

УДК 004.65:378

DOI: 10.31673/2412-9070.2023.065868

Б. О. ХУДІК, аспірант,

Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій, Київ

ЗАСТОСУВАННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ В ОСВІТНІЙ СФЕРІ

Досліджено питання застосування технології рекомендаційних систем в освітній сфері. Визначено, що окремі її задачі можна описати в термінах рекомендаційних систем: як користувач, якому надається рекомендація, виступає здобувач освіти; об'єктами його інтересу є дисципліни з каталогу вибірових дисциплін, джерела з бібліотеки закладу освіти, теми (або тематики досліджень) кваліфікаційних робіт, потенційні керівники кваліфікаційних робіт, зовнішні курси для організації самоосвіти. Сформовано перелік ресурсів для визначення характеристик об'єктів інтересу здобувачів та самих здобувачів у межах формальної освіти та проведено аналіз їх вмісту та способу формування.

Розроблено структуру рекомендаційної системи, особливістю якої є те, що кожному об'єкту інтересу здобувача освіти відповідає окремий модуль рекомендацій. При цьому модулі рекомендацій використовують спільні ресурси, що містять бази даних закладу освіти з безпосередньою інформацією про об'єкти інтересу та здобувача, а також бази даних опитувань, які охоплюють загальні регулярні обов'язкові для здобувачів опитування на рівні закладу освіти та контекстні опитування стосовно об'єктів інтересу. Для формування самих рекомендацій вибрано гібридний підхід.

У структурі системи передбачено використання колаборативної фільтрації для оброблення результатів опитувань, а дані, подані як напівструктуровані чи довільні тексти природною мовою, пропонується обробляти методами Natural Language Processing та Text Mining, що дають змогу зважати на семантично схожі значення характеристик об'єктів інтересу та користувачів, підвищуючи якість рекомендаційної системи.

Ключові слова: інформаційна технологія; база даних; автоматизація; підтримання ухвалення рішень; рекомендаційна система; освітня сфера; гібридний підхід; опитування; оброблення текстів природною мовою.

Вступ

Рекомендаційні системи є підкласом систем ухвалення рішень, які використовують знання про інтереси та переваги людини для оцінювання/прогнозування її реакції на рекомендацію придбати певний товар або скористатися деякою послугою [1]. Загальною рекомендаційна система може бути використана для визначення цікавих для користувача об'єктів будь-якого характеру, зокрема не пов'язаних безпосередньо товарно-грошовими операціями (операція закупівлі товару чи використання послуги). Сучасні підходи до організації освітніх процесів під час формування індивідуальної освітньої траєкторії здобувачів освіти потребують вироблення певних рекомендацій щодо вибору навчальних курсів, навчальної літератури, прогнозування запису користувачів на той чи інший курс та вирішення інших допоміжних освітніх задач, що робить ці процеси сферою інтересу рекомендаційних систем.

Аналіз досліджень та публікацій. Більшість досліджень щодо рекомендаційних систем зосереджуються на побудові рекомендацій та прогнозуванні вибору користувача стосовно об'єктів комерційного спрямування, як от фільми, товари, музика тощо [2–5]. Частина досліджень у галузі розроблення рекомендаційних систем міститься в площині, дотичній до освітньої сфери. Наприклад, рекомендаційна система в [6] дає змогу сформувати список рекомендованих для користувача книг на основі вивчення його вподобань з огляду на оцінювання книг та улюблені категорії. Основний акцент зроблено на швидкості формування

рекомендації та відсутності потреби у зборі довготривалої статистики про роботу користувача на сайті.

У праці [7] розглядається питання побудови рекомендаційних систем у сфері E-Learning на основі домену, який цікавить користувачів. Як одне з критеріїв якості рекомендації розглядається мінімальне відхилення в темах, що пропонує рекомендаційна система, на відміну від більш типового підходу, котрий ґрунтується на аналізі рейтингів, популярності курсів тощо.

Для безпосередньої побудови рекомендацій авторами було застосовано різні підходи. Контентні рекомендаційні системи максимально використовують наявну інформацію про об'єкт, який хоч раз зацікавив користувача, або в разі, коли користувач намагався відшукати схожий об'єкт [8]. Системи колаборативної фільтрації (соціальні) будують рекомендації на основі лише аналізу історії оцінювання, водночас намагаючись виявити певні приховані залежності [9]. Гібридні рекомендаційні системи поєднують властивості контентних систем і колаборативної фільтрації, а тому мають брати до уваги всі доступні види інформації про об'єкт і користувача, а також історію його попередньої взаємодії з цим чи іншими об'єктами [10]. Моделі рекомендації при цьому можуть використовувати додаткові засоби оброблення інформації про об'єкт чи користувача.

Так, у праці [11] рекомендація формується на основі колаборативної фільтрації разом із методами навчання на основі графів, зокрема Gensim Word2vec і GraphSage. Для колаборативної філь-

© Б. О. Худік, 2023

трації будується кореляційна матриця та зведена таблиця, щоб отримати зв'язок між користувачами і продуктами та виявити зв'язки між різними користувачами. У моделях навчання графів використовуються ембедінги слів, подані графами, сформульованими на основі зібраних даних. Оцінювання кожної моделі виконується на основі методу персоналізації.

Мета статті — дослідження питань застосування рекомендаційної системи в освітній сфері для формування деяких рекомендацій здобувачеві освіти в процесі його навчання. Постановка задачі: сформулювати класи завдань, для яких може бути застосовано рекомендаційну систему, та типові об'єкти інтересу здобувача освіти; проаналізувати ресурси для окреслення характеристик об'єктів інтересу здобувача; розробити загальну структуру рекомендаційної системи та визначити підходи до формування рекомендації.

Основна частина

Структура освіти в Україні, регламентована Законом України «Про освіту», передбачає дошкільну освіту, загальну середню освіту, позашкільну освіту, професійно-технічну освіту, вищу освіту, післядипломну освіту, аспірантуру, докторантуру, самоосвіту [12]. Формальну освіту можна здобути в державних або приватних закладах освіти відповідно до рівнів освіти, визначених законодавством. Самоосвіта за сучасних умов здебільшого передбачає опанування певними знаннями, навичками та вміннями з використанням онлайн чи інших навчальних курсів, зокрема розташованих на спеціальних платформах, наприклад, Prometheus, ITVDN тощо.

Далі в статті акцентуватимемо увагу на формальній освіті і розглядатимемо лише рівень вищої освіти та освіти дорослих, оскільки на інших рівнях здобувачі в межах формальної освіти практично не мають об'єктів інтересу, щодо яких вони могли б самостійно здійснити вибір на основі рекомендації.

Завдання рекомендаційної системи полягає в тому, щоб для кожного користувача $u \in U$ та об'єктів його інтересу $i \in I$ побудувати відношення порядку на множині всіх елементів. Відношення порядку дає можливість однозначно визначити для двох будь-яких об'єктів $i_1 \in I$ та $i_2 \in I$, який із них має більшу перевагу для користувача u .

Рекомендаційна система у сфері формальної освіти має бути частиною загальної системи керування освітнім процесом у межах закладу освіти та може задовольняти потреби здобувачів освіти в процесі розв'язання таких завдань:

- побудови індивідуальної освітньої траєкторії через вибір певних дисциплін блока вільного вибору;

- рекомендації навчальної літератури (як для вивчення дисциплін навчального плану, так і для самоосвіти);

- рекомендації курсів інформальної освіти з огляду на інтереси, спеціалізацію чи інші параметри здобувача освіти чи навчальної дисципліни, яку він вивчає;

- рекомендації щодо тематики кваліфікаційної роботи та керівника роботи.

У сфері інформальної освіти (самоосвіти) рекомендаційна система має бути інтегрована у відповідну платформу, на якій розміщуються курси.

Ресурси для визначення характеристик об'єктів інтересу здобувача в межах формальної освіти охоплюють (рис. 1):

- 1) силабуси дисциплін — документи, що містять короткі описи дисциплін; формати та вміст силабусів унормовуються внутрішніми нормативними документами закладу освіти, але загалом вони повинні містити достатню інформацію для розуміння здобувачем цілей та задач дисципліни, політики та вимог курсу, основних результатів, яких треба досягти після закінчення курсу; зазвичай силабуси містять список рекомендованої літератури (зокрема, посилання на ресурси з бібліотеки закладу освіти), а також, за потреби, посилання (рекомендації) на зовнішні курси, які можна пройти для покращення результату цієї дисципліни чи для закріплення окремих обов'язкових або додаткових навичок та інших цілей;

- 2) бібліотеку закладу освіти — може бути звичайним електронним каталогом із назвами та анотаціями джерел (або повнотекстовою базою); джерело з бібліотечного каталогу може саме виступати як об'єкт інтересу здобувача або використовуватись для визначення характеристик інших об'єктів, наприклад, дисциплін;

- 3) каталог вибірових дисциплін — перелік дисциплін, які дають змогу сформувати так звану індивідуальну траєкторію здобувача; ці дисципліни здобувач вибирає самостійно за власними вподобаннями; заклад освіти може при цьому накладати обмеження на вибір окремих компонент, наприклад, для забезпечення послідовності викладання взаємозв'язаних дисциплін; дисципліни з каталогу виступають як об'єкт інтересу здобувача під час формування його індивідуального навчального плану;

- 4) базу даних кваліфікаційних робіт — може виступати як об'єкт інтересу здобувача з метою підбору тем праць, що найбільше відповідають його інтересам або для визначення найбільш популярних серед здобувачів напрямків досліджень; характеристики цього об'єкта можуть бути визначені як на основі назви теми, так і в результаті аналізу вмісту текстів праць чи тематичних індексів робіт;

5) базу даних керівників кваліфікаційних робіт — може виступати як об’єкт інтересу здобувача з метою підбору керівника, що найбільше відповідає тематиці досліджень здобувача, або формування списку з таких керівників;

6) результати опитувань — статистичні звіти, що містять результати опитувань здобувачів, викладачів та інших стейкхолдерів освітнього процесу, зокрема рейтингування викладачів, рейтингування дисциплін чи окремих видів навчальних робіт тощо; при цьому для побудови рейтингів можуть використовуватись самі різноманітні шкали оцінювання.

Зовнішні курси не є частиною внутрішніх ресурсів закладу освіти, що використовуються в освітньому процесі, і, зважаючи на надзвичайну різноманітність подібних курсів, не видається можливим інтегрувати їх як частину рекомендаційної системи. Проте інформацію щодо взаємодії з такими курсами можна дістати на основі опиту-

вань здобувачів (наприклад, анкетування наприкінці курсу з метою виявлення, якими саме курсами здобувачі скористались і як вони їх оцінюють), а також на основі інформації із силовисів навчальних дисциплін, де окремі зовнішні курси можуть бути зазначені як рекомендації викладачів.

Інформацію безпосередньо про здобувачів як потенційних користувачів рекомендаційної системи можна здобути з баз даних внутрішньої системи обліку здобувачів. Окрім інформації про персональні, демографічні, соціальні та інші характеристики здобувача для побудови «портрету» користувача можуть використовуватись додаткові дані, наприклад про його успішність, участь у позанавчальних заходах (конференції, конкурси тощо).

Об’єктами інтересу здобувача освіти в рекомендаційній системі в межах формальної освіти відповідно виступають такі:

- дисципліни з каталогу вибіркових дисциплін;



Рис. 1. Ресурси для визначення характеристик об’єктів інтересу здобувачів та самих здобувачів у межах формальної освіти

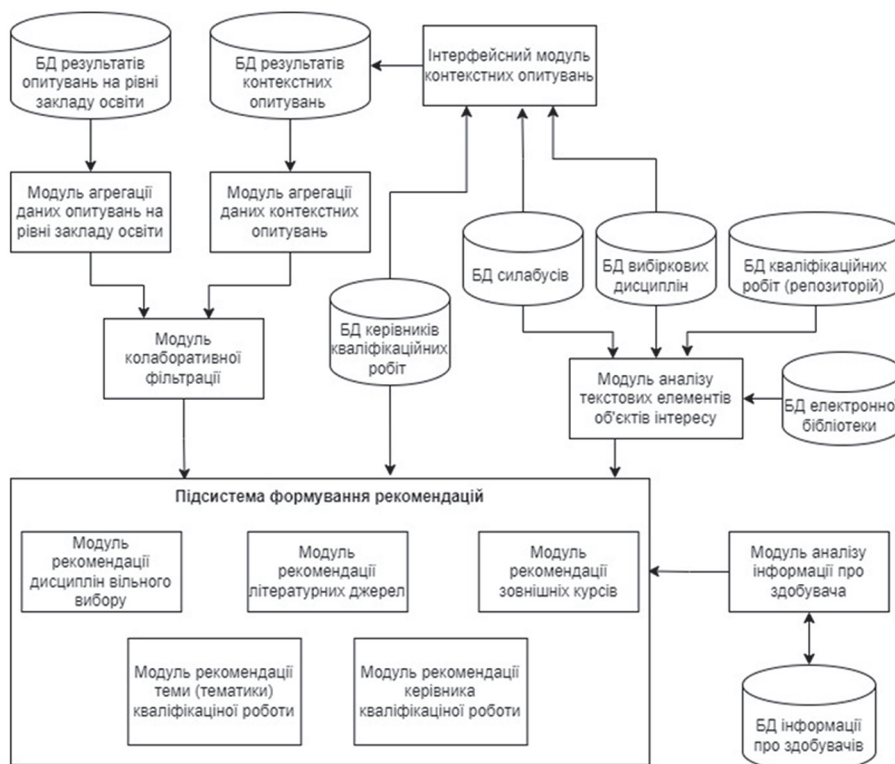


Рис. 2. Загальна структура рекомендаційної системи

- джерела з бібліотеки закладу освіти;
- теми (або тематики досліджень) кваліфікаційних робіт;
- потенційні керівники кваліфікаційних робіт;
- зовнішні курси для організації самоосвіти (за наявності інформації про ці курси в базах рекомендаційної системи).

Отже, структуру рекомендаційної системи в освітній сфері для випадку формальної освіти (вища освіта та освіта дорослих) можна подати моделлю на рис. 2, с. 60.

У системі передбачається виокремлення модуля для формування рекомендації по кожному об'єкту інтересу окремо, оскільки моделі побудови рекомендації для кожного з них різняться. Для реалізації рекомендаційної системи пропонується застосовувати гібридний підхід. Частина інформації, що містить у собі результати опитувань здобувачів, можна обробляти з використанням колаборативного підходу. При цьому для формування рекомендацій керівника кваліфікаційної роботи, дисципліни вільного вибору та зовнішніх курсів можна очікувати на низький рівень розрідженості матриці взаємодії з двох причин: по-перше, опитування здобувачів є обов'язковою частиною освітнього процесу і до них залучається великий відсоток здобувачів; по-друге, кількість об'єктів інтересу в зазначених класах є невеликою для кожного окремого модуля побудови рекомендацій. Контекстні опитування є додатковим засобом для визначення ставлення користувача до об'єктів інтересу і можуть бути отримані поза межами основної системи обов'язкових опитувань.

Що стосується модулів рекомендацій теми кваліфікаційної роботи та літературних джерел, то, зважаючи на те, що метадані про об'єкти інтересу (назва, рік видання, автор тощо) та вміст самих об'єктів подано текстовими даними, доцільно для їх аналізу послуговуватися методами оброблення текстів природною мовою (Natural Language Processing, Text Mining). Також модуль аналізу текстових елементів доречно застосовувати для формування окремих характеристик силабусів та вибірковок дисциплін (наприклад, ключових слів, визначень, тематики тощо), які в подальшому можна використовувати для визначення схожості з інтересами здобувача.

Висновки

Використання рекомендаційних систем у сфері освіти є перспективним напрямком, оскільки дає змогу автоматизувати окремі задачі здобувачів освіти в процесі формування індивідуальної освітньої траєкторії, зробити процеси вибору тих чи інших об'єктів інтересу більш обґрунтованими. Запропонована структура рекомендаційної

системи дозволяє брати до уваги специфіку домену освітньої галузі, зокрема наявність системи опитувань, подання великої кількості інформації про об'єкти інтересу в текстовій формі. Водночас гібридний формат реалізації рекомендаційної системи із застосуванням методів оброблення текстів природною мовою уможливить підвищення якості рекомендації завдяки врахуванню семантично схожих значень характеристик. Перспективою подальших досліджень є розроблення конкретних методик для формування рекомендацій по кожному із визначених об'єктів інтересу здобувача.

Список використаної літератури

1. *Recommender Systems Handbook* / Ricci F., Rokach L., Shapira B. (Eds.). Springer, 2011. 842 p.
2. *Raghuwanshi S., Pateriya, R. K. Movie Recommendation System Content-Based and Collaborative Filtering* // *International Journal of Computer Sciences and Engineering*. 2018. 6. P. 476–481. 10.26438/ijcse/v6i4.476481.
3. *Мелешко Є. В. Проблеми сучасних рекомендаційних систем та методи їх рішення* // *Системи керування, навігації та зв'язку*. 2018. Вип. 4. С. 120–124. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/suntz_2018_4_25.
4. *Чалий С. Ф., Лециньський В. О., Лециньська І. О. Моделювання контексту в рекомендаційних системах* // *Проблеми інформаційних технологій*, 2018. 1. С. 21–26.
5. *Бочкарьов О. Ю. Метод контекстно-залежного рекомендування з фільтрацією вмісту для керування відеоданими* // *Комп'ютерні системи та мережі*. 2022. Вип. 4, № 1. С. 1–11.
6. *Kurmashov N., Latuta K., Nussipbekov A. Online book recommendation system*. 2015. 1-4. 10.1109/ICECCO.2015.7416895.
7. *Amanullah M., Khedher A. Recommender Systems for E-Learning*. 2021. 10.4018/978-1-7998-5009-0.ch009.
8. *Інтелектуальний аналіз пропозицій товарів на основі контекстних рекомендацій* / О. У. Cherednichenko, О. В. Ivashchenko, У. М. Gontar, В. М. Vorona // *Вісник Нац. техн. ун-ту «ХПИ»*. Серія: Системний аналіз, керування та інформаційні технології. 2018. 1320(44). С. 57–66. URL: <https://doi.org/10.20998/2079-0023.2018.44.10>
9. *Raghuwanshi Sandeep, Pateriya R. Collaborative Filtering Techniques in Recommendation Systems*. 2019. 10.1007/978-981-13-6347-4_2.
10. *Yuan Z., Lee J., Zhang S. Optimization of the Hybrid Movie Recommendation System Based on Weighted Classification and User Collaborative Filtering Algorithm* // *Complexity*. 2021. 1-13. 10.1155/2021/4476560.

11. *Investigating Graph-Based Recommendations Systems and Graph Traversal Algorithms* / G. Puri, A. Varanasi, G. Singh [et al.]. 2023. 10.1007/978-981-19-9512-5_11.

12. Закон України «Про освіту». Відомості Верховної Ради (ВВР), 2017. № 38-39. Ст. 380.

B. O. Khudik

APPLICATION OF RECOMMENDATION SYSTEM IN EDUCATIONAL FIELD

The article is devoted to the issue of the application of recommender system technology in the educational sphere. It was determined that certain tasks of the educational field can be described in terms of recommendation systems: the user who is given a recommendation is the education applicant; the objects of his interest are disciplines from the catalog of optional disciplines, sources from the library of the educational institution, topics (or research area) of qualification papers, potential supervisors of qualification papers, external courses for the organization of self-education. A list of resources was created to determine the characteristics of the education applicants' objects of interest and the education applicants themselves within the framework of formal education, and an analysis of their content and method of formation was carried out. The structure of the recommendation system has been developed; its feature is that each object of interest of the education applicant corresponds to a separate module of recommendations. At the same time, the recommendation modules use shared resources, including databases of the educational institution with direct information about the objects of interest and the education applicant, as well as survey databases consisting of general regular mandatory surveys for education applicants at the level of the educational institution and contextual surveys regarding objects of interest. A hybrid approach was chosen to form the recommendations. The structure of the system provides for the use of collaborative filtering for processing survey results, and data presented in the form of semi-structured or arbitrary texts in natural language is proposed to be processed using Natural Language Processing and Text Mining methods, which will allow taking into account semantically similar values of the characteristics of objects of interest and users and thus to improve the quality of the recommendation system.

Keywords: information technology; database; automation; decision support; recommender system; educational field; hybrid approach; survey; natural language processing.

