

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерних наук
(повна назва)

Кафедра Інформаційних управляючих систем
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий (магістерський)

Дослідження методів формування
рекомендацій вибору навчальних курсів ІС
супроводу факультативного навчання
(тема)

Виконав:

здобувач 2 року навчання,
групи ІУСТМ-23-1

Мороз Дмитро В'ячеславович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 122 Комп'ютерні науки
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Інформаційні управляючі системи та технології
(повна назва освітньої програми)

Керівник: проф. Чала О.В.
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри ІУС



(підпис)

Петров К.Е.

(прізвище, ініціали)

2025 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки


Факультет _____ Комп'ютерних наук _____

Кафедра _____ Інформаційних управляючих систем _____

Рівень вищої освіти _____ другий (магістерський) _____

Спеціальність _____ 122 Комп'ютерні науки _____
(код і повна назва)Тип програми _____ освітньо-професійна _____
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)Освітня програма _____ Інформаційні управляючі системи та технології _____
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____ 
(підпис)

“ 09 ” грудня 20 24 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

здобувачеві _____ Морозу Дмитру В'ячеславовичу _____
(прізвище, ім'я, по батькові)1. Тема роботи Дослідження методів формування рекомендацій вибору навчальних курсів ІС супроводу факультативного навчання

затверджена наказом по університету від “ 27 ” листопада 2024 р. № 1249Ст

2. Термін подання здобувачем роботи до екзаменаційної комісії “ 18 ” січня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи науково-технічні публікації та інтернет-джерела з тематики дослідження рекомендацій факультативного навчання4. Перелік питань, що потрібно опрацювати у роботі аналіз процесу факультативного навчання, аналіз підходів до формування рекомендацій, розробка підходу до формування рекомендацій для вибору навчальних курсів на основі контекстних знань, удосконалення методу формування рекомендацій з використанням великих мовних моделей, реалізація удосконаленого методу формування рекомендацій, експериментальна перевірка методу формування рекомендацій

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз предметної області	09.12.2024 - 13.12.2024	Виконано
2	Аналіз процесу факультативного навчання	13.12.2024 - 15.12.2024	Виконано
3	Аналіз підходів до формування рекомендацій	15.12.2024 - 20.12.2024	Виконано
4	Дослідження рекомендаційних систем	20.12.2024 - 25.12.2024	Виконано
5	Розробка підходу до формування рекомендацій	25.12.2024 - 30.12.2024	Виконано
6	Удосконаленого методу формування рекомендацій	30.12.2024 - 04.01.2025	Виконано
7	Перевірка методу формування рекомендацій	04.01.2025 - 07.01.2025	Виконано
8	Оформлювання пояснювальної записки	07.01.2025 - 12.01.2025	Виконано
9	Підготовка презентації	12.01.2025 - 14.01.2025	Виконано
10	Перевірка кваліфікаційної роботи на плагіат	14.01.2025 - 16.01.2025	Виконано
11	Попередній захист кваліфікаційної роботи	16.01.2025 - 19.01.2025	Виконано
12	Захист кваліфікаційної роботи	22.01.2025	Виконано

Дата видачі завдання 09 грудня 2024 р.

Здобувач Мшл
(підпис)

Керівник роботи ЧО
(підпис)

проф. Чала О.В.
(посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи: 88 с., 23 рис., 14 табл., 1 дод., 32 джерела.

ВЕЛИКІ МОВНІ МОДЕЛІ, ДІАГРАМА, ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА, КОНТЕКСТНИЙ МЕТОД, РЕКОМЕНДАЦІЇ, ФАКУЛЬТАТИВНЕ НАВЧАННЯ, ХОЛОДНИЙ СТАРТ.

Об'єктом дослідження кваліфікаційної роботи є процес побудови рекомендації навчальних курсів.

Предметом дослідження є методи формування рекомендації навчальних курсів.

Метою роботи є розробка підходу до формування рекомендацій для вибору навчальних курсів на основі контекстних знань.

В роботі удосконалено метод формування рекомендацій вибору навчальних курсів на основі формування знань щодо цих курсів шляхом аналізу відгуків користувачів з використанням великих мовних моделей

Задачі дослідження охоплюють аналіз властивостей ІС супроводу факультативного навчання; розробку підходу до формування рекомендацій для вибору навчальних курсів на основі контекстних знань; удосконалення методу формування рекомендацій з використанням великих мовних моделей; розробку інформаційної технології формування рекомендацій щодо факультативного навчання; експериментальну перевірку отриманих результатів.

Актуальність даної роботи пов'язана з необхідністю поліпшення процесу рекомендацій на основі знань. Рекомендації будуються на основі контекстних знань вилучених з відгуків користувачів систем та курсів.

ABSTRACT

Master's thesis: 88 pages, 23 figures, 14 tables, 1 appendices, 32 sources.

INFORMATION TECHNOLOGY, MEDICAL INFORMATION SYSTEM,
MEDICAL INSTITUTION, METHOD, WORK EFFICIENCY ASSESSMENT.

The object of this research is the process of constructing recommendations for educational courses.

The subject of the study focuses on the methods for generating course recommendations.

The purpose of this work is to develop an approach to generating course recommendations based on contextual knowledge.

This research enhances the method of constructing course recommendations by deriving knowledge about the courses through user review analysis, leveraging large language models.

The research objectives include the analysis of the properties of information systems supporting extracurricular learning; the development of an approach to course recommendation generation based on contextual knowledge; the improvement of recommendation methods through the use of large language models; the creation of an information technology framework for generating course recommendations; and the experimental validation of the obtained results.

The relevance of this study lies in the necessity of improving the recommendation process through knowledge-based techniques. The recommendations are constructed using contextual knowledge extracted from user reviews of systems and courses.

ЗМІСТ

Скорочення та умовні позначки	7
Вступ.....	8
1 Аналіз підходів до формування рекомендацій щодо факультативного навчання	10
1.1 Аналіз процесу факультативного навчання	10
1.2 Аналіз властивостей ІС супроводу факультативного навчання ..	21
1.3 Аналіз підходів до формування рекомендацій.....	32
1.4 Аналіз існуючих рішень із формування рекомендацій на сучасних освітніх платформах	35
1.5 Постановка задачі дослідження.....	42
2 Розробка методу формування рекомендацій щодо факультативного навчання з використанням великих мовних моделей	45
2.1 Розробка підходу до формування рекомендацій для вибору навчальних курсів на основі контекстних знань	45
2.2 Удосконалення методу формування рекомендацій з використанням великих мовних моделей.....	53
3 Інформаційна технологія формування рекомендацій щодо факультативного навчання.....	64
4 Практична імплементація та експериментальна перевірка методу формування рекомендацій.....	67
4.1 Реалізація удосконаленого методу формування рекомендацій ...	67
4.2 Експериментальна перевірка методу формування рекомендацій	69
Висновки	71
Перелік джерел посилання	73
Додаток А Графічний матеріал кваліфікаційної роботи.....	76

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

БД – база даних

ІС – інформаційна система

СУБД – система управління базами даних

CSS - каскадні таблиці стилів

DFD – методологія графічного структурного аналізу

ER-діаграма – графічна реалізація відношення «Сутність-зв'язок»

GDPR – General Data Protection Regulation

HTML – HyperText Markup Language

MVC – Model-View-Controller

TDD – Test Driven Development

ВСТУП

У сучасному світі спостерігається зростаючий інтерес до отримання додаткових знань. Люди активно прагнуть вивчати іноземні мови, освоювати навички, пов'язані з інформаційними технологіями, а також займатися спортом для підтримки свого фізичного здоров'я.

Зважаючи на глобальну ситуацію та існуючі обмеження, дедалі більше людей виявляють зацікавленість у можливості навчатися дистанційно. Це особливо актуально для таких напрямків, як програмування. Сучасні освітні підходи збагачуються інноваційними рішеннями, такими як впровадження змішаного формату навчання, що поєднує курси різних тем і сфер, а також рекомендаційні системи, які автоматизують вибір навчальних програм на основі індивідуальних потреб студентів.

Одним із ключових аспектів сучасного дистанційного навчання є побудова рекомендацій навчальних курсів. Завдяки аналізу відгуків користувачів, характеристик курсів і персональних профілів студентів створюються персоналізовані траєкторії навчання. Використання великих мовних моделей (LLM) у цих рекомендаційних системах дозволяє глибше аналізувати текстові дані, виявляти важливі аспекти курсів і пропонувати оптимальні варіанти для кожного користувача. Це сприяє підвищенню точності рекомендацій і задоволеності студентів.

Наразі особливого значення набуває не лише створення та вдосконалення існуючих освітніх платформ, але й поширення програмних рішень, які сприяють автоматизації процесів і підвищенню ефективності навчання. Такі сервіси допомагають людям розвиватися в різних напрямках, підвищувати кваліфікацію та вдосконалювати свої навички у вибраних галузях.

Основна мета цієї кваліфікаційної роботи полягає у створенні методології та програмного забезпечення для рекомендаційної системи. Вона

не лише автоматизує процес підбору факультативних дисциплін, але й використовує сучасні підходи, орієнтовані на аналіз відгуків користувачів і виділення знань із текстів. Завдяки цьому система забезпечуватиме персоналізований підхід до формування індивідуальної траєкторії навчання для студентів, враховуючи їхні уподобання та рівень підготовки.

Тема кваліфікаційної роботи («Дослідження методів формування рекомендацій вибору навчальних курсів ІС супроводу факультативного навчання») є надзвичайно актуальною в умовах сучасного світу та з урахуванням широких можливостей дистанційного навчання.

Сфери застосування такого сервісу можуть включати не лише приватні навчальні заклади, орієнтовані на професійний розвиток, але й загальнодоступні установи, такі як школи, університети та інші освітні організації. Використання рекомендаційних систем у цих установах сприятиме оптимізації навчальних процесів, підвищенню якості освіти та задоволеності студентів.

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

1.1 Аналіз процесу факультативного навчання

Процес факультативного навчання є важливою складовою сучасної освітньої системи, яка забезпечує студентам можливість поглиблювати свої знання у вибраних напрямках або розширювати компетенції в нових сферах. Цей тип навчання передбачає добровільний вибір студентами дисциплін з урахуванням їхніх інтересів, кар'єрних цілей та рівня підготовки.

Факультативне навчання відрізняється гнучкістю і дозволяє студентам адаптувати свою освітню траєкторію під індивідуальні потреби. Для цього важливу роль відіграє інформаційна система супроводу, яка автоматизує процеси вибору курсів, реєстрації, моніторингу прогресу та надання зворотного зв'язку. Однією з ключових особливостей процесу є необхідність надання рекомендацій студентам на основі їхніх уподобань, успішності та попереднього досвіду.

Для вибору курсу студентам надаються теми спорту та програмування, а також впроваджується гібридний метод проведення занять. Студент, який прагне розширити свої знання з програмування, може вибирати факультативи на основі таких параметрів, як рівень складності, тривалість, мова програмування та популярність серед інших студентів. Система повинна враховувати ці критерії та автоматично надавати персоналізовані рекомендації. У випадку спортивних дисциплін важливо враховувати фізичний стан студента, його доступний час та інші особливості, які можуть впливати на вибір.

Ключовими етапами факультативного навчання є вибір дисциплін, організація навчального процесу та оцінка його результатів. На етапі вибору студент знайомиться з доступними курсами, аналізує їхній зміст і вибирає ті, що відповідають його цілям. У цьому контексті особливо важливою є якісна рекомендаційна система, яка допомагає студенту швидко знайти відповідний

курс. Після цього відбувається організація навчання, яка включає планування розкладу, забезпечення матеріалами та підтримку комунікації між студентами і викладачами. На завершальному етапі проводиться оцінювання прогресу, яке може включати тести, виконання проєктів та отримання сертифікатів.

Процес факультативного навчання також має певні виклики, зокрема проблему "холодного старту" для студентів, які вперше користуються системою, та необхідність врахування індивідуальних особливостей кожного користувача. Для їх вирішення застосовуються гібридні методи рекомендацій, які комбінують колаборативну та контентну фільтрацію, забезпечуючи точні та релевантні рекомендації.

Загальна ефективність факультативного навчання залежить від якості навчальних матеріалів, рівня підтримки студентів та можливостей системи для персоналізації. Наприклад, аналіз результатів студентів, які використовують такі платформи, як Coursera або Udacity, показує, що доступ до якісного контенту та інтерактивного середовища позитивно впливає на мотивацію до навчання.

В таблиці 1.1 приведено аналіз процесу факультативного навчання.

Таблиця 1.1 - Аналіз процесу факультативного навчання

Етап	Характеристика	Приклади
Вибір дисциплін	Студенти аналізують доступні курси на основі змісту, рівня складності, тривалості та популярності.	Рекомендація курсу з програмування Python для початківців на основі попереднього досвіду.

Кінець таблиці 1.1

<p>Організація навчання</p>	<p>Планування розкладу, забезпечення матеріалами, комунікація між учасниками навчального процесу.</p>	<p>Викладач організовує групу для офлайн-занять з йоги у вечірній час.</p>
<p>Оцінка результатів</p>	<p>Аналіз прогресу студентів за допомогою тестів, проєктів або сертифікації.</p>	<p>Студент виконує фінальний тест і отримує сертифікат про завершення курсу.</p>
<p>Виклики процесу</p>	<p>Проблема холодного старту, врахування індивідуальних потреб студентів, забезпечення персоналізації.</p>	<p>Використання гібридних рекомендацій для нових користувачів системи.</p>

На рисунку 1.1 зображено аналіз процесу факультативного навчання



Рисунок 1.1 – Аналіз процесу факультативного навчання

В таблиці 1.2 наведено структуру ІС супроводу факультативного навчання.

Таблиця 1.2 - Структура ІС супроводу факультативного навчання

Модуль	Опис функцій	Основні компоненти	Призначення
Модуль управління курсами	Забезпечує адміністрування курсів, включаючи створення, оновлення та видалення курсів, а також їхню класифікацію за категоріями та рівнями складності.	Інтерфейс адміністрування, база даних курсів	Забезпечує актуальність і структурованість інформації про доступні курси.
Модуль реєстрації користувачів	Управляє процесами реєстрації та авторизації користувачів. Зберігає профілі студентів, викладачів і адміністраторів із можливістю оновлення даних.	База даних користувачів, механізм автентифікації	Дозволяє забезпечити доступ користувачів до системи відповідно до їхньої ролі.

Продовження таблиці 1.2

Модуль рекомендацій	Формує персоналізовані рекомендації для студентів на основі аналізу їхніх уподобань, історії навчання та зібраних відгуків про курси.	Алгоритми на основі LLM, база даних профілів студентів	Забезпечує підвищення ефективності вибору факультативних курсів для студентів.
Модуль управління контентом	Забезпечує управління навчальними матеріалами, включаючи додавання нових ресурсів, організацію доступу до документів і мультимедійних матеріалів.	Система зберігання файлів, інтеграція з бібліотеками LMS	Дозволяє студентам і викладачам працювати з навчальним контентом безперешкодно та централізовано.

Кінець таблиці 1.2

Модуль аналізу та звітності	Проводить збір даних про успішність студентів, їхню активність і вподобання. Формує звіти для адміністрації та викладачів для оптимізації навчального процесу.	Аналітичний модуль, графічний інтерфейс для візуалізації	Допомагає виявити ефективність курсів і вдосконалити освітній процес на основі даних.
Модуль інтеграції	Дозволяє взаємодію системи з іншими сервісами та платформами, такими як платформи дистанційного навчання, платіжні системи або зовнішні API.	API, механізми інтеграції	Розширює функціональність системи та забезпечує зручність використання зовнішніх сервісів.
Модуль підтримки користувачів	Забезпечує комунікацію студентів із технічною підтримкою.	Система управління заявками, інтеграція чат-ботів	Гарантує своєчасне вирішення проблем користувачів

На рисунку 1.3 зображено структуру факультативного навчання.

Модуль управління курсами

- Забезпечує адміністрування курсів, включаючи створення, оновлення та видалення курсів

Модуль реєстрації користувачів

- Управляє процесами реєстрації та авторизації користувачів

Модуль рекомендацій

- Формує персоналізовані рекомендації для студентів на основі аналізу їхніх уподобань, історії навчання та зібраних відгуків про курси

Модуль управління контентом

- Забезпечує управління навчальними матеріалами, включаючи додавання нових ресурсів

Модуль аналізу та звітності

- Проводить збір даних про успішність студентів, їхню активність і вподобання

Рисунок 1.3 - Структура факультативного навчання

1.2 Аналіз властивостей ІС супроводу факультативного навчання

Інформаційна система, що забезпечує супровід факультативного навчання, має бути багатофункціональною та адаптивною, враховувати потреби користувачів і підтримувати гнучкість навчального процесу.

Однією з ключових властивостей є персоналізація. Вона дозволяє студентам отримувати індивідуальні рекомендації щодо вибору курсів, які відповідають їхнім потребам, цілям та інтересам. Для досягнення цього система збирає дані про результати навчання, уподобання студентів і їхній попередній досвід. Це також передбачає адаптивний інтерфейс, який пропонує лише релевантну інформацію, що підвищує ефективність взаємодії користувача з платформою.

Іншою важливою властивістю є гнучкість та адаптивність. Факультативне навчання часто включає курси з різною тривалістю, форматом (онлайн або офлайн) та рівнем складності. Система повинна підтримувати різні типи контенту, від текстових матеріалів до інтерактивних вправ, а також адаптуватися до змін у програмах курсів. Це сприяє ефективному плануванню розкладу та комбінуванню декількох курсів.

Автоматизація процесів є ще одним важливим аспектом, що дозволяє мінімізувати адміністративне навантаження. ІС повинна автоматично реєструвати студентів на курси, формувати розклади, моніторити відвідуваність і успішність, а також збирати зворотний зв'язок після завершення навчання. Завдяки автоматизації зменшується кількість помилок, пов'язаних із ручною обробкою даних.

Інтерактивність системи забезпечує активну участь студентів у навчальному процесі. Це реалізується через інтеграцію чатів, форумів і систем обговорення, а також використання гейміфікації, наприклад, нарахування балів за досягнення. Завдяки таким функціям підвищується зацікавленість студентів та їхня взаємодія з навчальним контентом.

В таблиці 1.3 наведено основні аспекти, пов'язані з масштабованістю.

Таблиця 1.3 - Основні аспекти, пов'язані з масштабованістю

Аспект	Опис
Збільшення обсягу даних	Підтримка зберігання великого обсягу навчальних матеріалів та статистичних даних
Кількість користувачів	Можливість обслуговування тисяч одночасних підключень без втрати продуктивності
Інтеграція хмарних технологій	Використання кластерних рішень для забезпечення роботи системи

Ще однією важливою властивістю є аналітичні можливості системи. Вона повинна надавати інструменти для аналізу популярності курсів, оцінки успішності студентів та створення звітів для викладачів і адміністраторів. Це дозволяє приймати обґрунтовані рішення на основі даних.

Система також повинна бути доступною для студентів із різним рівнем підготовки та технічними можливостями. Це включає підтримку роботи на мобільних пристроях, адаптацію для людей із обмеженими можливостями та локалізацію для різних мов.

Безпека даних є критично важливим фактором, адже система працює з персональними даними студентів. Захист інформації забезпечується через використання шифрування, резервне копіювання та запобігання несанкціонованому доступу.

Оцінка ефективності курсів у системі може бути реалізована через збір відгуків студентів, аналіз результатів навчання та створення звітів. Це дозволяє ідентифікувати слабкі сторони курсів і оптимізувати їх у майбутньому.

Особливості факультативного навчання.

Гнучкість у виборі курсів:

- учні можуть самостійно обирати курси, які відповідають їхнім інтересам та майбутнім цілям;
- можливість комбінувати курси різних напрямків: програмування, спорт тощо;
- змішаний формат навчання;
- використання онлайн-формату для програмування та офлайн-занять для спортивних курсів;
- використання сучасних платформ для інтерактивного навчання;
- індивідуалізація;
- надання персоналізованих рекомендацій на основі уподобань та цілей учнів;
- автоматизація реєстрації, розкладу занять та отримання зворотного

зв'язку.

Тематики курсів:

- програмування - курси для різних рівнів підготовки (від початківців до професіоналів);
- спортивні дисципліни - тренування для підтримки фізичного здоров'я та спеціалізовані програми.

Гнучкість розкладу:

- можливість обрати денні чи вечірні курси;
- фільтрування за тривалістю та складністю.

Оцінювання та сертифікація:

- курси супроводжуються оцінюванням прогресу та видачею сертифікатів;

- доступність відгуків про викладачів та курси;
- вимоги до формування індивідуальної траєкторії навчання.

Персоналізація рекомендацій:

- Використання методів колаборативної, контентної та гібридної фільтрації;

- аналіз історії вибору курсів, уподобань та відгуків.

Інтерактивність і зручність:

- інтуїтивно зрозумілий інтерфейс реєстрації;
- доступ до детальної інформації про курси, викладачів та відгуки.

Технічні вимоги:

- використання хмарних технологій для масштабованості системи;
- інтеграція з платіжними сервісами та платформами для онлайн-занять.

Простота використання:

- єдина база даних з усією інформацією про користувачів, викладачів та курси;

- відображення розкладу в особистому кабінеті учня;

Оцінка ефективності навчальних курсів є ключовою складовою для забезпечення якості навчання та покращення індивідуальної траєкторії

студентів.

Рівень залучення студентів:

- відсоток студентів, які завершили курс;
- частота відвідувань занять;
- кількість виконаних завдань та участь в інтерактивних заходах;
- середній час, проведений студентами на курсі;
- кількість активних користувачів порівняно із зареєстрованими.

Результати навчання:

- досягнення цілей курсу студентами;
- процент студентів, які склали фінальне оцінювання;
- прогрес студентів у порівнянні з початковим рівнем знань;
- середній бал за підсумкові тестування;
- розподіл студентів за рівнями досягнень (низький, середній, високий).

Задоволеність студентів:

- відгуки студентів про курс;
- оцінки, залишені студентами (напр., у вигляді рейтингу від 1 до 5);
- текстові коментарі щодо змісту курсу, методики викладання та доступності матеріалів;
- середня оцінка курсу;
- відсоток позитивних відгуків.

Практична корисність курсу:

- застосування знань у реальних умовах;
- кількість студентів, які успішно використовують отримані знання для розв'язання прикладних задач;
- рівень адаптованості курсу до потреб ринку;
- частота використання студентами отриманих знань у реальних проектах;
- відгуки студентів про практичну корисність матеріалів.

Актуальність і оновлення матеріалів:

- відповідність змісту курсу сучасним стандартам і трендам;

- регулярність оновлення змісту курсу;
- відповідність програми курсу сучасним технологіям та методологіям;
- частота оновлень матеріалів курсу;
- відсоток учасників, які вважають курс актуальним.

Рівень технічного забезпечення:

- зручність та доступність платформи для навчання;
- швидкість роботи системи;
- інтуїтивність інтерфейсу;
- кількість скарг на технічні проблеми;
- середній час відгуку системи під час виконання дій.

Фінансова ефективність:

- окупність курсу;
- кількість студентів, які придбали курс;
- відношення доходу до витрат на розробку та підтримку курсу;
- доходи від курсу (у відсотках від витрат);
- середня вартість одного учасника.

На рисунку 1.3 зображено схему структури інформаційної системи факультативного навчання.

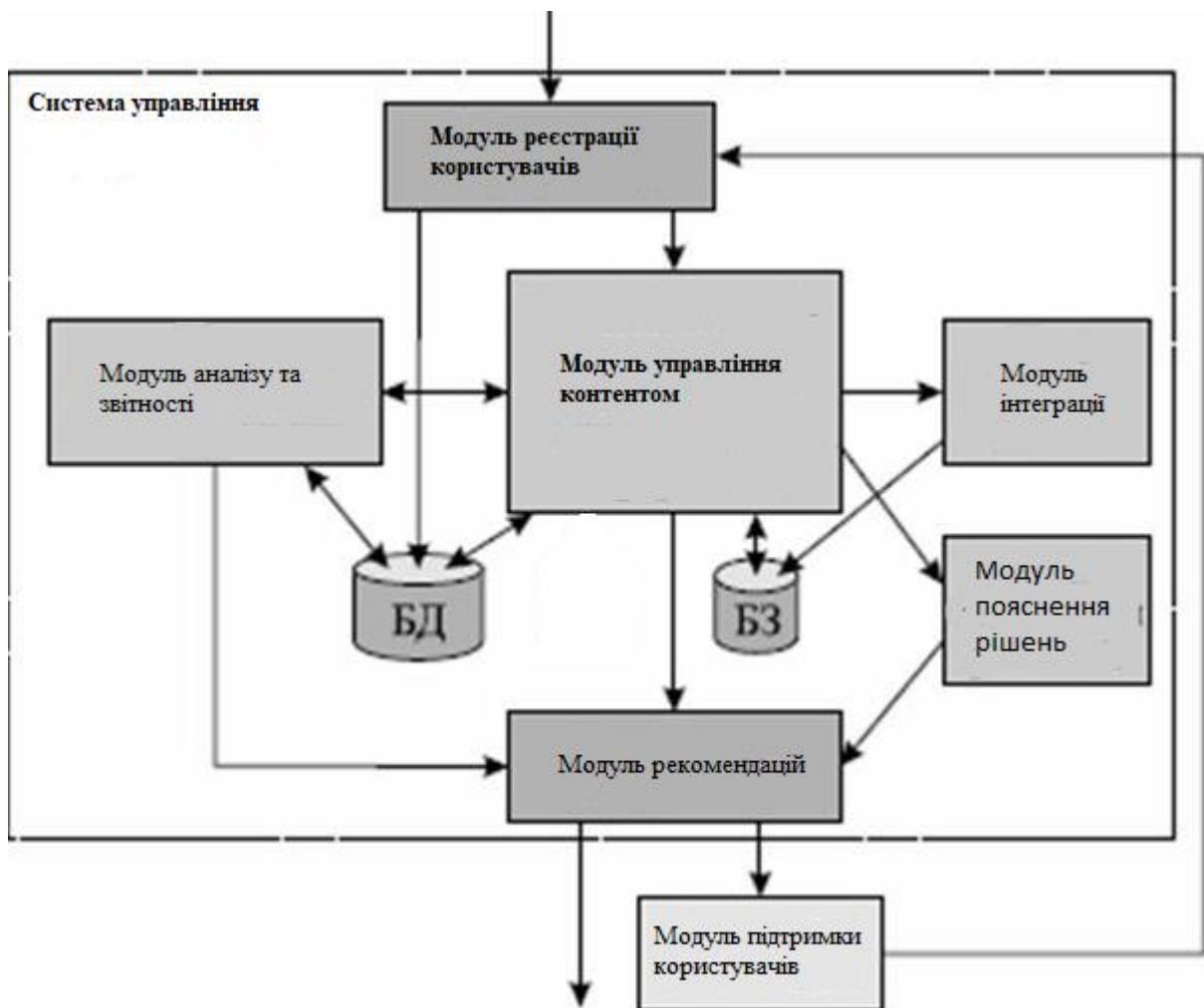


Рисунок 1.3 - Схема структури інформаційної системи факультативного навчання

1.3 Аналіз підходів до формування рекомендацій щодо вибору навчальних курсів

Рекомендаційні системи відіграють важливу роль у персоналізованому підборі навчальних курсів, забезпечуючи ефективне навчання. У даному аналізі розглядаються ключові підходи до формування рекомендацій з

урахуванням їхньої специфіки, переваг і недоліків.

Knowledge-Based Recommender Systems працюють без необхідності в історичних даних про взаємодію користувача з системою. Вони використовують явну інформацію про вимоги користувача та атрибути предметів. Основні аспекти таких систем включають:

- уточнення запитів - користувачі задають параметри (наприклад, бюджет, специфікації), що дозволяє налаштовувати пошук;
- доменні знання - використовуються специфічні знання галузі, наприклад, технічні характеристики або нормативні обмеження;
- обробка контексту - рекомендації формуються на основі відповідності потреб користувача до атрибутів предметів;
- гнучкість - ці системи добре адаптуються до нових продуктів або обмежень, уникаючи проблеми "холодного старту".

В таблиці 1.4 наведено відгуки на платформі факультативного навчання.

Таблиця 1.4 - Відгуки на платформі факультативного навчання

Контекст (відгук)	Контекстне знання	Категорія знань
Курси добре структуровані, лекції якісні, завдання інтерактивні.	Висока якість контенту (структура, лекції, завдання).	Якість навчального матеріалу
Дає хороші знання, якщо є бажання розвиватися. Вибір курсів великий.	Великий вибір курсів для саморозвитку.	Асортимент курсів
Можливість отримувати сертифікати, які визнаються роботодавцями.	Курси сертифіковані, що додає вагу для працевлаштування.	Кар'єрні перспективи

Кінець таблиці 1.4

Величезний вибір курсів, але часто поверхневі, якщо порівнювати з академічними.	Великий асортимент, проте глибина матеріалу недостатня.	Асортимент курсів, якість контенту
Курси доступні за невеликі гроші.	Доступність цін на курси.	Вартість навчання
Інтерфейс простий, але важко знайти курси з високим рівнем деталізації.	Зручний інтерфейс, але обмежений фільтр для пошуку.	Зручність використання
Курси дуже практичні, але вимогливі у часі.	Практична спрямованість курсів із високою інтенсивністю.	Практична користь
Велика кількість проєктів дозволяє закріпити знання на практиці.	Проєктно-орієнтоване навчання сприяє закріпленню знань.	Навчальна методика
Висока вартість програм, що обмежує доступність для студентів.	Курси дорогі, що впливає на доступність.	Вартість навчання
Добрий вибір для спеціалізації у програмуванні, але мало опцій для початківців.	Сильний акцент на програмуванні, слабка підтримка початківців.	Цільова аудиторія

Підхід колаборативної фільтрації орієнтований на виявлення схожостей між користувачами або об'єктами (курсами). В основі лежить припущення, що користувачі зі схожими уподобаннями, ймовірно, зацікавляться подібними курсами.

Методи:

- user-Based Collaborative Filtering (UB-CF) – аналіз схожих користувачів;

- item-Based Collaborative Filtering (IB-CF) – визначення схожих об'єктів;

- матрична факторизація (Matrix Factorization) – використання прихованих зв'язків, наприклад, через SVD.

Особливості:

- переваги: здатність знаходити неочевидні зв'язки, мінімальна залежність від атрибутів курсів;

- недоліки: проблема «холодного старту», велика потреба у даних для точності прогнозів.

Контентна фільтрація базується на аналізі характеристик курсів, обраних користувачем. Основний акцент робиться на атрибутах курсів, таких як ключові слова, описи, теги.

Методи:

- TF-IDF – оцінка важливості термінів у контенті курсів;

- косинусна схожість – оцінка відповідності між курсами та профілем користувача;

- машинне навчання – використання класифікаторів для побудови моделей вподобань.

Особливості:

- переваги: автономність у формуванні рекомендацій, зрозумілість алгоритмів;

- недоліки: обмеженість у врахуванні соціальних взаємодій, вузькість рекомендацій.

Гібридні методи- це поєднання колаборативної та контентної фільтрації, дозволяє компенсувати недоліки кожного з підходів і підвищити точність рекомендацій.

Основні підходи:

- послідовна інтеграція – комбінування результатів різних підходів;
- паралельна інтеграція – одночасне використання кількох методів;
- метамодельний підхід – машинне навчання на основі вихідних даних від кількох моделей.

Особливості:

- переваги: урахування різнорідних даних, зниження проблеми «холодного старту»;
- недоліки: складність реалізації, високі вимоги до ресурсів.

Етапи формування рекомендацій:

- збір даних: включає історію відвідувань, відгуки користувачів та їхні уподобання;
- аналіз даних: побудова моделей взаємодії між користувачами та курсами;
- генерація рекомендацій: застосування обраного методу або їхньої комбінації для формування релевантних результатів.

Аналіз виявив, що кожен підхід має свою область застосування. Колаборативна фільтрація ефективна для виявлення соціальних зв'язків між користувачами, тоді як контентна фільтрація надає детальні рекомендації на основі атрибутів курсів. Гібридні методи є перспективними завдяки своїй універсальності та здатності вирішувати основні проблеми інших підходів. Їх вибір залежить від доступних даних, цілей системи та технічних можливостей.

У таблиці 1.5 наведено порівняння методів.

Таблиця 1.5 - Порівняння методів

Метод	Переваги	Недоліки	Приклади використання
Колаборативна фільтрація	Глибокий аналіз уподобань користувачів	Холодний старт, потреба у великих даних	Рекомендація нових курсів на основі вибору інших
Контентна фільтрація	Адаптація до інтересів користувача	Обмежений обсяг рекомендацій	Рекомендація курсів за схожими описами
Гібридні методи	Висока точність, універсальність	Складність впровадження	Персоналізовані рекомендації з урахуванням усіх аспектів

На рисунку 1.4 зображено порівняння методів.

Колаборативна фільтрація	Контентна фільтрація	Гібридні методи
<ul style="list-style-type: none"> • + Глибокий аналіз уподобань користувачів • - Холодний старт, потреба у великих даних 	<ul style="list-style-type: none"> • + Адаптація до інтересів користувача • - Обмежений обсяг рекомендацій 	<ul style="list-style-type: none"> • + Висока точність, універсальність • - Складність впровадження

Рисунок 1.4 – Порівняння методів

На основі аналізу джерела "Recommender Systems: The Textbook" Чару К. Аггарвала, виділимо наступну інформацію про системи рекомендацій на

основі знань та контексту.

В таблиці 1.6 наведено системи рекомендацій на основі знань (Knowledge-Based Recommender Systems).

Таблиця 1.6 - Системи рекомендацій на основі знань

Аспект	Опис
Визначення	Використовують явні знання про предметну область, продукти та потреби користувачів для надання рекомендацій.
Методи	Застосовують правила та обмеження, що відображають експертні знання, для зіставлення потреб користувача з характеристиками продуктів.
Переваги	Ефективні у випадках, коли немає достатньо історичних даних про вподобання користувачів; можуть враховувати складні потреби та специфічні вимоги.
Недоліки	Потребують значних зусиль для створення та підтримки бази знань; можуть бути менш гнучкими при зміні умов або появі нових продуктів.

На рисунку 1.5 зображено системи рекомендацій на основі знань.



Рисунок 1.5 - Системи рекомендацій на основі знань

В таблиці 1.7 наведено концептуальні цілі різних рекомендаційних систем.

Таблиця 1.7 - Концептуальні цілі різних рекомендаційних систем

Назва підходу	Пояснення підходу	Вихідні дані
Collaborative	Рекомендації формуються на основі вподобань інших користувачів із подібними інтересами.	Оцінки користувачів та оцінки спільноти
Content-based	Рекомендації базуються на основі схожості властивостей продуктів	Оцінки користувачів та атрибути предмету
Knowledge-based	Рекомендації генеруються за допомогою експертних знань про продукти і користувачів	Оцінки користувачів, атрибути предмету та доменні знання

Контент, який пропонується в рамках факультативного навчання, можна оцінювати за різними характеристиками, такими як релевантність, актуальність, складність, інтерактивність та оцінка користувачами.

Релевантність визначається відповідністю контенту до тематики, цілей навчання та потреб студентів. Для кожного курсу аналізується, наскільки його зміст відповідає заявленій меті та чи включає він необхідну інформацію для досягнення цієї мети. Наприклад, курс з програмування для початківців повинен містити базові концепції мови програмування, приклади коду та практичні завдання, які дозволять студенту засвоїти основи.

Актуальність пов'язана із відповідністю матеріалів сучасним вимогам та

тенденціям у певній галузі. Для оцінки враховується, чи містить курс інформацію про новітні технології, методи або підходи. Наприклад, у курсах з веб-розробки обов'язково повинна бути присутня інформація про сучасні фреймворки, такі як React або Angular.

Рівень складності курсу повинен відповідати рівню підготовки студентів. Занадто складний матеріал може демотивувати, а надто простий – не забезпечить досягнення навчальних цілей. Складність визначається на основі типу завдань, обсягу теоретичного матеріалу та вимог до попередніх знань. Наприклад, курс зі статистики для початківців має починатися з пояснення базових понять, таких як середнє, медіана та стандартне відхилення, без використання складної математичної термінології.

Інтерактивність передбачає залучення студентів до активного навчання через інтерактивні елементи, такі як вікторини, тести, симуляції та інтерактивні вправи. Наприклад, у курсі з Python корисними є вправи для написання коду безпосередньо у браузері, що дозволяє студентам одразу застосовувати отримані знання на практиці.

Важливо враховувати думки студентів, які вже пройшли курс. Відгуки та рейтинги дають змогу оцінити, наскільки корисним і цікавим був контент для аудиторії. Наприклад, позитивні відгуки можуть свідчити про те, що матеріали зрозумілі, а викладач чітко пояснює концепції, тоді як негативні можуть вказувати на недоліки, такі як застарілі матеріали або складність завдань.

На рисунку 1.5 зображено аналіз контенту за характеристиками.

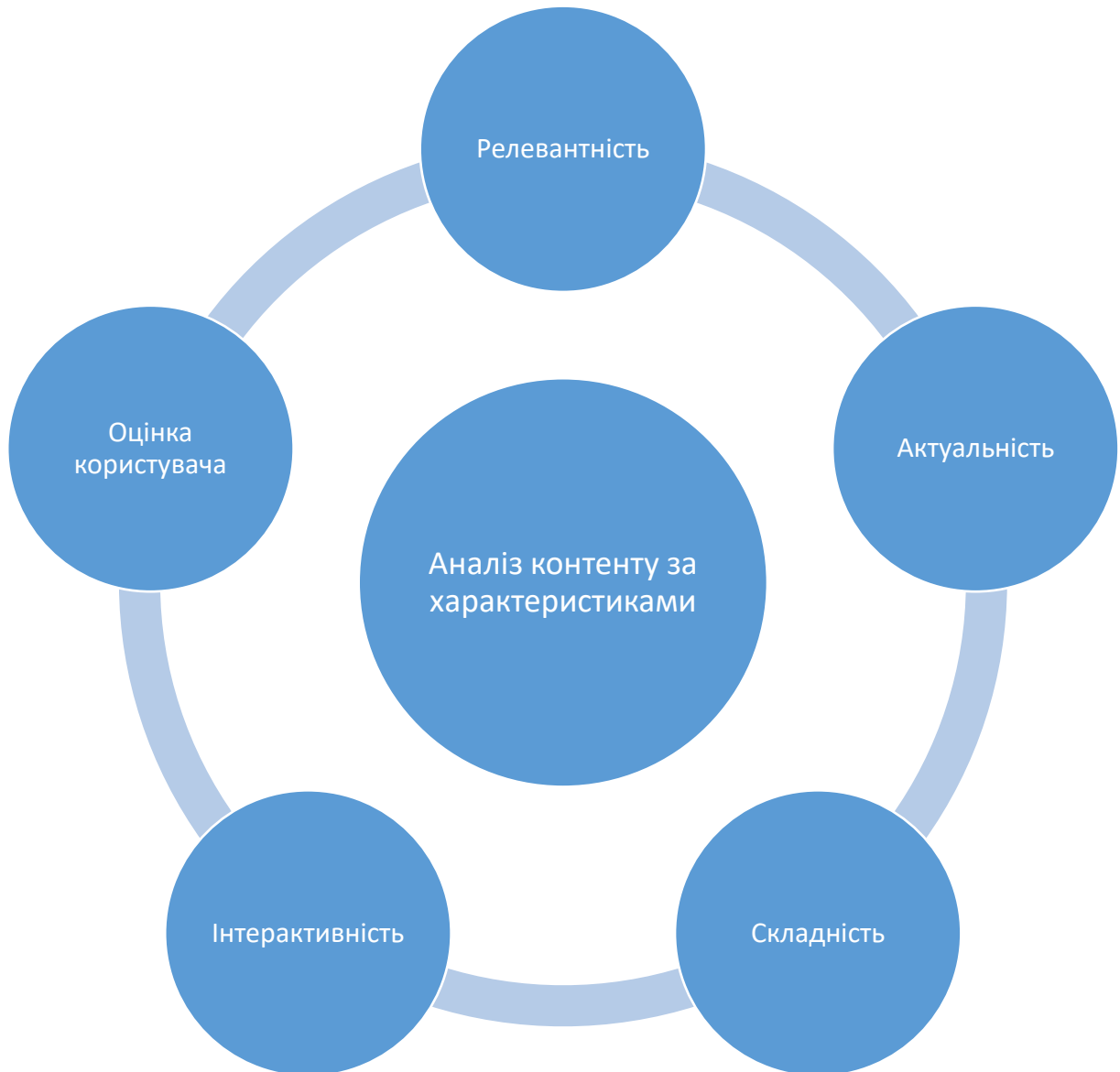


Рисунок 1.5 – Аналіз контенту за характеристиками

В таблиці 1.8 приведено аналіз контенту за характеристиками.

Таблиця 1.8 - Аналіз контенту за характеристиками

Характеристика	Опис	Приклад
Релевантність	Відповідність контенту тематиці та потребам студентів	Курс з програмування містить приклади коду, які можна використовувати на практиці
Актуальність	Відповідність сучасним тенденціям і технологіям	У курсі з веб-розробки описані сучасні фреймворки, такі як React
Складність	Рівень матеріалу, адаптований до рівня підготовки студентів	Курс зі статистики для початківців починається з базових понять
Інтерактивність	Залучення студентів через інтерактивні елементи	У курсі з Python є вправи для написання коду безпосередньо в середовищі навчання
Оцінка користувачами	Зворотний зв'язок студентів про якість контенту	Відгуки свідчать про зрозумілість викладеного матеріалу та ефективність методик навчання

Методи визначення схожості контенту для навчальних курсів також використовуються для побудови рекомендаційних систем. Вони базуються на оцінці подібності між курсами за їхніми характеристиками, такими як зміст,

структура, цільова аудиторія та інші параметри. Аналіз таких методів дозволяє зрозуміти їхні переваги, обмеження та область застосування.

Термінно-частотний аналіз (TF-IDF) - цей метод використовується для оцінки важливості термінів у текстовому описі курсу. Кожному курсу відповідає вектор, елементи якого є значеннями TF-IDF для термінів з опису. Схожість курсів визначається шляхом обчислення косинусної схожості між їхніми векторами. Формула для TF-IDF виглядає так:

$$TF - IDF(t, d) = TF(t, d) * \log \frac{N}{DF(t)}$$

де $TF(t,d)$ — частота терміну t в документі d ;

$DF(t)$ — кількість документів, що містять термін t ;

N — загальна кількість документів.

Цей метод дозволяє враховувати специфічність термінів, уникаючи надмірного впливу поширених слів. Наприклад, два курси, що мають подібні описи з ключовими термінами "Python", "програмування" та "основи", будуть вважатися схожими.

Косинусна схожість - цей метод використовується для порівняння векторів, що представляють курси. Косинусна схожість обчислюється як:

$$\text{Similarity}(A, B) = \frac{\int_{i=1}^N A_i * B_i}{\sqrt{\int_{i=1}^N A_i^2} * \sqrt{\int_{i=1}^N B_i^2}}$$

де A і B — вектори характеристик курсів;

N — кількість термінів.

Метод дозволяє оцінити ступінь подібності між описами курсів. Наприклад, курси "Основи Java" та "Вступ до Java-програмування" матимуть високий показник схожості.

Семантичний аналіз тексту, який використовує моделі глибинного навчання, такі як Word2Vec, GloVe або BERT, для представлення текстів у вигляді векторів. Це дозволяє враховувати не лише точні збіги термінів, а й семантичну подібність. Наприклад, терміни "аналітика" і "аналіз" будуть мати

високий ступінь схожості завдяки контекстному аналізу.

Графові методи - використовуються для моделювання зв'язків між курсами. Вузли графа представляють курси, а ребра — схожість між ними. Вага ребер визначається, наприклад, за допомогою TF-IDF чи косинусної схожості. Цей метод ефективний для візуалізації зв'язків між курсами та виявлення кластерів схожих дисциплін.

Кластеризація - курси групуються на основі схожості за допомогою алгоритмів кластеризації, таких як K-means чи DBSCAN. Курси в межах одного кластеру вважаються схожими. Це підходить для виявлення тематичних груп курсів, наприклад, усі курси з основ програмування або курси з аналізу даних.

В таблиці 1.9 приведено порівняльний аналіз методів.

Таблиця 1.9 - Порівняльний аналіз методів

Метод	Переваги	Недоліки	Приклад застосування
TF-IDF	Висока точність для текстових описів, простота реалізації	Не враховує семантичну подібність	Оцінка подібності описів курсів на основі ключових слів
Косинусна схожість	Простий і ефективний для векторного представлення	Вимагає попередньої векторизації тексту	Порівняння характеристик курсів (тривалість, рейтинг тощо)
Семантичний аналіз	Враховує семантичний контекст, висока точність	Висока обчислювальна складність	Аналіз подібності між описами курсів з урахуванням контексту

Кінець таблиці 1.9

Графові методи	Добре моделюють зв'язки між курсами	Складність реалізації та масштабування для великих наборів даних	Візуалізація взаємозв'язків між схожими курсами
Кластеризація	Автоматичне формування груп схожих курсів	Залежність від якості вибору метрики схожості	Виявлення кластерів за тематикою (наприклад, програмування, аналіз даних)

На рисунку 1.6 зображено візуалізацію порівняльного аналізу методів



Рисунок 1.6 – Візуалізація порівняльного аналізу методів

Метод побудови рекомендацій на основі знань базується на використанні попередньо визначених правил і моделей, які враховують інформацію про курс, потреби користувачів і виділені позитивні аспекти з відгуків. Для цього спочатку аналізуються відгуки користувачів з метою вилучення знань про те, що вони цінують у курсах. Ці знання стають основою для формування рекомендацій.

Алгоритм формування рекомендацій:

- аналіз відгуків, Prompt використовується для вилучення інформації про позитивні аспекти курсів. Наприклад, слова "зрозумілі приклади" чи "інтерактивні завдання" виділяються як ключові переваги;

- формування бази знань - усі позитивні аспекти агрегуються в базу знань, що описує, які характеристики користувачі цінують у курсах. Наприклад, на курсі "Основи Python" відгук «зрозумілі пояснення, інтерактивні вправи, корисні реальні приклади» на курс "Машинне навчання": відгук «глибоке пояснення алгоритмів, проекти на основі реальних даних, добре структурований матеріал»;

- генерація рекомендацій. На основі бази знань система генерує рекомендації, які підкреслюють ці позитивні аспекти для користувачів;

- розсилка на зовнішні платформи, сформовані рекомендації можуть бути інтегровані в рекламні кампанії або розміщені на платформах із відгуками для залучення нових користувачів.

На рисунку 1.6 зображено алгоритм формування рекомендацій.

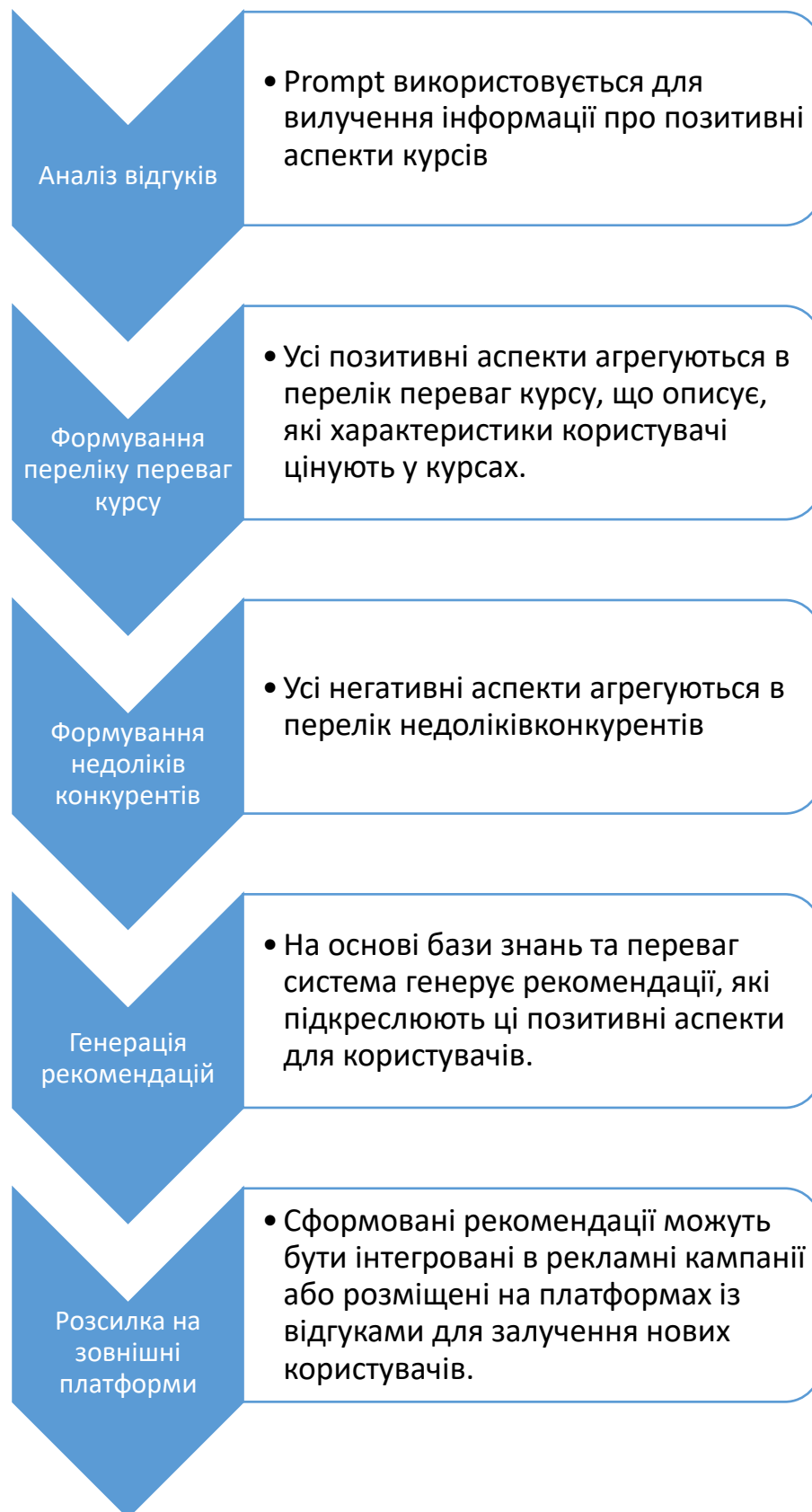


Рисунок 1.6 – Алгоритм формування рекомендацій

На рисунку 1.7 зображено переваги методу на основі знань.

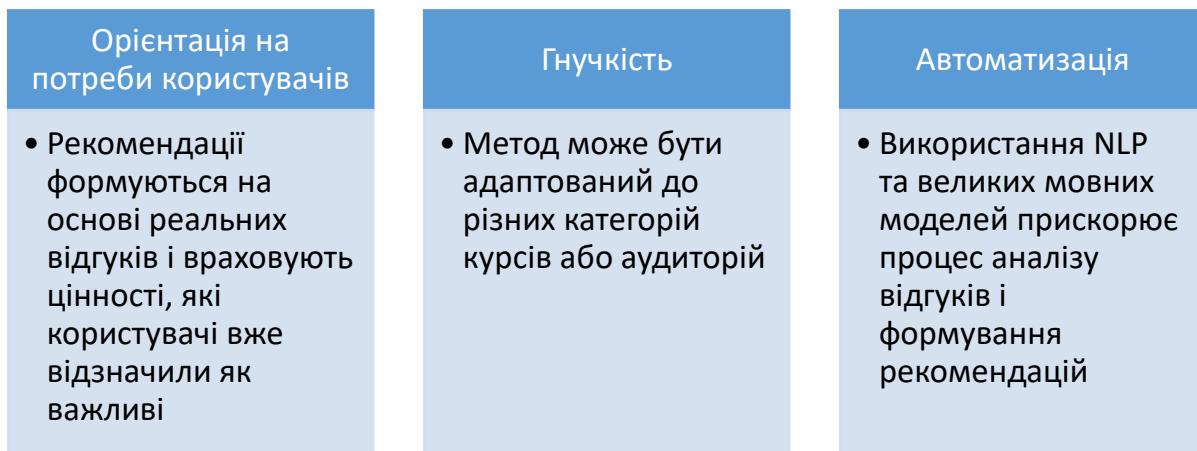


Рисунок 1.7 - Переваги методу на основі знань

На рисунку 1.8 зображено Prompt аналізу відгуків користувачів.

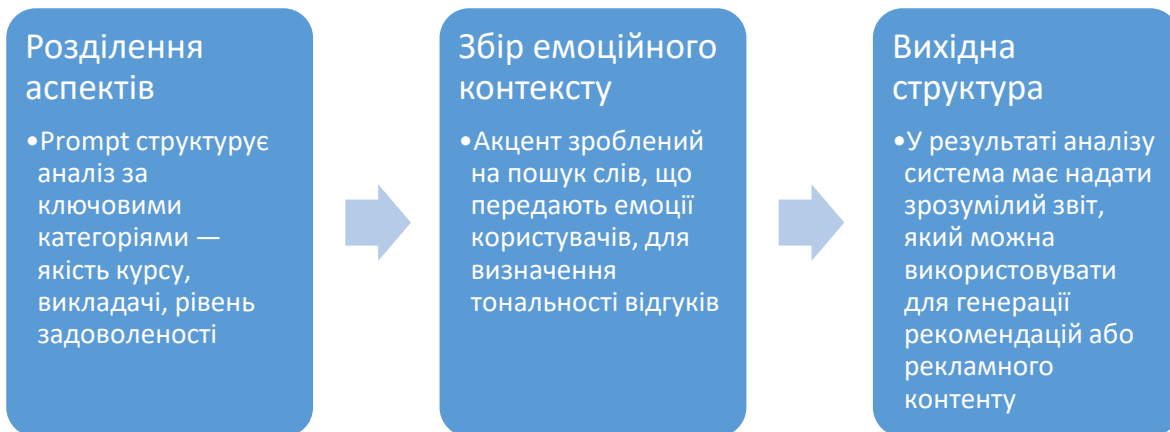


Рисунок 1.8 - Prompt аналізу відгуків користувачів

Метод побудови рекомендацій на основі знань із використанням аналізу відгуків дозволяє створювати персоналізовані рекомендації, орієнтовані на ключові переваги курсів. Це не лише підвищує довіру до курсу, а й сприяє

залученню нових користувачів, підкреслюючи його унікальні переваги.

1.4 Аналіз існуючих рішень із формування рекомендацій на сучасних освітніх платформах

Сучасний ринок факультативного навчання пропонує безліч платформ, які орієнтовані на підготовку спеціалістів, особливо в ІТ-сфері. Серед найбільш конкурентоспроможних підприємств можна виділити Coursera, Udacity та Codecademy, які мають свої особливості, переваги та обмеження.

Традиційний алгоритм побудови рекомендацій орієнтований на відбір контенту, який найбільше підходить для конкретного користувача. У таких системах для формування рекомендацій використовуються дані про попередні дії користувача, зокрема його вибір курсів, рейтинги чи відгуки. У цьому контексті важливо проводити порівняння не лише між курсами чи продуктами, а й між конкурентами, які пропонують подібні послуги.

Coursera є однією з найбільш відомих платформ, яка співпрацює з провідними університетами та компаніями. Вона пропонує широкий вибір курсів, таких як Python for Everybody, AI For Everyone та Full Stack Web Development. Основні переваги платформи включають доступ до якісного контенту, гнучкий розклад навчання та можливість отримання офіційного сертифіката. Водночас недоліками залишаються висока вартість курсів і обмежений доступ до матеріалів після їх завершення.

Порівнюючи з Udacity, можна побачити суттєві відмінності. Udacity спеціалізується на практичному навчанні, акцентуючи увагу на професійній підготовці. Вона пропонує курси, такі як Data Scientist Nanodegree, Cloud DevOps Engineer та Self-Driving Car Engineer. Перевагами є практичний підхід, наставництво від експертів галузі та нанодипломи, які мають попит у роботодавців. Недоліки включають високу вартість програм та обмеження

індивідуального навчання. На відміну від Coursera, Udacity орієнтується більше на прикладні навички, а не на академічні знання.

Codecademy займає окрему нішу, пропонуючи інтерактивне навчання з великим акцентом на практичні завдання. Популярні курси включають Learn JavaScript, Build Interactive Websites та Learn Python 3. Платформа приваблює доступністю, інтерактивним форматом та значним обсягом практичних завдань. Однак обмежений вибір поглиблених курсів і недостатнє пояснення складних концепцій є значними недоліками. Codecademy, на відміну від Coursera та Udacity, орієнтована переважно на новачків і тих, хто шукає базові знання.

Таким чином, аналіз конкурентів дозволяє краще зрозуміти, як кожна платформа позиціонується на ринку та які переваги вони надають користувачам. Coursera підходить для академічного навчання, Udacity забезпечує практичну підготовку для професійного розвитку, а Codecademy є чудовим вибором для інтерактивного навчання новачків. Однак при виборі платформи важливо враховувати не лише зміст курсів, але й особливості самого підприємства-конкурента, його сильні та слабкі сторони.

Аналіз сучасних освітніх платформ:

- coursera сильні сторони – репутація, міжнародні сертифікати, широкий вибір курсів;
- udacity переваги – індустріальний фокус, практична спрямованість;
- codecademy основні плюси – доступність і орієнтація на практичні завдання.

Сучасні платформи часто обмежені англomовним контентом і не враховують регіональні особливості, такі як специфічні освітні вимоги чи формат навчання.

Порівняння методів рекомендацій:

- колаборативна фільтрація використовується для персоналізованих рекомендацій, базуючись на уподобаннях користувачів. Недоліки: проблема холодного старту;

- контентна фільтрація орієнтується на характеристики курсів, враховуючи тематику та рівень знань. Недоліки: вузькість рекомендацій;
- гібридні методи поєднують переваги обох підходів, забезпечуючи точність та персоналізацію. Вимагають значних обчислювальних ресурсів.

Переваги аналізованих рішень:

- можливість вибору змішаного формату навчання;
- інтерактивні інструменти для залучення студентів;
- гнучкість розкладу і персоналізація рекомендацій.

Недоліки:

- висока вартість курсів на провідних платформах;
- обмеженість курсів для неангломовних аудиторій;
- не всі рішення враховують індивідуальні потреби студентів або дозволяють просту навігацію.

Підходи до формування рекомендацій на розглянутих платформах використовують різноманітні методи:

- колаборативна фільтрація/ Використовується для персоналізації, але страждає від проблеми холодного старту, коли нові користувачі або курси не мають достатньо даних;

- контентна фільтрація. Ефективно працює з характеристиками курсів, але має обмеження в широті рекомендацій;

- гібридні методи. Поєднують обидва підходи, забезпечуючи високу точність рекомендацій, але потребують більше обчислювальних ресурсів.

Існуючі платформи, такі як Coursera, Udacity та Codecademy, активно використовують сучасні методи рекомендацій для підвищення задоволеності користувачів. Проте їхні системи мають певні обмеження, такі як висока вартість, вузькість тематичних пропозицій або недостатня адаптація до регіональних потреб. Використання великих мовних моделей та знання-орієнтованих підходів може значно покращити точність рекомендацій, зробивши їх більш персоналізованими та ефективними для користувачів із різних освітніх та культурних середовищ.

1.5 Постановка задачі дослідження

Актуальність даної роботи обумовлена необхідністю вдосконалення процесу рекомендацій на основі знань. Сучасні рекомендаційні системи часто мають обмеження у персоналізації та точності, що створює потребу у використанні новітніх підходів. У цьому дослідженні рекомендації будуються на основі контекстних знань, отриманих із відгуків користувачів про системи та курси.

Об'єктом дослідження є процес побудови рекомендацій для навчальних курсів, що охоплює всі аспекти взаємодії користувачів із рекомендаційною системою.

Предметом дослідження виступають методи формування рекомендацій для вибору навчальних курсів, включаючи сучасні підходи та інструменти.

Метою роботи є розробка інноваційного підходу до формування рекомендацій, який забезпечить вибір навчальних курсів на основі контекстних знань, отриманих шляхом аналізу відгуків користувачів.

Наукова новизна роботи полягає у вдосконаленні методу формування рекомендацій для навчальних курсів. Це досягається шляхом інтеграції великих мовних моделей, що дозволяють формувати знання про курси через аналіз текстових відгуків користувачів.

Практичним результатом дослідження є підвищення ефективності рекомендацій навчальних курсів, що забезпечує персоналізацію та точність при формуванні індивідуальних траєкторій навчання.

До задач дослідження відносяться аналіз властивостей інформаційних систем, які підтримують факультативне навчання; розробка підходу до формування рекомендацій на основі контекстних знань; удосконалення методу формування рекомендацій із застосуванням великих мовних моделей; створення інформаційної технології для формування рекомендацій щодо факультативного навчання.

2 РОЗРОБКА МЕТОДУ ФОРМУВАННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ФАКУЛЬТАТИВНОГО НАВЧАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ВЕЛИКИХ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ

2.1 Розробка підходу до формування рекомендацій для вибору навчальних курсів на основі контекстних знань

Аналіз відгуків є ефективним методом для формування рекомендацій, оскільки він дозволяє враховувати думки користувачів про курси, їхній досвід навчання та задоволеність отриманими результатами. Такий підхід базується на аналізі текстових відгуків і числових оцінок, що допомагає створити персоналізовані рекомендації для студентів.

Формування рекомендацій на основі аналізу відгуків є важливим інструментом для персоналізації вибору навчальних курсів. Такий підхід дозволяє враховувати досвід студентів, їхні оцінки та текстові відгуки, що допомагає підвищити якість рекомендацій. Процес починається зі збору даних, які можуть включати текстові відгуки, числові оцінки курсів, а також метадані, такі як тривалість курсу, його складність та популярність серед інших студентів. Зібрані дані проходять попередню обробку, яка передбачає очищення тексту від зайвих символів, нормалізацію та лематизацію для забезпечення коректності аналізу.

Важливим етапом є аналіз текстових відгуків, який виконується за допомогою методів обробки природної мови (NLP). Це дозволяє визначити тональність кожного відгуку, класифікуючи його як позитивний, нейтральний або негативний. Для цього застосовуються спеціалізовані алгоритми, що враховують вагу кожного слова у відгуку та його оцінку. Результат аналізу відгуків використовується для розрахунку загального рейтингу курсу, який враховує середню числову оцінку та результати аналізу текстів. Формула інтеграції цих показників дозволяє отримати точний показник популярності та якості курсу.

Персоналізація рекомендацій базується на створенні профілю кожного студента, який формується з урахуванням його попереднього досвіду, обраних курсів та їхніх оцінок. Для порівняння профілю студента з характеристиками курсів використовується метод косинусної схожості, що допомагає визначити найбільш релевантні курси. Рекомендації формуються на основі сортування курсів за ступенем відповідності профілю студента, що дозволяє запропонувати персоналізований список, адаптований до його потреб та інтересів.

Усі етапи цього підходу спрямовані на забезпечення високої точності рекомендацій. На першому етапі виконується очищення та підготовка даних, що мінімізує вплив некоректної або неповної інформації. Потім аналіз текстових відгуків дозволяє врахувати не лише числові оцінки, а й суб'єктивні думки користувачів. Завдяки об'єднанню цих даних у загальному рейтингу курсів забезпечується комплексний підхід до оцінки. Використання методу косинусної схожості додає додатковий рівень персоналізації, оскільки дозволяє враховувати як характеристики курсів, так і вподобання студента.

Розроблений підхід інтегрує обробку текстових та числових даних для створення ефективної системи рекомендацій. Це сприяє підвищенню задоволеності студентів, які отримують індивідуально адаптовані пропозиції курсів. Застосування цього підходу дозволяє поліпшити якість навчального процесу та ефективність вибору курсів.

Збір даних - дані про курси та відгуки користувачів збираються з різних джерел, таких як форма зворотного зв'язку, анкети або відкриті форуми. Вони включають в себе текстові відгуки (наприклад, опис досвіду студента), оцінки у вигляді числових значень (наприклад, від 1 до 5), метадані, такі як тривалість курсу, рівень складності, тема курсу та кількість зареєстрованих користувачів;

Аналіз текстових відгуків, де використовується техніка обробки природної мови (NLP), щоб визначити тональність (Sentiment Analysis) відгуків. Алгоритми машинного навчання допомагають класифікувати відгуки як позитивні, нейтральні або негативні. Для оцінки тональності може бути

застосована формула:

$$\text{Sentiment Score} = \frac{\int_{i=1}^N W_i * F_i}{\int_{i=1}^N W_i}$$

де W_i - вага слова (частота слова у відгуках);

F_i - оцінка тональності слова;

N — кількість слів у тексті.

Персоналізація рекомендацій - для кожного студента формується профіль на основі їхніх попередніх виборів, відгуків та інтересів. Рекомендації генеруються шляхом порівняння профілю студента з характеристиками курсів та їхніми рейтингами. Використовується косинусна схожість для визначення відповідності:

$$\text{Similarity}(A, B) = \frac{\int_{i=1}^N A_i * B_i}{\sqrt{\int_{i=1}^N A_i^2} * \sqrt{\int_{i=1}^N B_i^2}}$$

де A — вектор характеристик студента;

B — вектор характеристик курсу;

N — кількість параметрів.

Формування списку рекомендацій - курси сортуються за спаданням їхньої відповідності профілю студента. Результат надається у вигляді списку, що містить назви курсів, їхні описи, рейтинги та ключові відгуки.

На рисунку 2.1 зображено підхід до формування рекомендацій на основі аналізу відгуків.

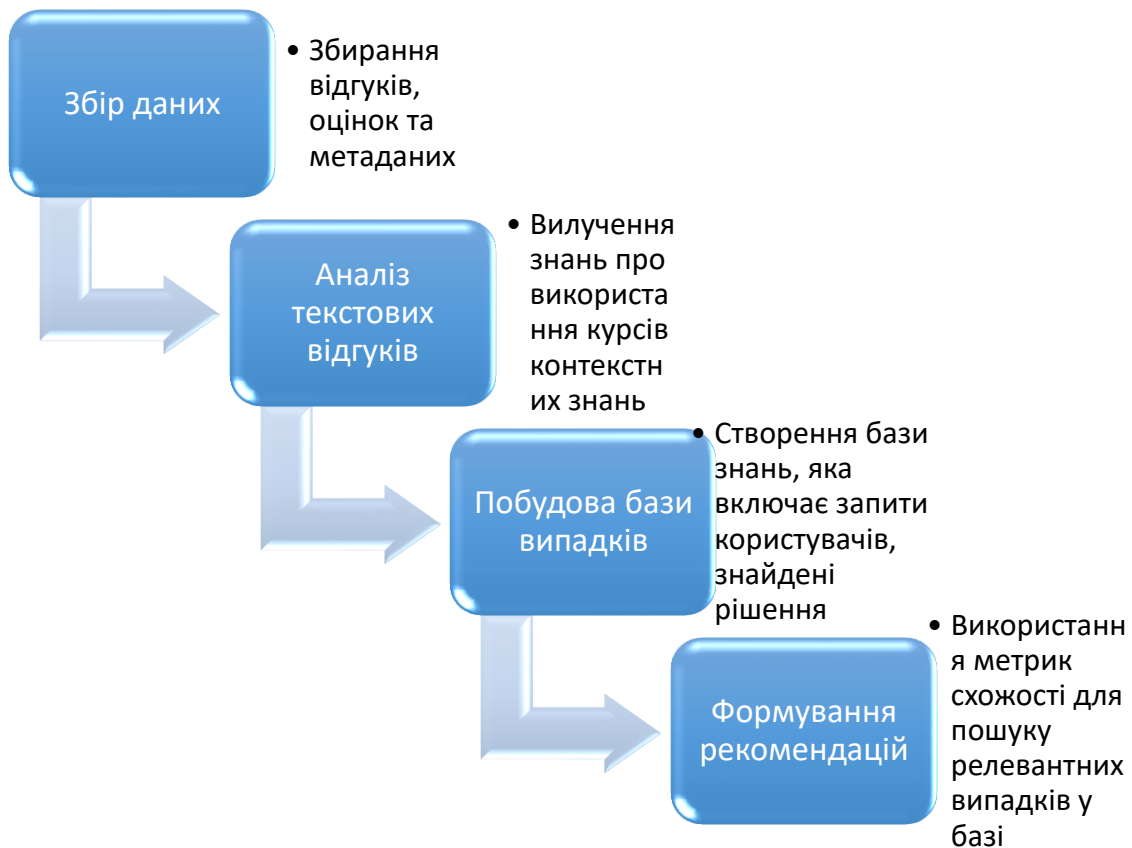


Рисунок 2.1 - Підхід до формування рекомендацій на основі аналізу відгуків

Рекомендаційні системи на базі знань використовують інформацію про курси, студентів і правила прийняття рішень для формування персоналізованих пропозицій. Інтелектуальні підходи в таких системах дозволяють враховувати складні залежності між даними, адаптувати рекомендації до індивідуальних потреб користувачів та покращувати точність рішень.

До основних етапів можна віднести по-перше системи на основі правил.

У цьому методі використовується набір експертних правил, які визначають, які курси слід рекомендувати студенту залежно від його профілю. Наприклад, якщо студент уже завершив базовий курс з Python, йому може бути запропоновано поглиблений курс з аналізу даних.

Експертні правила можна формалізувати за допомогою логічних виразів:

```
IF Student.Level = "Beginner" AND Course.Level = "Basic" THEN Re
commend(Course)
IF Student.Level = "Beginner" AND Course.Level = "Basic" THEN Re
commend(Course) .
```

Цей метод простий у реалізації, але має обмеження в гнучкості та не масштабується для великих наборів даних.

Базовані на онтологіях підходи, які представляють знання у вигляді структурованих моделей, що описують курси, їхні властивості та взаємозв'язки між ними. Вони використовуються для побудови рекомендацій шляхом пошуку курсів, які відповідають характеристикам студента. Наприклад, онтологія може включати концепти "Програмування", "Веб-розробка" та "Python", з'єднані зв'язками типу "is-a" (є видом). Рекомендації формуються на основі семантичної схожості між профілем студента та властивостями курсів.

Нейронні мережі та глибоке навчання - інтелектуальні підходи на основі нейронних мереж дозволяють автоматично навчатися складним зв'язкам між курсами та потребами студентів. Використовуються архітектури, такі як багат шарові перцептрони (MLP), рекурентні нейронні мережі (RNN) та трансформери.

Методи з використанням нечіткої логіки, що дозволяє працювати з нечіткими значеннями, які краще відображають реальні ситуації. Наприклад, рівень складності курсу може бути визначений як "низький", "середній" або "високий" з певним ступенем належності:

```
IF Difficulty is "Medium" AND Interest is "High" THEN Recommend(
Course)
IF Difficulty is "Medium" AND Interest is "High" THEN Recommend(
Course)
```

Гібридні підходи - поєднують кілька інтелектуальних підходів для покращення точності рекомендацій. Наприклад, нейронні мережі можуть використовуватися для обробки текстових описів курсів, тоді як онтології забезпечують структуровану базу знань для формування рекомендацій.

На рисунку 2.2 зображено порівняння методів.



Рисунок 2.2 – Порівняння методів

Удосконалення підходу до формування рекомендацій для вибору навчальних курсів включає інтеграцію знання-орієнтованих методів. Ці методи базуються на використанні явних знань, отриманих із систематизованих джерел, таких як бази даних, онтології, експертні системи або моделі, описані в наукових працях. У цьому контексті, як основу для

побудови рекомендацій, можна використовувати методології, описані в книжці "Agrawal"

На рисунку 2.3 зображено використання знання-орієнтованих методів.



Рисунок 2.3 - Використання знання-орієнтованих методів

– визначення ключових знань про курси. На першому етапі формується списки знань про курси, яка включає їхні характеристики: опис, складність, тривалість, цільову аудиторію, ключові теми та рівень популярності. Відгуки студентів аналізуються для виділення специфічних переваг курсів;

– моделювання правил для рекомендацій. На основі списку знань створюються правила, які визначають, які курси слід рекомендувати для різних категорій студентів;

– інтеграція знань із відгуків. Відгуки студентів додають до списку знань аспекти, які є важливими для користувачів, такі як зрозумілість пояснень, якість матеріалів або практичний підхід;

– застосування алгоритмів відповідності. Використовуються методи зіставлення знань із профілями студентів для підбору найрелевантніших курсів. Наприклад, косинусна схожість між векторними представленнями профілю студента та характеристиками курсу допомагає визначити відповідність.

Методології, описані в книжці "Agrawal" надають основи для використання асоціативних правил і дерева рішень. Для інтеграції цих підходів у систему формування рекомендацій виконуються такі кроки:

- асоціативні правила. На основі частоти співпадання курсів у виборі користувачів формується набір правил типу "Якщо студент обрав курс А, ймовірно, йому сподобається курс В";

- дерева рішень. Аналізуються історії вибору курсів, характеристики студентів і формуються дерева, які прогнозують наступний курс, що буде релевантним для конкретного студента.

Додавання знання-орієнтованих методів до аналізу відгуків і формування рекомендацій дозволяє не лише підвищити точність рекомендацій, але й зробити їх більш прозорими. Використання правил, моделювання та асоціативного аналізу дає змогу враховувати явні переваги курсів, що особливо корисно для складних і багаторівневих систем. Інтеграція підходів із книжки "Agrawal" забезпечує додаткову гнучкість та ефективність у побудові рекомендаційних моделей.

За допомогою Prompt було отримано позитивні відгуки про курси:

- «я вирішив вибрати ці курси для освоєння основ програмування. Мене привабило співробітництво школи з такими великими ІТ-гігантами, як Google та IBM, а також з провідними університетами світу. Хоча моя освіта в галузі економіки, програмування довелося вивчати практично з нуля. Це було складно, визнаю. Однак тут я знайшов лояльне ставлення до тих, хто не так швидко засвоює матеріал. Навчальний процес зручний: теорія на лекціях, практика через виконання завдань, завершення проектом і здача тестів. З труднощами, але я успішно завершив курс, здебільшого завдяки викладачам»;

- «ці курси стали моїм відкриттям кілька років тому. Я періодично проходжу тут курси з суміжних тем і спеціальностей. Платформа ідеальна для підвищення кваліфікації, і я спостерігаю постійний її розвиток. За такі смішні гроші важко знайти більш ефективне місце для навчання. Мій досвід показує, що рівень освіти, отриманий тут, відкриває двері до роботи в великих

корпораціях»;

– «пройшло 2 місяці навчання на курсах, абсолютно не шкодую про своє рішення навчатися тут. Чудова можливість освоїти добре оплачувану, затребувану спеціальність, причому за невелику вартість! Дуже цікаві лекції, корисна інформація. Ти не тільки навчаєшся новій професії, але й покращуєш рівень англійської, краще знайомишся із західною культурою від викладачів їхніх американських і європейських коледжів. Тут ще й у чаті можна знайти друзів з усього світу»;

Вилучаємо контекстні знання з отриманих відгуків, ці відгуки на курсах описують позитивний досвід навчання, підкреслюючи кілька ключових аспектів:

– співпраця з великими компаніями та університетами: У першому відгуку зазначено, що курси співпрацюють з такими ІТ-гігантами, як Google і IBM, а також з провідними університетами. Це надає платформі додаткову вагу та надійність, роблячи її привабливою для тих, хто хоче отримати якісну освіту та можливості для кар'єрного росту;

– підтримка учнів на всіх етапах навчання: У першому відгуку підкреслено, що навчальний процес лояльно ставиться до тих, хто не так швидко засвоює матеріал. Це свідчить про підтримку учнів і наявність гнучкості в навчанні, що важливо для початківців;

– структура навчання, всі три відгуки наголошують на ефективності навчальної програми, яка поєднує теоретичні лекції з практичними завданнями та проектами. Це дозволяє учням закріплювати знання через практичні заняття та реальні проекти;

– доступність і ефективність, користувачі відзначають, що курси надають можливість отримати освіту за доступною ціною, що робить їх привабливими для широкого кола студентів, особливо тих, хто хоче змінити кар'єру або отримати нову професію. Відгуки підкреслюють, що за невелику вартість можна отримати якісну освіту, яка відкриває двері до роботи в великих корпораціях;

– міжнародний контекст і розвиток: У другому відгуку згадується, що платформа постійно розвивається, і курси охоплюють різноманітні теми та спеціальності. Це вказує на постійне оновлення та адаптацію курсів до потреб ринку праці;

– культурний обмін і соціальна взаємодія: В третьому відгуку згадується, що завдяки чатам можна знайти друзів з усього світу. Це показує важливість культурного обміну та соціальної взаємодії, що додає курсам додаткову цінність як для професійного, так і для особистого розвитку.

Загалом, курси отримують позитивні відгуки за свою ефективність, доступність і підтримку студентів. Вони пропонують не тільки професійну освіту, але й можливість розвитку на міжнародному рівні, з акцентом на практичні навички та взаємодію з викладачами та іншими студентами з різних країн.

Переваги програми:

- структуроване навчання (теорія, практика, проєкти);
- підтримка викладачів і адаптація до рівня студентів;
- можливість опанувати нову професію за короткий термін.

Додаткові можливості:

- поліпшення англійської мови;
- соціалізація через міжнародну спільноту;
- доступна ціна курсів із високою якістю навчання.

Підтримка кар'єри:

- здобуті знання сприяють працевлаштуванню в провідних компаніях;
- програми спрямовані на підвищення конкурентоспроможності випускників.

Фактори залучення:

- партнерства з великими корпораціями;
- постійне оновлення курсів і розвиток платформи.

На рисунку 2.4 зображено вилучені контекстні знання з позитивних відгуків.



Рисунок 2.4 - Вилучені контекстні знання з позитивних відгуків

Рекомендації щодо вибору курсу на основі вилучених знань:

- для початківців, які бажають освоїти основи програмування, рекомендується обирати курси, що пропонують базові знання, зручну структуру навчання (лекції, практика, проекти) та підтримку викладачів. Курси з партнерством із відомими ІТ-компаніями, такими як Google або IBM, підтверджують свою якість. Лояльне ставлення до початківців і можливість навчатися у власному темпі робить ці курси ідеальним вибором;

- для професіоналів, які хочуть підвищити кваліфікацію або освоїти нову спеціальність, варто обирати програми, які спеціалізуються на суміжних професіях і пропонують актуальний контент. Найкраще підходять платформи,

що постійно оновлюють свої матеріали та забезпечують низьку вартість навчання. Такі курси дозволяють швидко здобути практичні знання та отримати можливість працевлаштування у провідних компаніях;

– для тих, хто шукає швидке навчання затребуваній професії, доречно обирати інтенсивні програми, які можна пройти за короткий термін (наприклад, 2 місяці). Важливо, щоб курси мали інтерактивні лекції, актуальні матеріали та практичні завдання. Це дозволяє швидко перейти від навчання до отримання реальної роботи, економлячи час і фінанси;

– для бюджетно орієнтованих студентів найкращим вибором стануть курси, які пропонують високу якість навчання за доступною ціною. Перевагу слід надавати платформам, що надають доступ до матеріалів навіть після завершення курсу, адже це залучає широкую аудиторію завдяки оптимальному співвідношенню ціни та якості.

На рисунку 2.5 зображено алгоритм побудови рекомендацій щодо вибору курсу.

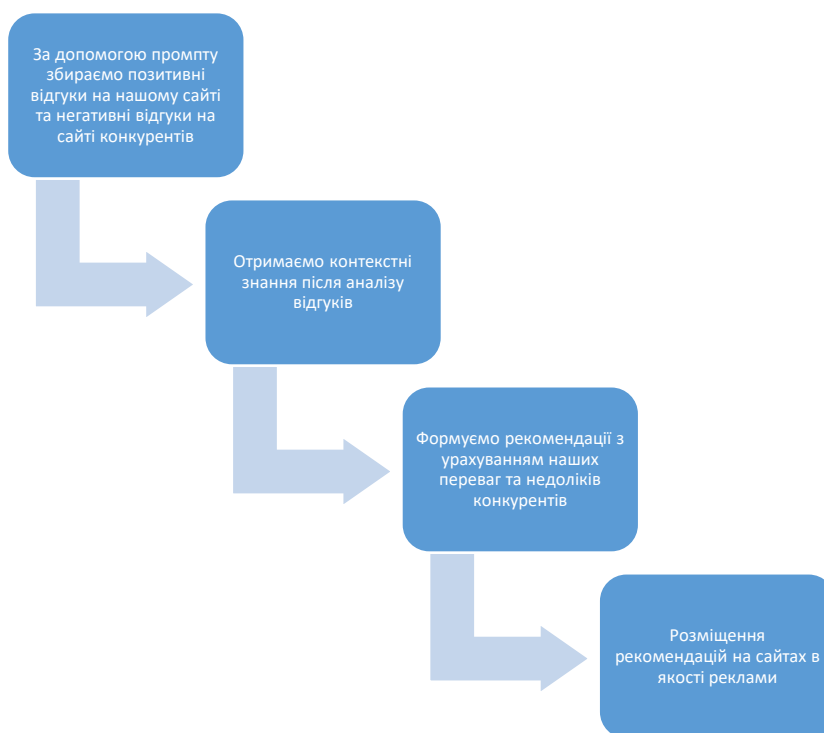


Рисунок 2.5 – Алгоритм побудови рекомендацій щодо вибору курсу

2.2 Удосконалення методу формування рекомендацій з використанням великих мовних моделей

Метод побудови рекомендацій на основі знань передбачає використання великих мовних моделей для аналізу доступної інформації, зокрема відгуків користувачів. Такий підхід дозволяє визначити ключові аспекти, які користувачі оцінюють позитивно.

Процес включає:

- отримання знань із відгуків. Модель аналізує текстові відгуки, ідентифікує патерни, позитивні оцінки, побажання та загальне сприйняття контенту;
- формування рекомендацій. На основі отриманих знань формуються рекомендації щодо вдосконалення або пропонування курсів, які найбільш відповідають позитивно оціненим критеріям.

На рисунку 2.6 зображено метод побудови рекомендацій.

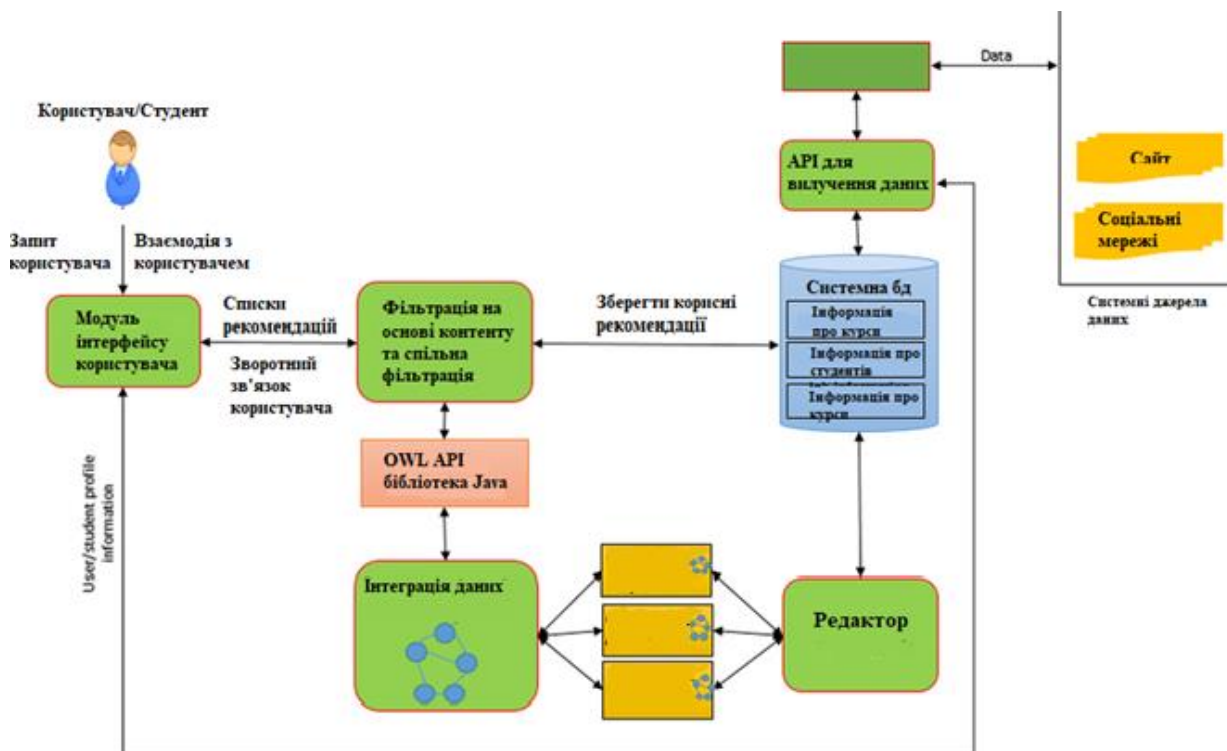


Рисунок 2.6 - Метод побудови рекомендацій

Контентний метод формування рекомендацій є потужним інструментом, який базується на аналізі характеристик курсів. Використання великих мовних моделей, таких як GPT, BERT або T5, дозволяє суттєво підвищити точність рекомендацій за рахунок покращеного розуміння текстових описів курсів та їхньої відповідності інтересам студентів. Такі моделі забезпечують семантичний аналіз текстів, що дозволяє враховувати контекст і зміст курсів на значно глибшому рівні. Це особливо важливо для врахування специфіки кожного курсу та адаптації його до потреб студентів.

Мовні моделі допомагають створювати більш персоналізовані рекомендації, аналізуючи профіль користувача, який формується на основі його попередніх виборів, оцінок і взаємодій із системою. Наприклад, студенту, який раніше проходив курси зі статистики або програмування, можуть бути запропоновані поглиблені дисципліни, які відповідають його прогресу. Завдяки цьому система стає більш адаптивною до змін інтересів і потреб студентів.

Великі мовні моделі також можуть бути використані для автоматизації описів курсів і створення ключових тегів, що підвищує ефективність класифікації та пошуку курсів. Ця автоматизація полегшує роботу адміністраторів системи, дозволяючи зосередитися на стратегічних завданнях. Окрім того, мовні моделі допомагають покращити метрики релевантності, використовуючи семантичну схожість, яка враховує не тільки ключові слова, але й контекст. Наприклад, для порівняння описів курсів застосовується косинусна схожість між векторними представленнями текстів, що дозволяє обчислити їхню схожість більш точно.

Архітектура рекомендаційної системи, яка інтегрує великі мовні моделі, включає кілька ключових компонентів. Спочатку проводиться обробка текстових описів курсів для створення векторних представлень. Потім аналізується профіль студента, і на основі семантичної схожості визначаються релевантні курси. У результаті формується персоналізований список рекомендацій, який надається через зручний інтерфейс.

Великі мовні моделі мають значні переваги. Вони забезпечують глибше розуміння тексту, адаптуються до змін у контенті та профілях студентів, спрощують автоматизацію роботи з контентом і дозволяють враховувати індивідуальні інтереси кожного користувача. Наприклад, якщо студент раніше проходив курси з аналізу даних, система може запропонувати йому курси з машинного навчання або візуалізації даних, які відповідають його цілям і вподобанням.

Використання великих мовних моделей у контентному методі формування рекомендацій значно підвищує ефективність роботи системи. Це дозволяє забезпечити точніші рекомендації, покращити взаємодію студентів із платформою та підвищити загальну задоволеність від процесу навчання. Інтеграція таких моделей сприяє подальшому розвитку рекомендаційних систем і оптимізації освітнього процесу.

Prompt великої мовної моделі для вилучення знань із відгуків:

Analyze the following user reviews of online courses to extract actionable knowledge that highlights the positive aspects valued by users. Focus on the following:

1. ****Key Features Users Appreciate:**** Identify the course characteristics users describe positively. Examples: "comprehensive content," "clear examples," "engaging exercises," or "knowledgeable instructor."
2. ****Highlights of the Course:**** Pinpoint specific modules, topics, or features mentioned as beneficial or impactful by users. Examples: "well-structured programming lessons" or "advanced analytics tools."
3. ****Reasons for User Satisfaction:**** Extract reasons behind positive feedback. Examples: "helpful real-world examples," "step-by-step explanations," or "interactive quizzes."
4. ****Comparative Advantage:**** Identify elements where the course stands out compared to others. Examples: "more in-depth coverage," "better pacing," or "practical assignments."

Provide a summarized knowledge base of these insights. Organize the data into key attributes and examples that are most frequently mentioned by users. Based on these insights, recommend how the course can be positioned or improved to maximize user satisfaction.

Prompt великої мовної моделі для аналізу відгуків користувачів курсів:

Analyze the user reviews provided for online courses to extract meaningful

insights. Focus on identifying the following aspects:

****Course Quality:**** Evaluate how users perceive the quality of the course content. Look for keywords such as "useful," "comprehensive," "detailed," or "outdated."

****Instructor Performance:**** Assess user opinions about the instructor's teaching style, knowledge, and clarity. Highlight terms like "engaging," "experienced," "confusing," or "monotonous."

****User Satisfaction:**** Determine the overall satisfaction level based on sentiments expressed in the reviews. Identify phrases like "highly recommend," "worth the price," "not what I expected," or "disappointing."

****Suggestions for Improvement:**** Extract constructive feedback or recommendations for improving the courses. Look for comments such as "would like more examples," "needs better organization," or "add more interactive elements."

****Target Audience Fit:**** Analyze whether users believe the course matches the advertised level of difficulty or target audience, e.g., "perfect for beginners," "too advanced," or "not for professionals."

Prompt для аналізу негативних відгуків користувачів інших курсів для визначення слабких сторін конкурентів:

Provide a structured summary of these insights, categorizing feedback by the above aspects and including any notable trends or patterns observed across the reviews. Where possible, suggest specific enhancements to improve user satisfaction based on the extracted feedback.

Analyze the following negative reviews about our competitors' courses. Identify the key weaknesses and recurring issues mentioned by users. Then, generate structured insights that can help us improve our courses to address these gaps effectively. The output should include:

A summary of the main weaknesses in competitors' courses.
Recommendations for enhancing our courses to leverage these insights.

Specific examples or actions we can implement to differentiate ourselves in the market.

Negative reviews: %s

Provide a detailed and actionable analysis.

На рисунку 2.7 зображено переваги удосконалення контентного методу.

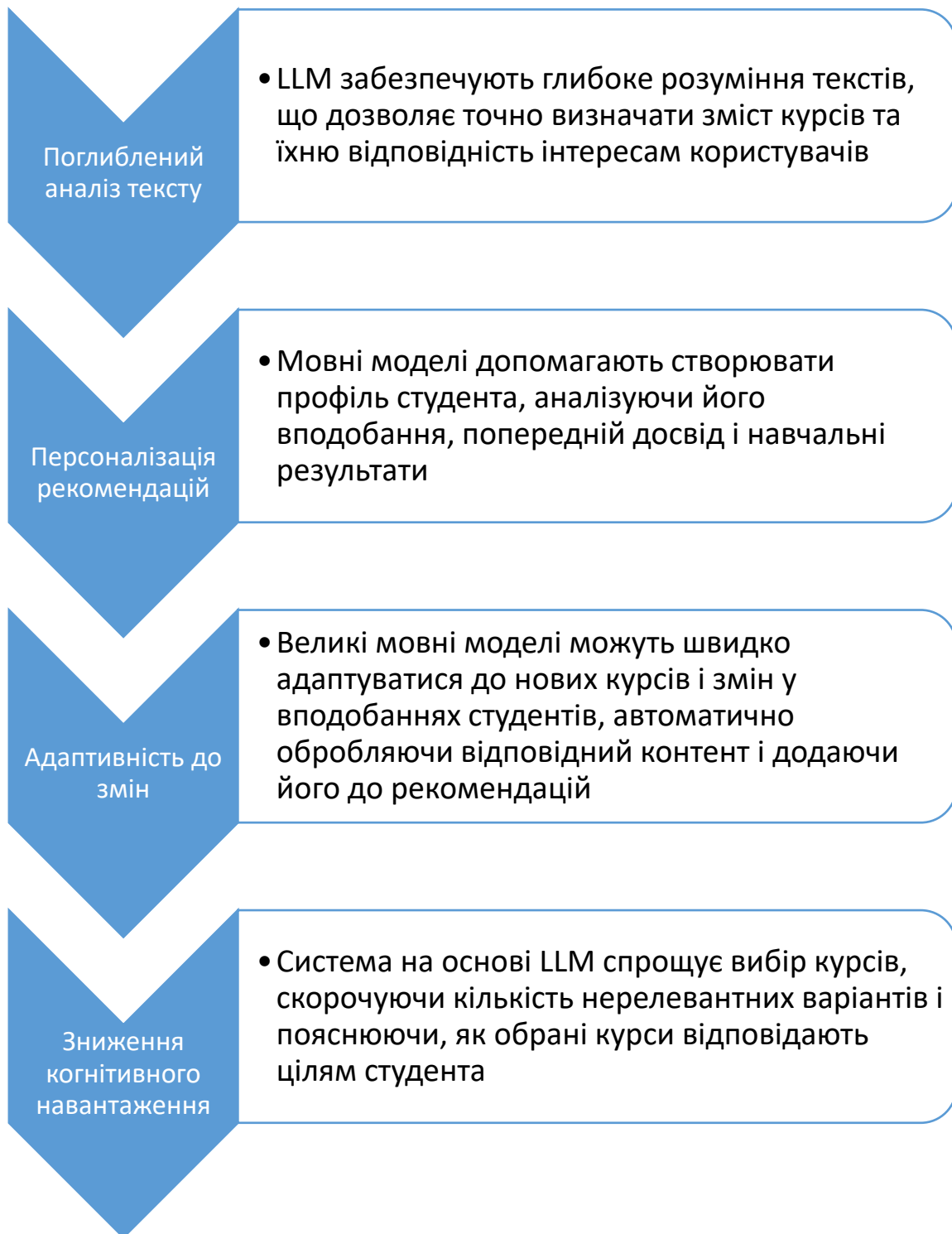


Рисунок 2.7 - Переваги удосконалення контентного методу

Інтеграція великих мовних моделей (LLM) у контентний метод формування рекомендацій дозволяє не тільки аналізувати текстові описи курсів та відгуки користувачів, а й витягати явні знання з цих даних. Ці знання

стають основою для генерації рекомендацій, що враховують як характеристики курсів, так і реальні потреби та вподобання студентів.

На рисунку 2.8 зображено процес витягання знань і формування рекомендацій.



Рисунок 2.8 - Процес витягання знань і формування рекомендацій

3 ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ФОРМУВАННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ФАКУЛЬТАТИВНОГО НАВЧАННЯ

Запропонований метод удосконалення контентного методу формування рекомендацій з використанням великих мовних моделей загалом складається з наступних кроків:

- збір даних про курси та користувачів. Дані про курси включають текстові описи, ключові слова, категорії та метадані. Дані про користувачів містять їхні вподобання, історію взаємодії з курсами, оцінки та відгуки;

- попередня обробка даних. Текстові дані очищаються від зайвих символів, нормалізуються та лематизуються. Це підготовляє інформацію для подальшого аналізу;

- генерація векторів для текстів за допомогою LLM. Використання великих мовних моделей, таких як BERT або GPT, для перетворення текстових описів курсів і профілів користувачів у векторні представлення, які враховують семантичний контекст;

- обчислення схожості між курсами та профілями користувачів. Використання метрики косинусної схожості для порівняння векторних представлень текстів. Це дозволяє визначити, які курси найбільш відповідають профілю користувача;

- персоналізація рекомендацій. На основі обчисленої схожості формуються персоналізовані списки курсів для кожного користувача;

- зворотний зв'язок і оновлення моделі. Відгуки користувачів про запропоновані курси використовуються для вдосконалення моделі, оновлення векторів текстів та покращення точності рекомендацій у майбутньому.

В таблиці 3.1 наведено Інформаційна технологія побудови рекомендацій на основі знань.

Таблиця 3.1 –Інформаційна технологія побудови рекомендацій на основі знань

Процес технології	Вхідні дані	Методи, моделі, алгоритми	Виконавець	Вихідні дані
Аналіз відгуків користувачів	Текстові відгуки, оцінки курсів, взаємодія студентів	Обробка природної мови (NLP), Sentiment Analysis	Data Scientist	Інформація про тональність і оцінки курсів
Вилучення знань про позитивні характеристики навчального курсу	Опис курсів, результати аналізу відгуків	Векторизація за допомогою LLM, виявлення шаблонів	Data Scientist, інженер ML	Моделі характеристик курсів
Формування рекомендацій на основі знань	Моделі характеристик курсів, профілі користувачів	Косинусна схожість, алгоритми ранжування	Рекомендаційна система	Списки персоналізованих рекомендацій

Кінець таблиці 3.1

Представлення рекомендацій	Списки рекомендацій	Генерація інтерфейсу користувача, UX-дизайн	Програміст фронтенду	Візуалізовані рекомендації у веб-інтерфейсі
Вилучення знань про негативні характеристики конкурентів	Опис курсів, результати аналізу відгуків	Виявлення шаблонів	Data Scientist, інженер ML	Моделі характеристик курсів

На рисунку 3.1 зображена Інформаційна технологія побудови рекомендацій на основі знань.

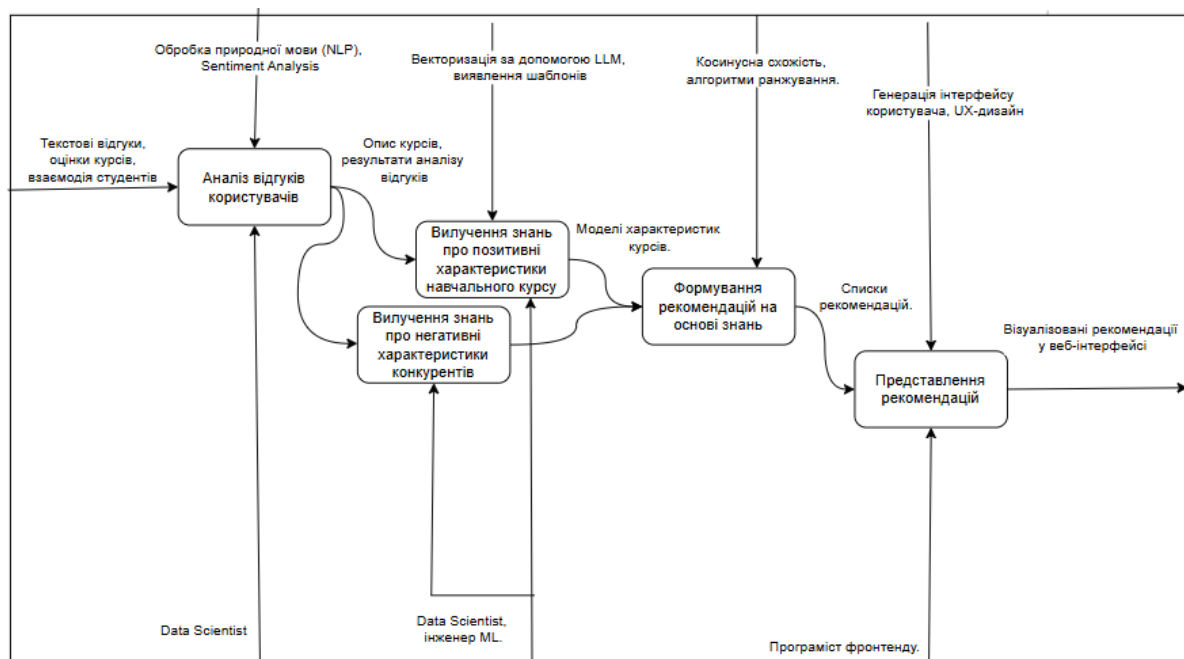


Рисунок 3.1 - Інформаційна технологія побудови рекомендацій на основі знань

4 ПРАКТИЧНА ІМПЛЕМЕНТАЦІЯ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА МЕТОДУ ФОРМУВАННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙ

4.1 Реалізація удосконаленого методу формування рекомендацій

Нижче наведено код на мові Java для доступу до API LLM для формування рекомендацій. Програма використовується для вилучення знань із відгуків і формування рекомендацій, а також передбачає аналіз позитивних відгуків наших користувачів і негативних відгуків конкурентів:

```
import java.net.HttpURLConnection;
import java.net.URL;
import java.io.OutputStream;
import java.io.BufferedReader;
import java.io.InputStreamReader;
import org.json.JSONObject;

public class LLMRecommendationSystem {

    // URL API LLM
    private static final String LLM_API_URL =
"https://api.example.com/v1/chat";
    private static final String API_KEY = "your_api_key";

    public static void main(String[] args) {
        // Відгуки для аналізу
        String positiveReviews = ""
            1. Я вирішив вибрати ці курси для освоєння основ
програмування...
            2. Ці курси стали моїм відкриттям кілька років
тому...
            3. Прошло 2 місяці навчання на курсах,
абсолютно не шкодую...
            """;

        String negativeReviews = ""
            1. Курси конкурентів часто занадто дорогі...
            2. Інтерактивність і підтримка викладачів
залишають бажати кращого...
            """;

        try {
            // Формуємо рекомендації
            String recommendations =
generateRecommendations(positiveReviews, negativeReviews);
            System.out.println("Рекомендації:");
            System.out.println(recommendations);
        }
    }
}
```

```

    } catch (Exception e) {
        e.printStackTrace();
    }
}

public static String generateRecommendations(String
positiveReviews, String negativeReviews) throws Exception {
    // Формуємо промпт
    String prompt = ""
        Analyze the following reviews and extract
actionable knowledge:
        1. Positive reviews of our courses:
        %s
        2. Negative reviews of competitors' courses:
        %s
        Based on the analysis, generate a set of
recommendations that highlight the strengths of our courses
while addressing the weaknesses noted in competitors' courses.
Provide structured insights for recommendations.
        """.formatted(positiveReviews, negativeReviews);
    // Створюємо JSON-запит до API
    JSONObject requestBody = new JSONObject();
    requestBody.put("model", "gpt-4");
    requestBody.put("prompt", prompt);
    requestBody.put("temperature", 0.7);
    requestBody.put("max_tokens", 500);
    // Відправляємо запит до API
    HttpURLConnection connection = (HttpURLConnection) new
URL(LLM_API_URL).openConnection();
    connection.setRequestMethod("POST");
    connection.setRequestProperty("Authorization", "Bearer "
+ API_KEY);
    connection.setRequestProperty("Content-Type",
"application/json");
    connection.setDoOutput(true);

    try (OutputStream os = connection.getOutputStream()) {
        os.write(requestBody.toString().getBytes());
        os.flush();
    }
    // Отримуємо відповідь від API
    BufferedReader br = new BufferedReader(new
InputStreamReader(connection.getInputStream()));
    StringBuilder response = new StringBuilder();
    String line;
    while ((line = br.readLine()) != null) {
        response.append(line);
    }
    // Обробляємо JSON-відповідь
    JSONObject jsonResponse = new
JSONObject(response.toString());
    return
jsonResponse.getJSONArray("choices").getJSONObject(0).getString(
"text");
}

```

```

}
}

```

4.2 Експериментальна перевірка методу формування рекомендацій

На основі аналізу платформ Coursera, Udacity та Udeyу було встановлено, що кожна з них має свої сильні сторони залежно від потреб студентів. Coursera забезпечує високу якість контенту, створеного університетами, та пропонує сертифікати, визнані роботодавцями. Udacity виділяється інтерактивністю, практично орієнтованими курсами й оперативною підтримкою, що робить її оптимальним вибором для кар'єрного розвитку у сфері технологій. Udeyу, у свою чергу, приваблює гнучким графіком, доступною ціною та широким вибором курсів, хоча якість контенту може варіюватися. Вибір платформи залежить від індивідуальних цілей: для професійного зростання оптимальні Coursera та Udacity, а для особистого розвитку за мінімальних витрат підійде Udeyу.

В таблиці 4.1 наведено відгуки студентів про курси на платформах Coursera, Udacity та Udeyу.

Таблиця 4.1 - Відгуки студентів про курси на платформах Coursera, Udacity та Udeyу

Платформа	Переваги	Недоліки	Реальний відгук студента
Coursera	Висока якість контенту; сертифікати, що визнаються роботодавцями; співпраця з університетами.	Часто обмежені дати початку курсів; фіксована структура навчання.	«Матеріали курсу чудово структуровані, але не вистачає гнучкості у графіку занять.»

Кінець таблиці 4.1

Udacity	Практична орієнтованість; високий рівень інтерактивності; якісна підтримка студентів.	Висока вартість курсів; обмежений вибір тем поза технологічною сферою.	«Курси допомогли мені отримати роботу, але ціна була значною.»
Udemy	Доступна ціна; широкий вибір курсів; повна гнучкість у навчанні.	Якість контенту залежить від інструктора; обмежена підтримка студентів.	«Знайшов відмінний курс за акційною ціною, але деякі відео були погано записані.»

На рисунку 4.1 зображено відгуки до платформ конкурентів.

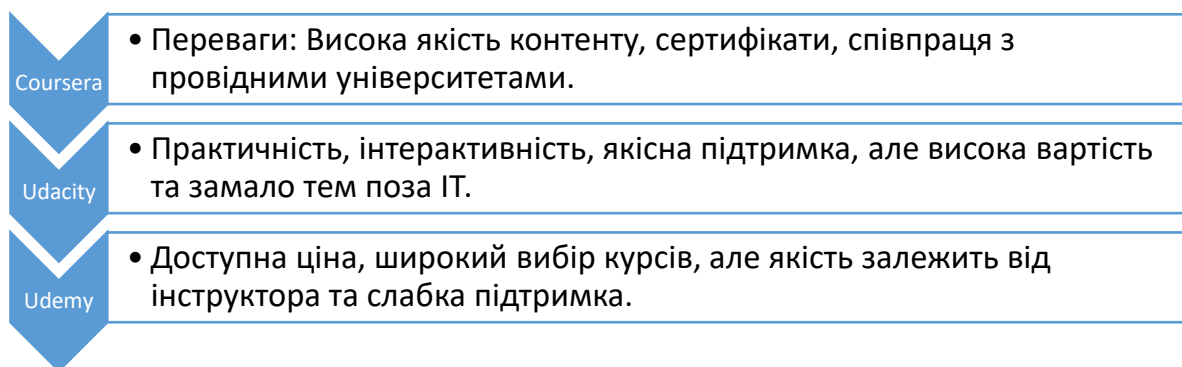


Рисунок 4.1 – Відгуки до платформ конкурентів

На основі знань, було створено наступні рекомендації: Coursera підходить для академічного навчання та отримання сертифікатів, Udacity ідеальна для тих, хто хоче опанувати сучасні технології та розвивати кар'єру в ІТ, а Udemy є хорошим вибором для самостійного навчання з невеликими витратами.

Таблиці 4.2, 4.3 містять аналіз відгуків користувачів, поділених на дві категорії: позитивні характеристики курсів та негативні характеристики конкурентів. Цей поділ допомагає виявити сильні сторони платформ для навчання та аспекти, які потребують покращення у конкурентів.

Таблиця 4.2 - Знання про позитивні відгуки курсів

Характеристика	Опис	Приклад
Якість контенту	Курси структуровані, лекції чіткі, матеріали актуальні	Лекції якісні, завдання інтерактивні
Великий вибір курсів	Пропонується широкий спектр тем	Вибір курсів великий
Практичність навчання	Наявність практичних завдань і проєктів	Проєкти дозволяють закріпити знання на практиці
Визнання сертифікатів	Сертифікати визнаються роботодавцями	Можливість отримувати сертифікати, які визнаються роботодавцями
Доступність ціни	Матеріали доступні за розумною вартістю	Багато матеріалів доступно за невеликі гроші
Зручний інтерфейс	Інтуїтивно зрозумілий і простий у використанні	Інтерфейс дуже простий
Підтримка професійного розвитку	Курси допомагають знайти роботу чи покращити професійні навички	Я закінчив курс Udacity і знайшов роботу

Таблиця 4.3 - Знання про негативні характеристики конкурентів

Характеристика	Опис	Приклад
Поверхневість матеріалу	Курси часто не деталізовані і не відповідають академічним стандартам	Курси часто бувають поверхневими, якщо порівнювати з академічними (Udemy)
Відсутність опцій для початківців	Брак програм для студентів із базовим рівнем знань	Не вистачає доступних опцій для початківців (Udacity)
Слабка підтримка студентів	Затримки у відповіді від інструкторів або відсутність допомоги	Підтримка інструкторів не завжди швидка (Udacity)
Висока вартість навчання	Курси мають значну вартість, що ускладнює доступність	Ціна дуже висока для багатьох студентів (Udacity)
Складність пошуку матеріалів	Важко знайти курси із глибоким рівнем деталізації	Іноді важко знайти курси з достатньо високим рівнем деталізації (Udemy)

ВИСНОВКИ

У ході дослідження методів створення рекомендацій для вибору навчальних курсів в інформаційній системі супроводу факультативного навчання було проведено всебічний аналіз для досягнення поставленої мети. На початковому етапі здійснено огляд сучасних рішень, серед яких популярні освітні платформи, такі як Coursera, Udacity та Codecademy. Цей аналіз дозволив виявити їхні ключові переваги, зокрема гнучкий підхід до навчання, інтерактивні методики та можливості персоналізації. Водночас було виявлено недоліки, наприклад, висока вартість курсів і обмежений доступ до матеріалів після завершення програми навчання.

Детальний аналіз функціоналу освітніх платформ показав, що їхні можливості часто не враховують специфічних локальних потреб студентів. Це зумовлює необхідність адаптації системи до регіональних умов навчання та індивідуальних запитів користувачів. Виявлені недоліки стали основою для формування вимог до системи, яка повинна забезпечувати індивідуалізований підхід до формування траєкторій навчання.

Додатково було розглянуто використання знання-орієнтованих методів побудови рекомендацій. За допомогою великих мовних моделей (LLM) здійснено аналіз текстових відгуків, що дозволило виділити позитивні аспекти курсів, які найбільше цінують студенти. Ці аспекти, наприклад, зрозумілість пояснень, інтерактивність і практичність завдань, інтегровані у базу знань системи. На основі цих знань було розроблено правила, які дозволяють автоматизувати процес рекомендацій, забезпечуючи високий рівень персоналізації.

У ході роботи було виконано аналіз властивостей інформаційних систем, які підтримують факультативне навчання, було розроблено підхід до формування рекомендацій на основі контекстних знань, удосконалено метод формування рекомендацій із застосуванням великих мовних моделей,

створено інформаційну технологію для формування рекомендацій щодо факультативного навчання та експериментально перевірено отримані результати і оцінки їхньої ефективності.

У результаті дослідження сформульовано критерії оцінки ефективності навчальних курсів, серед яких задоволеність студентів, досягнуті результати навчання, актуальність матеріалів, доступність платформи та економічна доцільність. Урахування цих критеріїв дозволяє створити систему, яка не тільки задовольняє освітні потреби студентів, але й сприяє їхньому особистісному та професійному розвитку.

Тема роботи довела свою актуальність завдяки високому попиту на дистанційне навчання та можливості створення індивідуальних траєкторій для студентів. Розробка рекомендаційної системи з інтеграцією сучасних методів, включаючи великі мовні моделі, дозволяє забезпечити якісний і персоналізований освітній процес.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ДСТУ 3008:2015. Державний стандарт України. Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлення. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 31 с.
2. ДСТУ 19.701-90. Єдина система програмної документації. Схеми алгоритмів, програм, даних і систем. Видавництво стандартів, 1991. – 26 с.
3. Coursera. [Електронний ресурс]. Доступно на: <https://www.coursera.org> (Дата доступу: 10.05.2023).
4. Udacity. [Електронний ресурс]. Доступно на: <https://www.udacity.com> (Дата доступу: 10.05.2023).
5. Codecademy. [Електронний ресурс]. Доступно на: <https://www.codecademy.com> (Дата звертання: 10.05.2023).
6. Чалий С. Ф., Лещинська І. О. Принципи побудови ментальних моделей рішення для зовнішнього користувача в задачі формування пояснень в інтелектуальній системі. АСУ та прилади автоматики. 2024. Т. 82-90.
7. Чалий С. Ф., Лещинський В. О. Побудова пояснень в інтелектуальних системах на основі формування каузальних залежностей. АСУ та прилади автоматики. 2024. Т. 4-15.
8. Чалий С. Ф., Лещинська І. О. Принцип доповнення вхідних даних у ментальній моделі користувача інтелектуальної системи. Information Technologies and Automation–2024. 2024. С. 691.
9. Татарчук М. І. Корпоративні інформаційні системи : навч. посібник / М. І. Татарчук. – К. : КНЕУ, 2005. – 291 с.
10. Класифікація інформаційних систем підприємств. URL: <https://fossdoc.com/ru/klassifikacija-informacionnyh-sistem> (дата звернення: 10.05.2023).
11. Plattner H. A Course in In-Memory Data Management: The Inner Mechanics of In-Memory Databases // Springer Heidelberg, 2013.

12. SAP HANA. Технологічна платформа для рішення сучасних бізнес-задач: сб. ст. / Під ред. Б.М. Коцовського, Р.Д. Гимранова — М., 2015. — 128 с.
13. Ypravleniye jiznennim ciklom informacionnih system. Real-time Enterprise 2.0.: сб. ст. / Під ред. Р.Д. Гимранова. — СПб, Сургут, 2014.
14. Методичні вказівки до передатестаційної практики для студентів усіх форм навчання спеціальності 122 – Комп'ютерні науки, освітньо-професійної програми "Комп'ютерні науки" / Упоряд.: Чалий С.Ф., Євланов М. В., Чала О. В. - Харків: ХНУРЕ, 2021
15. Aggarwal, C. C. Recommender Systems: The Textbook. Springer, 2016.
16. Burke, R. Hybrid Recommender Systems: Survey and Experiments. User Modeling and User-Adapted Interaction, 2002.
17. Ricci, F., Rokach, L., & Shapira, B. Introduction to Recommender Systems Handbook. Springer, 2011.
18. Чала О.В., Мацейко Т. М. Представлення аномальних послідовностей робіт у бізнес-процесах з використанням темпоральних правил. ТОВ «Друкарня Мадрид». 2024. С. 113–114.
19. Adomavicius, G., & Tuzhilin, A. Toward the Next Generation of Recommender Systems: A Survey of the State-of-the-Art and Possible Extensions. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 2005.
20. Resnick, P., & Varian, H. R. Recommender Systems. Communications of the ACM, 1997.
21. Van Meteren, R., & Van Someren, M. Using Content-Based Filtering for Recommendation. Lecture Notes in Computer Science, 2000.
22. Konstan, J. A., et al. GroupLens: Applying Collaborative Filtering to Usenet News. Communications of the ACM, 1997.
23. Schafer, J. B., Konstan, J., & Riedl, J. E-Commerce Recommendation Applications. Data Mining and Knowledge Discovery, 2001.
24. Pazzani, M. J., & Billsus, D. Content-Based Recommendation Systems. Lecture Notes in Computer Science, 2007.
25. McNee, S. M., Riedl, J., & Konstan, J. A. Being Accurate Is Not Enough:

How Accuracy Metrics Have Hurt Recommender Systems. CHI Extended Abstracts, 2006.

26. Koren, Y., Bell, R., & Volinsky, C. Matrix Factorization Techniques for Recommender Systems. IEEE Computer, 2009.

27. Linden, G., Smith, B., & York, J. Amazon.com Recommendations: Item-to-Item Collaborative Filtering. IEEE Internet Computing, 2003.

28. He, X., et al. Neural Collaborative Filtering. Proceedings of the 26th International Conference on World Wide Web (WWW), 2017.

29. Chen, T., et al. Context-Aware Recommender Systems: A Survey of the State of the Art. Knowledge-Based Systems, 2013.

30. OpenAI GPT-4 Documentation. OpenAI, 2023.

31. Manning, C. D., Raghavan, P., & Schütze, H. Introduction to Information Retrieval. Cambridge University Press, 2008.

32. Lops, P., de Gemmis, M., & Semeraro, G. Content-Based Recommender Systems: State of the Art and Trends. Springer, 2011.