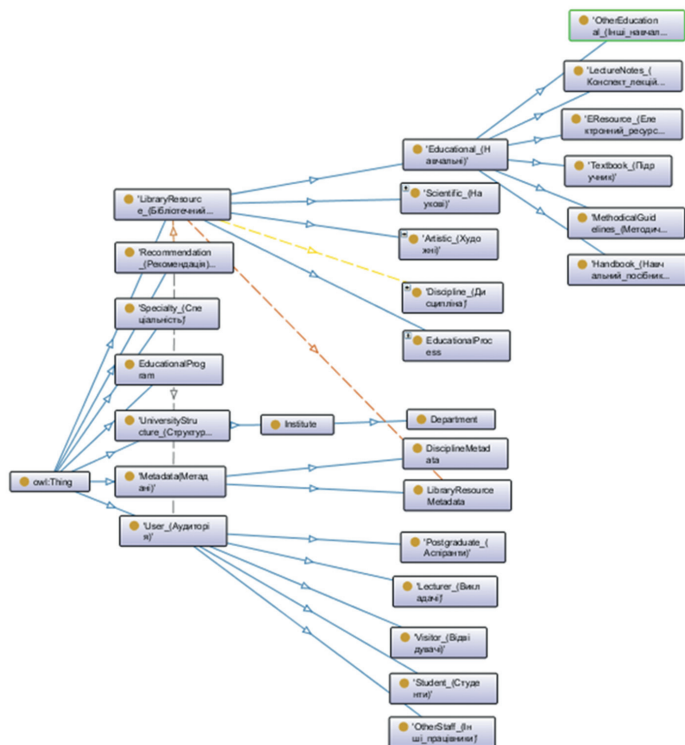


Рис. 2. Фрагмент онтологічного ядра модельованої інформаційної системи.

на зразок `hasLevel` та `belongsToSpecialty` забезпечується транзитивність і логічний інференс, що враховує контекст, синоніми та морфологічну варіативність української мови. Модель тісно пов'язана з технологіями штучного інтелекту, зокрема через використання трансформерних мереж (BERT) для генерації `embeddings`-анотацій, з перспективою `fine-tuning` на україномовному корпусі університетських текстів.

Отже, основні результати представленої роботи демонструють можливість застосування онтологічного моделювання для вирішення актуальних завдань персоналізації в освіті, з акцентом на семантичну глибину та практичну застосовність.

Висновки. У результаті проведеного дослідження запропоновано модель інформаційної системи персоналізованого підбору освітніх ресурсів у середовищі закладу вищої освіти. Основою моделі є онтологічне представлення знань, що формалізує взаємозв'язки між структурними елементами університету, навчальними дисциплінами, користувачами та бібліотечними ресурсами.

Запропонована модель разом з онтологією дозволяє інтегрувати структурні характеристики освітнього процесу з текстовими описами ресурсів у межах єдиного семантичного простору. Це створює передумови для можливості реалізації автоматизованої системи підбору літератури, у якій буде врахований контекст навчальної дисципліни, рівень освіти та академічна спеціалізація користувача.

Важливою особливістю моделі є використання гібридного підходу до визначення семантичної подібності текстів, який полягає в поєднанні класичних статистичних методів представлення текстових даних із сучасними мовними моделями. Така інтеграція дає можливість точнішого зіставлення метаданих дисциплін із метаданими бібліотечних ресурсів порівняно з традиційними методами пошуку за ключовими словами.

Розроблена модель може бути використана як основа для створення рекомендаційних систем інформаційної підтримки освітнього процесу, яка ґрунтується на матеріалах бібліотеки. Її впровадження потенційно сприятиме підвищенню ефективності пошуку навчальних матеріалів, оптимізації використання електронних бібліотечних ресурсів та розвитку персоналізованих освітніх сервісів у цифровому університетському середовищі.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з практичною реалізацією рекомендаційної системи на основі запропонованої онтології, розширенням корпусу текстових метаданих та експериментальною оцінкою точності семантичного добору ресурсів у реальному освітньому середовищі.

Список посилань

- Сокіл, М. Б. (2025) Онтологічний підхід до структурування бази знань бібліотеки на основі метаданих. Аналітичний огляд. *Вісник Харківської державної академії культури*, (67), 268—279. <https://doi.org/10.31516/2410-5333.067.18>
- Guesmi, M., Chatti, M. A., Kadhim, L., Joarder, S., & Ul Ain, Q. (2023). Semantic interest modeling and content-based scientific publication recommendation using word embeddings and sentence encoders. *Multimodal Technologies and Interaction*, 7(9), Article 91. <https://doi.org/10.3390/mti7090091>
- Hasoon, A. N., Abdulateef, S. K., Abdulameer, R. S., & Shuwandy, M. L. (2025). An intelligent hybrid AI course recommendation framework integrating BERT embeddings and random forest classification. *Computers*, 14(9), Article 353. <https://doi.org/10.3390/computers14090353>
- Huang, R. (2023). Improved content recommendation algorithm integrating semantic information. *Journal of Big Data*, 10, Article 84. <https://doi.org/10.1186/s40537-023-00776-7>
- Javaji, S. R., & Sarode, K. (2023). *Multi-BERT for embeddings for recommendation system* [Preprint]. arXiv. <https://arxiv.org/abs/2308.13050>
- Kanwal, S., Nawaz, S., Malik, M. K., & Nawaz, Z. (2021). A review of text-based recommendation systems. *IEEE Access*, 9, 31638–31661. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3059312>

- Lezama-Sánchez, A. L., Vidal, M. T., & Reyes-Ortiz, J. A. (2022). An approach based on semantic relationship embeddings for text classification. *Mathematics*, *10*(21), Article 4161. <https://doi.org/10.3390/math10214161>
- Madda, S. (2025, October 26). Semantic information retrieval using BERT and TF-IDF. *Medium*. https://medium.com/@sujitha_madda/semantic-information-retrieval-using-bert-and-tf-idf-c4ccd63ca228
- Mediani, C., Harous, S., & Djoudi, M. (2023). Content-based recommender system using word embeddings for pedagogical resources. In *Proceedings of the PAIS Conference*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/PAIS60821.2023.10321989>
- Noorian, A., Harounabadi, A., & Hazratifard, M. (2023). A sequential neural recommendation system exploiting BERT and LSTM on social media posts. *Complex & Intelligent Systems*, *10*, 721–744. <https://doi.org/10.1007/s40747-023-01191-4>
- Sangeetha, N., Thangaraj, H., Vashisht, V., Joshi, E., Verma, K. & Katariya, D. (2025). A BERT based hybrid recommendation system for academic collaboration. In *Lecture Notes in Networks and Systems* (Vol. 1327, pp. 111–125). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-96-4273-1_9
- Singla, P., & Verma, V. (2025). An intelligent job recommendation system based on semantic embeddings and machine learning. *Journal of Information Systems Engineering & Management*, *10*(5s), 520–542. <https://doi.org/10.52783/jisem.v10i5s.681>
- Urdaneta-Ponte, M. C., Mendez-Zorrilla, A., & Oleagordia, I. (2021). Recommendation systems for education: Systematic review. *Electronics*, *10*(14), Article 1611. <https://doi.org/10.3390/electronics10141611>
- UNESCO. (n.d.). Recommendation on open educational resources (OER). *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*. Retrieved December 10, 2025, from <https://www.unesco.org/en/legal-affairs/recommendation-open-educational-resources-oer>
- Wu, R. (2024). RecBERT: Semantic recommendation engine with large language model enhanced query segmentation for k-nearest neighbors ranking retrieval. *Intelligent and Converged Networks*, *5*(1), 42–52. <https://doi.org/10.23919/ICN.2024.0004>

References

- Sokil, M. B. (2025) An Ontological Approach to Structuring a Library Knowledge Base Based on Metadata. Analytical Review. *Visnyk of Kharkiv State Academy of Culture*, (67), 268–279. <https://doi.org/10.31516/2410-5333.067.18>. [In Ukrainian].
- Guesmi, M., Chatti, M. A., Kadhim, L., Joarder, S., & Ul Ain, Q. (2023). Semantic interest modeling and content-based scientific publication recommendation using word embeddings and sentence encoders. *Multimodal Technologies and Interaction*, *7*(9), Article 91. <https://doi.org/10.3390/mti7090091>. [In English].
- Hasoon, A. N., Abdulateef, S. K., Abdulameer, R. S., & Shuwandy, M. L. (2025). An intelligent hybrid AI course recommendation framework integrating BERT embeddings and random forest classification. *Computers*, *14*(9), Article 353. <https://doi.org/10.3390/computers14090353>. [In English].

- Huang, R. (2023). Improved content recommendation algorithm integrating semantic information. *Journal of Big Data*, 10, Article 84. <https://doi.org/10.1186/s40537-023-00776-7>. [In English].
- Javaji, S. R., & Sarode, K. (2023). *Multi-BERT for embeddings for recommendation system* [Preprint]. arXiv. <https://arxiv.org/abs/2308.13050>. [In English].
- Kanwal, S., Nawaz, S., Malik, M. K., & Nawaz, Z. (2021). A review of text-based recommendation systems. *IEEE Access*, 9, 31638–31661. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3059312>. [In English].
- Lezama-Sánchez, A. L., Vidal, M. T., & Reyes-Ortiz, J. A. (2022). An approach based on semantic relationship embeddings for text classification. *Mathematics*, 10(21), Article 4161. <https://doi.org/10.3390/math10214161>. [In English].
- Madda, S. (2025, October 26). Semantic information retrieval using BERT and TF-IDF. *Medium*. https://medium.com/@sujitha_madda/semantic-information-retrieval-using-bert-and-tf-idf-c4ccd63ca228. [In English].
- Mediani, C., Harous, S., & Djoudi, M. (2023). Content-based recommender system using word embeddings for pedagogical resources. In *Proceedings of the PAIS Conference*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/PAIS60821.2023.10321989>. [In English].
- Noorian, A., Harounabadi, A., & Hazratifard, M. (2023). A sequential neural recommendation system exploiting BERT and LSTM on social media posts. *Complex & Intelligent Systems*, 10, 721–744. <https://doi.org/10.1007/s40747-023-01191-4>. [In English].
- Sangeetha, N., Thangaraj, H., Vashisht, V., Joshi, E., Verma, K. & Katariya, D. (2025). A BERT based hybrid recommendation system for academic collaboration. In *Lecture Notes in Networks and Systems* (Vol. 1327, pp. 111–125). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-96-4273-1_9. [In English].
- Singla, P., & Verma, V. (2025). An intelligent job recommendation system based on semantic embeddings and machine learning. *Journal of Information Systems Engineering & Management*, 10(5s), 520–542. <https://doi.org/10.52783/jisem.v10i5s.681>. [In English].
- Urdaneta-Ponte, M. C., Mendez-Zorrilla, A., & Oleagordia, I. (2021). Recommendation systems for education: Systematic review. *Electronics*, 10(14), Article 1611. <https://doi.org/10.3390/electronics10141611>. [In English].
- UNESCO. (n.d.). Recommendation on open educational resources (OER). *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*. Retrieved December 10, 2025, from <https://www.unesco.org/en/legal-affairs/recommendation-open-educational-resources-oer>. [In English].
- Wu, R. (2024). RecBERT: Semantic recommendation engine with large language model enhanced query segmentation for k-nearest neighbors ranking retrieval. *Intelligent and Converged Networks*, 5(1), 42–52. <https://doi.org/10.23919/ICN.2024.0004>. [In English].

Отримано: 06.01.2026

Прийнято до друку: 03.02.2026