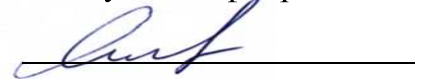


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Навчально-науковий інститут комп'ютерних наук та управління проектами
Кафедра інформаційних управляючих систем та технологій

"Допущений до захисту"

Завідувач кафедри ІУСТ



к.т.н, доц. Михелев І.Л.

"22" червня 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти "бакалавр"

на тему: «Розробка рекомендаційної системи для онлайн-магазину»

Виконав: студент групи 4147ст3

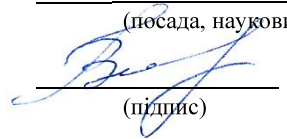


Хіміон В.Д.
(підпис)

Керівник роботи:

PhD

(посада, науковий ступінь вчене звання)



Ворона М.В.
(підпис)

м. Миколаїв – 2026 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Навчально-науковий інститут комп'ютерних наук та управління проектами
Кафедра інформаційних управляючих систем та технологій
Спеціальність 122 "Комп'ютерні науки"
Освітня програма "Комп'ютерні науки"

"ЗАТВЕРДЖУЮ"

Гарант освітньої програми


к.т.н, доц. Гайда А.Ю.

"25" березня 2026 р.

*ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ*
на здобуття ступеня вищої освіти "бакалавр"

Студенту Хіміон Владиславу Дмитровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка рекомендаційної системи для онлайн-магазину

Керівник роботи PhD Ворона М.В.

Затверджені наказом ректора № 270-уч від "31" березня 2026 року.

2. Термін подання роботи: 22 червня 2026 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) ДСТУ щодо обробки інформації, літературні джерела, технічна документація на існуючі аналоги систем,

4. Перелік питань, що належать до розробки (найменування розділів) Аналіз предметної області та постановка задачі. Проектування рекомендаційної системи для онлайн-магазину. Розробка рекомендаційної системи для онлайн-магазину. Охорона праці.

5. Перелік презентаційних матеріалів Актуальність, концепція системи, Загальна схема роботи, Порівняльний аналіз систем, Діаграма Use Case аналітика підприємства, Діаграма послідовності, ER-діаграми інформаційної бази даних, Діаграма розгортання, Екранні форми розробки, Висновки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Ворона М.В.	02.02.2026	23.02.2026
2	Ворона М.В.	23.02.2026	20.03.2026
3	Ворона М.В.	20.03.2026	24.04.2026
4	Ворона М.В.	24.04.2026	01.06.2026

7. Дата видачі завдання 02 лютого 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

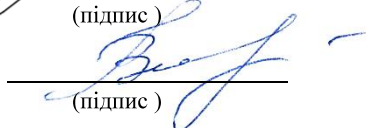
№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз предметної галузі	02.02.2026	
2	Постановка задачі	16.02.2026	
3	Розробка концепції	23.02.2026	
4	Розробка проекту ІС	23.03.2026	
5	Реалізація проекту	27.04.2026	
6	Розробка питань з охорони праці	01.06.2026	
7	Розробка графічних матеріалів	05.06.2026	
8	Подання роботи на перевірку на плагіат	08.06.2026	
9	Подання роботи рецензенту	15.06.2026	
10	Подання роботи на захист	22.06.2026	

Студент


(підпис)

Хіміон В.Д.
(ПІБ)

Керівник роботи


(підпис)

Ворона М.В.
(ПІБ)

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська робота присвячена розробці рекомендаційної системи для онлайн-магазину з метою підвищення ефективності продажів та покращення користувацького досвіду. У роботі проведено аналіз предметної області електронної комерції та визначено основні проблеми, пов'язані з великим асортиментом товарів і складністю їх вибору користувачами. Розглянуто основні підходи до побудови рекомендаційних систем, зокрема контентно-орієнтовані методи, колаборативну фільтрацію та гібридні моделі.

У процесі виконання роботи було сформовано вимоги до системи, спроектовано її архітектуру та структуру бази даних. Для формування рекомендацій використано математичні методи оцінки подібності та прогнозування вподобань користувачів. Розроблений програмний прототип системи забезпечує автоматичне формування персоналізованих рекомендацій на основі історії покупок, переглядів і рейтингових оцінок. Проведено тестування роботи системи та оцінено її ефективність за показниками точності рекомендацій.

Результати дослідження підтверджують доцільність використання рекомендаційних систем у сфері онлайн-торгівлі, оскільки вони сприяють скороченню часу пошуку товарів, збільшенню конверсії та підвищенню рівня задоволеності користувачів.

Робота складається з 73 сторінки машинописного тексту, 12 таблиць, 21 рисунка, 11 літературних джерел та трьох додатків

Ключові слова: рекомендаційна система, онлайн-магазин, електронна комерція, персоналізація, машинне навчання, колаборативна фільтрація, контентний аналіз, гібридні алгоритми, аналіз даних, прогнозування вподобань.

ABSTRACT

This bachelor's thesis is devoted to the development of a recommendation system for an online store aimed at improving sales efficiency and enhancing user experience. The paper analyzes the subject area of e-commerce and identifies key problems related to large product assortments and the difficulty users face when selecting goods. The main approaches to building recommendation systems are considered, including content-based methods, collaborative filtering, and hybrid models.

During the work, system requirements were defined, and the architecture and database structure were designed. Mathematical methods for similarity measurement and user preference prediction were applied to generate recommendations. The developed software prototype provides automatic personalized product recommendations based on purchase history, browsing behavior, and rating data. System testing was conducted, and its effectiveness was evaluated using recommendation accuracy metrics.

The research results confirm the feasibility of implementing recommendation systems in online commerce, as they reduce the time required to search for products, increase conversion rates, and improve customer satisfaction.

The work consists of 73 pages of typewritten text, 12 tables, 21 figures, 11 literary pieces and three appendices

Keywords: recommendation system, online store, e-commerce, personalization, machine learning, collaborative filtering, content-based analysis, hybrid algorithms, data analysis, preference prediction.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	4
ABSTRACT	5
ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ	10
1.1 Аналіз предметної області	10
1.2 Недоліки в роботі існуючих рекомендаційних систем онлайн- магазинів	12
1.3 Концепція системи.....	14
1.4 Математичне забезпечення розробки	18
1.4.1 Формалізація даних користувачів і товарів	19
1.4.3 Прогнозування оцінки користувача для товару	20
1.4.4 Використання гібридного підходу	20
1.4.5 Оцінювання якості рекомендацій.....	21
1.5 Постановка задачі	21
Висновки до розділу 1	24
РОЗДІЛ 2. ПРОЄКТУВАННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ОНЛАЙН-МАГАЗИНУ	26
2.1 Загальносистемні рішення	26
2.2 Архітектура розробки.....	30
2.3 Взаємодія компонент інформаційної системи	33
2.4 Організація бази даних.....	36
2.5 Діаграма станів системи.....	40
Висновки до розділу 2	43
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ОНЛАЙН- МАГАЗИНУ.....	45
3.1 Вимоги до програмного забезпечення розробки	45
3.2 Вимоги до апаратного забезпечення розробки	47
3.3 Діаграма розгортання системи	50

Висновки до розділу 3	53
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ	55
4.1 Аналіз умов праці розробника програмного забезпечення	55
4.2 Організація робочого місця	55
4.3 Вимоги до освітлення та мікроклімату.....	56
4.4 Електробезпека.....	56
4.5 Пожежна безпека	57
4.6 Заходи щодо збереження здоров'я працівників	57
Висновки до розділу 4	57
ВИСНОВКИ.....	59
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	61
ДОДАТОК А. - ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ	62
ДОДАТОК Б. - КЕРІВНИЦТВО КОРИСТУВАЧА.....	68
ДОДАТОК В. – ЕКРАННІ ФОРМИ РОЗРОБКИ	73

ВСТУП

Сучасний розвиток інформаційних технологій та стрімке зростання сфери електронної комерції сприяють активному переходу покупців до онлайн-формату придбання товарів. Інтернет-магазини надають користувачам широкий вибір продукції, доступ до різноманітних категорій товарів та можливість здійснювати покупки у будь-який час. Разом із цим збільшення кількості товарних позицій та постійне оновлення асортименту призводить до проблеми інформаційного перевантаження, коли користувачу стає складно швидко знайти потрібний товар або зробити оптимальний вибір серед великої кількості варіантів.

Одним із ефективних рішень даної проблеми є використання рекомендаційних систем, які дозволяють автоматизувати процес підбору товарів відповідно до інтересів і поведінки користувача. Рекомендаційні системи широко застосовуються в електронній торгівлі, соціальних мережах, стрімінгових сервісах та інших цифрових платформах. Їх використання сприяє підвищенню якості обслуговування клієнтів, збільшенню продажів, формуванню персоналізованих пропозицій та покращенню взаємодії користувача з інформаційною системою онлайн-магазину.

Актуальність теми бакалаврської роботи зумовлена необхідністю впровадження інтелектуальних механізмів аналізу даних, які дозволяють прогнозувати вподобання користувачів і рекомендувати найбільш релевантні товари. Застосування методів машинного навчання, аналізу великих даних та гібридних алгоритмів рекомендацій сприяє підвищенню точності результатів та забезпечує адаптивність системи до зміни інтересів клієнтів.

Метою даної бакалаврської роботи є розробка рекомендаційної системи для онлайн-магазину, яка забезпечує персоналізований підбір товарів на основі аналізу історії покупок, переглядів, оцінок та інших параметрів поведінки користувачів. Для досягнення поставленої мети необхідно проаналізувати предметну область електронної комерції, дослідити існуючі методи побудови рекомендаційних систем, обґрунтувати

вибір оптимального підходу та реалізувати програмне рішення, яке може бути інтегроване в інформаційну структуру онлайн-магазину.

Об'єктом дослідження є процес взаємодії користувачів з онлайн-магазином, що включає перегляд товарів, здійснення покупок та формування уподобань. Предметом дослідження виступають методи та алгоритми рекомендаційних систем, які використовуються для формування персоналізованих пропозицій товарів.

Практична цінність роботи полягає у створенні програмного модуля рекомендаційної системи, який може бути використаний для підвищення ефективності функціонування онлайн-магазину. Реалізована система дозволить зменшити час пошуку товарів, збільшити конверсію покупок та забезпечити більш зручний і сучасний сервіс для користувачів.

Структура бакалаврської роботи складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. У першому розділі проведено аналіз предметної області та визначено основні проблеми, які вирішує рекомендаційна система. У другому розділі розглянуто проектування архітектури та бази даних системи. У третьому розділі описано реалізацію програмного забезпечення та застосовані алгоритми рекомендацій. У четвертому розділі наведено питання охорони праці та безпеки під час роботи з комп'ютерною технікою. У висновках підсумовано результати виконаної роботи та визначено перспективи подальшого розвитку системи.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

1.1 Аналіз предметної області

Сучасна електронна комерція є однією з найбільш динамічних галузей цифрової економіки. Онлайн-магазини пропонують користувачам широкий асортимент товарів, що постійно оновлюється та розширюється. Зростання кількості позицій у каталозі, збільшення кількості користувачів та підвищення конкуренції на ринку створюють необхідність у використанні інтелектуальних технологій, здатних автоматизувати процес взаємодії покупця з платформою. Одним із ключових інструментів підвищення ефективності продажів і якості обслуговування є рекомендаційні системи.

Рекомендаційна система — це програмний модуль або комплекс алгоритмів, який формує персоналізовані пропозиції товарів для користувача на основі аналізу його поведінки, інтересів та історії взаємодії з сайтом. Метою рекомендаційної системи є підвищення ймовірності покупки, покращення користувацького досвіду, зменшення часу пошуку товарів та збільшення середнього чека.

Предметною областю даної бакалаврської роботи є процеси функціонування онлайн-магазину, зокрема: перегляд каталогу товарів, пошук продукції, додавання товарів до кошика, здійснення замовлень, оцінювання товарів, залишення відгуків, а також збір даних про поведінку користувачів. Для побудови рекомендаційної системи важливими є дані, що характеризують взаємодію клієнтів із магазином: історія покупок, переглянуті сторінки, запити у пошуку, час перебування на сторінці, натискання на певні категорії та рейтинг товарів.

У сучасних онлайн-магазинах можна виділити декілька основних суб'єктів, що взаємодіють із системою. Першим суб'єктом є покупець, який переглядає товари, здійснює покупки, формує список бажань та залишає відгуки. Другим суб'єктом є адміністратор, який відповідає за наповнення каталогу, керування замовленнями та контролювання коректності роботи

платформи. Також важливим учасником є система аналітики, яка збирає статистичні дані щодо продажів і поведінки користувачів.

Основною проблемою предметної області є те, що користувачеві складно самостійно обрати потрібний товар у великому каталозі. Навіть при наявності фільтрів та пошукових інструментів процес вибору може бути тривалим і неефективним. Це призводить до втрати потенційних покупців та зниження рівня конверсії. Крім того, онлайн-магазини часто мають справу з явищем інформаційного перевантаження, коли користувач отримує занадто багато варіантів, але не може швидко знайти оптимальний.

Рекомендаційні системи дозволяють вирішити цю проблему шляхом автоматичного аналізу даних та формування персоналізованих рекомендацій. У загальному випадку рекомендаційна система виконує збір даних про користувачів та товари, аналіз поведінки клієнтів, формування персоналізованих рекомендацій, оцінка ефективності рекомендацій (точність, релевантність, конверсія).

Для реалізації рекомендаційної системи можуть застосовуватися різні підходи. Найпоширенішими є контентно-орієнтований метод (рекомендації на основі характеристик товарів), колаборативна фільтрація (на основі поведінки подібних користувачів) та гібридні моделі, що поєднують декілька методів. Також у сучасних системах активно використовуються методи машинного навчання та нейронні мережі, які здатні враховувати складні залежності між товарами та поведінкою покупців.

Важливою складовою рекомендаційної системи є база даних, у якій зберігаються дані про користувачів, товари, замовлення, рейтинги, відгуки та історію переглядів. Дані повинні бути структурованими, актуальними та доступними для обробки алгоритмами рекомендацій. Також необхідно враховувати питання захисту персональних даних, оскільки система працює з конфіденційною інформацією про користувачів.

Таким чином, предметна область бакалаврської роботи охоплює процеси електронної комерції та персоналізованого підбору товарів для

користувачів онлайн-магазину. Розробка рекомендаційної системи є актуальним завданням, оскільки дозволяє покращити якість обслуговування клієнтів, підвищити ефективність продажів та забезпечити конкурентоспроможність онлайн-платформи в умовах зростаючого ринку електронної торгівлі.

1.2 Недоліки в роботі існуючих рекомендаційних систем онлайн-магазинів

Незважаючи на активне впровадження рекомендаційних систем у сфері електронної комерції, більшість існуючих рішень мають низку недоліків, які знижують ефективність їх використання та впливають на якість взаємодії користувача з онлайн-магазином. Аналіз сучасних рекомендаційних систем показує, що проблеми виникають як на рівні алгоритмічної реалізації, так і на рівні організації даних, інтеграції в інформаційну систему магазину та оцінювання результатів рекомендацій.

Одним із основних недоліків є проблема холодного старту. Вона проявляється у ситуаціях, коли система не має достатньої кількості даних про нового користувача або новий товар. У такому випадку алгоритми не можуть побудувати якісні рекомендації, що призводить до використання загальних або випадкових пропозицій, які часто не відповідають інтересам клієнта. Це знижує рівень персоналізації та може негативно вплинути на перше враження користувача про магазин.

Наступним важливим недоліком є недостатня якість та неповнота вхідних даних. У реальних онлайн-магазинах дані про перегляди товарів, покупки та оцінки можуть бути фрагментованими, містити пропуски або дублювання. Крім того, частина користувачів не залишає оцінок чи відгуків, що ускладнює використання класичних методів колаборативної фільтрації. У результаті рекомендації можуть бути менш точними або необґрунтованими.

Поширеною проблемою також є низька адаптивність рекомендацій. Деякі системи не враховують зміну інтересів користувача з часом або формують рекомендації на основі застарілих даних. Наприклад, якщо

користувач шукав певний товар одноразово, система може ще довго пропонувати схожі товари, хоча потреба вже втратила актуальність. Це погіршує користувацький досвід і зменшує довіру до рекомендацій.

Ще одним суттєвим недоліком є проблема популярності, коли система рекомендує переважно найбільш популярні товари. У такому випадку маловідомі або нові товари не потрапляють у рекомендації, хоча можуть бути більш релевантними конкретному користувачу. Це призводить до зменшення різноманітності рекомендацій та негативно впливає на просування нового асортименту.

Важливим аспектом є також відсутність пояснюваності рекомендацій. У багатьох системах користувачеві не зрозуміло, чому саме запропоновано певний товар. Відсутність пояснення знижує довіру до системи та може спричинити ігнорування рекомендацій. Сучасні вимоги до рекомендаційних систем передбачають наявність елементів прозорості, наприклад повідомлення «Рекомендовано, оскільки ви переглядали...».

Окрему проблему становить перевантаження користувача рекомендаціями. Деякі онлайн-магазини демонструють занадто багато блоків із пропозиціями на різних сторінках, що створює інформаційний шум. У результаті користувач може не звернути увагу на дійсно корисні рекомендації або взагалі сприймати їх як нав'язливу рекламу.

Також недоліком є складність інтеграції рекомендаційної системи з існуючою ІТ-інфраструктурою онлайн-магазину. Часто розробка системи потребує додаткових ресурсів для забезпечення збору даних, створення API, синхронізації з базою даних, налаштування логування та моніторингу. При неправильній інтеграції можуть виникати затримки у формуванні рекомендацій, зниження продуктивності сайту або некоректне відображення товарів.

Значною проблемою є високі вимоги до обчислювальних ресурсів. Сучасні рекомендаційні алгоритми, особливо ті, що використовують машинне навчання або нейронні мережі, потребують значних ресурсів для

навчання моделей та їх постійного оновлення. Для великих магазинів із тисячами користувачів та товарів це може вимагати використання хмарних платформ або серверів із високою продуктивністю, що збільшує витрати.

Не менш важливим недоліком є питання безпеки та конфіденційності даних. Рекомендаційна система працює з персональними даними користувачів, історією покупок та поведінковими характеристиками. У разі недостатнього захисту існує ризик витоку даних або несанкціонованого доступу, що може мати серйозні юридичні та репутаційні наслідки для компанії.

Таким чином, аналіз існуючих рекомендаційних систем онлайн-магазинів показує наявність ряду суттєвих недоліків: проблеми холодного старту, обмеженість даних, недостатня адаптивність, перевага популярних товарів, низька пояснюваність, складність інтеграції та високі вимоги до ресурсів. Це підтверджує актуальність розробки ефективної рекомендаційної системи, яка забезпечить точність, персоналізацію, адаптивність та зручність використання для підвищення якості сервісу онлайн-магазину.

1.3 Концепція системи

Рекомендаційна система для онлайн-магазину є важливим інструментом персоналізації, який дозволяє підвищити ефективність продажів, покращити користувацький досвід та оптимізувати процес пошуку товарів. Основним завданням рекомендаційної системи є формування релевантних пропозицій для кожного користувача на основі аналізу його поведінки, історії покупок, переглядів та характеристик товарів.

Під час проектування рекомендаційної системи необхідно обрати найбільш ефективну концепцію, яка забезпечить високу точність рекомендацій, масштабованість, адаптивність до змін інтересів користувача та можливість інтеграції з вебплатформою онлайн-магазину. У межах даної роботи розглянуто три основні варіанти концепції побудови рекомендаційної системи.

Варіант 1. Контентно-орієнтована рекомендаційна система (Content-Based Filtering)

Даний підхід базується на аналізі характеристик товарів і виборі схожих позицій, які відповідають попереднім вподобанням користувача. Наприклад, якщо користувач переглядав або купував смартфони певного бренду, система пропонуватиме схожі моделі або аксесуари, використовуючи параметри товару: бренд, ціну, категорію, технічні характеристики.

Переваги простота реалізації та інтеграції в онлайн-магазин. Не потребує великої кількості користувачів для старту роботи. Добре працює для персональних рекомендацій навіть при обмеженій кількості даних. Дозволяє рекомендувати нові товари, якщо відомі їх характеристики.

Недоліками є рекомендації можуть бути одноманітними та обмеженими в межах схожих товарів. Система не враховує інтереси інших користувачів. Складно врахувати приховані вподобання покупця. Ефективність залежить від якості опису товарів у базі даних.

Варіант 2. Колаборативна фільтрація (Collaborative Filtering)

Колаборативна фільтрація формує рекомендації на основі поведінки інших користувачів. Система шукає подібних користувачів (за покупками, оцінками, переглядами) і рекомендує товари, які були популярними серед цієї групи. Наприклад, якщо користувачі зі схожими інтересами купували певні товари, система запропонує їх новому клієнту.

Перевагами є забезпечення більш точних рекомендацій, враховуючи реальну поведінку користувачів. Може пропонувати товари, які не схожі за характеристиками, але цікаві для певної групи людей. Підвищує різноманітність рекомендацій. Дозволяє виявляти приховані залежності між товарами.

Недоліками є проблема холодного старту для нових користувачів і товарів, потребує великого обсягу історичних даних, складність реалізації при великій кількості користувачів та товарів, високі обчислювальні витрати при формуванні рекомендацій у реальному часі.

Варіант 3. Гібридна рекомендаційна система

Гібридний підхід поєднує можливості контентно-орієнтованої системи та колаборативної фільтрації. У такій системі рекомендації формуються одночасно на основі характеристик товарів і поведінки користувачів. Додатково можуть застосовуватись методи машинного навчання (наприклад, матрична факторизація або моделі класифікації) для підвищення точності прогнозування.

Наприклад, якщо користувач новий і не має історії покупок, система використовує контентний метод. Якщо дані накопичені, система підключає колаборативну фільтрацію та прогнозує найкращі товари на основі поведінкових даних.

Переваги полягають в зменшенні проблем холодного старту, забезпечує більш точні та різноманітні рекомендації, адаптується до змін інтересів користувача, дозволяє враховувати як опис товарів, так і реальні покупки інших клієнтів, підвищує загальну ефективність системи та рівень персоналізації.

Недоліками є складніша реалізація порівняно з іншими підходами, потребує більшої кількості даних для повноцінної роботи, вимагає налаштування алгоритмів та оцінки точності моделей, потребує більше ресурсів для обчислень і зберігання даних.

Таким чином, перший варіант є найбільш простим у реалізації, однак не забезпечує високої точності та різноманітності рекомендацій. Другий варіант дає більш ефективні результати, але має суттєві проблеми із холодним стартом та потребує великого обсягу даних. Третій варіант поєднує сильні сторони обох підходів і дозволяє отримати найбільш повний та адаптивний механізм рекомендацій.

Таблиця 1.1 - Варіанти концепції

Критерій	Варіант 1 Контентна (Content-Based)	Варіант 2 Колаборативна (Collaborative Filtering)	Варіант 3 Гібридна (Hybrid)
----------	---	--	--------------------------------

Критерій	Варіант 1 Контентна (Content-Based)	Варіант 2 Колаборативна (Collaborative Filtering)	Варіант 3 Гібридна (Hybrid)
Принцип роботи	Рекомендації на основі характеристик товарів	Рекомендації на основі поведінки схожих користувачів	Поєднання контентного та колаборативного підходів
Точність рекомендацій	Середня	Висока (за наявності даних)	Висока
Різноманітність рекомендацій	Низька (одноманітні товари)	Висока	Висока
Проблема холодного старту	Мінімальна для користувача, середня для товарів	Висока (для нових користувачів і товарів)	Низька (частково усувається)
Необхідність великої кількості даних	Низька	Висока	Середня/Висока
Складність реалізації	Низька	Середня/Висока	Висока
Вимоги до обчислювальних ресурсів	Низькі	Високі	Високі
Масштабованість	Середня	Висока (з оптимізацією)	Висока
Можливість рекомендувати нові товари	Висока (за описом характеристик)	Низька	Висока
Залежність від якості опису товарів	Висока	Низька	Середня
Адаптивність до зміни інтересів користувача	Середня	Висока	Висока
Зручність інтеграції в онлайн-магазин	Висока	Середня	Середня
Підтримка персоналізації	Середня	Висока	Найвища

Критерій	Варіант 1 Контентна (Content-Based)	Варіант 2 Колаборативна (Collaborative Filtering)	Варіант 3 Гібридна (Hybrid)
Загальна ефективність для онлайн-магазину	Середня	Висока	Найвища

На основі порівняльного аналізу видно, що гібридна рекомендаційна система є найбільш ефективною, оскільки забезпечує високу точність, різноманітність, адаптивність, а також частково вирішує проблему холодного старту, що є критично важливим для онлайн-магазину.

Для онлайн-магазину найбільш доцільним є використання гібридної рекомендаційної системи, оскільки вона дозволяє формувати рекомендації навіть для нових користувачів, підвищити точність і релевантність пропозицій, забезпечити ширший вибір товарів та уникнути одноманітності, ефективно працювати в умовах великого каталогу та різних груп користувачів, масштабувати систему та інтегрувати аналітичні модулі машинного навчання.

Таким чином, гібридний підхід є найкращим варіантом для розробки рекомендаційної системи онлайн-магазину, оскільки забезпечує оптимальний баланс між якістю рекомендацій, адаптивністю та можливістю практичного впровадження в сучасній електронній комерції.

1.4 Математичне забезпечення розробки

Математичне забезпечення рекомендаційної системи є основою її функціонування, оскільки саме математичні методи дозволяють аналізувати поведінку користувачів, знаходити закономірності у виборі товарів та формувати персоналізовані рекомендації. Для онлайн-магазину рекомендаційна система повинна враховувати такі фактори, як історія покупок, перегляди товарів, оцінки, категорії продукції та інші параметри взаємодії користувача з платформою.

У даній бакалаврській роботі для побудови рекомендаційної системи доцільно використовувати математичні методи колаборативної фільтрації, контентного аналізу та гібридного підходу. Основними задачами математичного забезпечення є формування моделі даних, визначення метрики подібності, прогнозування оцінки користувача для товару та вибір найбільш релевантних рекомендацій.

1.4.1 Формалізація даних користувачів і товарів

Нехай існує множина користувачів

$$U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$$

та множина товарів

$$I = \{i_1, i_2, \dots, i_n\}$$

Для побудови рекомендацій використовується матриця взаємодії користувачів з товарами R , яка містить оцінки або факт взаємодії

$$R = [r_{u,i}]$$

Де, $r_{u,i}$ - оцінка, яку користувач u поставив товару i , або показник взаємодії. У більшості випадків матриця R є розрідженою, оскільки користувачі взаємодіють лише з невеликою частиною каталогу

1.4.2 Обчислення подібності між користувачами або товарами

Для реалізації колаборативної фільтрації важливо визначити міру подібності між користувачами або товарами. Одним із найпоширеніших методів є косинусна міра подібності, яка використовується для порівняння векторів оцінок.

Косинусна подібність між двома користувачами u та v визначається формулою:

$$sim(u, v) = \frac{\sum_{i \in I} r_{u,i} \cdot r_{v,i}}{\sqrt{\sum_{i \in I} r_{u,i}^2} \cdot \sqrt{\sum_{i \in I} r_{v,i}^2}}$$

Дана формула дозволяє оцінити, наскільки схожими є вподобання користувачів. Значення $sim(u, v)$ лежить у межах від 0 до 1, де 1 означає максимальну схожість.

1.4.3 Прогнозування оцінки користувача для товару

Для формування рекомендацій необхідно спрогнозувати оцінку або ймовірність зацікавленості користувача u у товарі i . Для цього використовується формула прогнозування на основі середньозваженого значення оцінок схожих користувачів:

$$\hat{r}_{u,i} = \frac{\sum_{v \in N(u)} sim(u, v) \cdot r_{v,i}}{\sum_{v \in N(u)} |sim(u, v)|}$$

де:

- $\hat{r}_{u,i}$ — прогнозована оцінка;
- $N(u)$ — множина найбільш схожих користувачів;
- $sim(u, v)$ — подібність між користувачами u та v ;
- $r_{v,i}$ — оцінка товару i , поставлена користувачем v .

На основі значення $\hat{r}_{u,i}$ система формує список товарів, які мають найвищий прогнозований рейтинг для користувача.

1.4.4 Використання гібридного підходу

У гібридній рекомендаційній системі результати контентного методу та колаборативної фільтрації можуть об'єднуватися за допомогою вагового коефіцієнта:

$$Score(u, i) = \alpha \cdot Score_{CF}(u, i) + (1 - \alpha) \cdot Score_{CB}(u, i)$$

де:

- $Score_{CF}(u, i)$ — результат колаборативної фільтрації;
- $Score_{CB}(u, i)$ — результат контентного аналізу;
- α — ваговий коефіцієнт ($0 \leq \alpha \leq 1$), який визначає вплив кожного методу.

Таким чином, система може гнучко регулювати баланс між двома підходами залежно від кількості доступних даних.

1.4.5 Оцінювання якості рекомендацій

Для перевірки ефективності рекомендаційної системи застосовуються метрики точності прогнозу. Однією з основних є середньоквадратична помилка (RMSE):

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{(u,i)} (r_{u,i} - \hat{r}_{u,i})^2}$$

де:

- N — кількість перевірених прогнозів;
- $r_{u,i}$ — реальна оцінка;
- $\hat{r}_{u,i}$ — прогнозована оцінка.

Чим менше значення RMSE, тим точніше працює система. Таким чином, математичне забезпечення рекомендаційної системи онлайн-магазину базується на використанні методів колаборативної фільтрації, визначенні подібності між користувачами або товарами, прогнозуванні оцінок та застосуванні гібридного підходу. Використання наведених математичних моделей дозволяє формувати персоналізовані рекомендації, підвищувати точність підбору товарів та забезпечувати ефективну роботу системи в умовах великого асортименту онлайн-магазину.

1.5 Постановка задачі

У сучасних умовах розвитку електронної комерції онлайн-магазини пропонують користувачам великий асортимент товарів, що ускладнює процес вибору необхідної продукції. Покупець витрачає значний час на

пошук та порівняння товарів, що може призводити до зниження рівня задоволеності сервісом і втрати потенційних продажів. Одним із ефективних шляхів вирішення даної проблеми є впровадження рекомендаційної системи, яка забезпечує персоналізований підбір товарів відповідно до інтересів користувача.

Рекомендаційна система повинна аналізувати дані про взаємодію клієнтів з онлайн-магазином (перегляди, покупки, оцінки, відгуки, запити пошуку) та на основі цього формувати список найбільш релевантних товарів. Для забезпечення високої точності рекомендацій доцільним є використання методів машинного навчання та гібридних підходів, що поєднують контентний аналіз і колаборативну фільтрацію.

Таким чином, виникає необхідність у проектуванні та розробці рекомендаційної системи для онлайн-магазину, яка буде здатна працювати з великими обсягами даних, забезпечувати адаптивність до зміни інтересів користувачів та покращувати ефективність роботи електронної торгової платформи.

Метою бакалаврської роботи є розробка рекомендаційної системи для онлайн-магазину, яка забезпечує персоналізоване формування пропозицій товарів на основі аналізу даних про користувачів та їх поведінку, з метою підвищення якості обслуговування клієнтів і збільшення ефективності продажів.

Об'єктом дослідження є процес вибору та придбання товарів користувачами онлайн-магазину, а також процеси збору та обробки даних про їх взаємодію з торговою платформою.

Предметом дослідження є методи та алгоритми побудови рекомендаційних систем, що використовуються для персоналізованого підбору товарів у середовищі електронної комерції.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Провести аналіз предметної області онлайн-торгівлі та визначити роль рекомендаційних систем у підвищенні ефективності роботи онлайн-магазину.
2. Дослідити основні підходи до побудови рекомендаційних систем (контентно-орієнтований, колаборативний, гібридний) та обґрунтувати вибір оптимального методу.
3. Визначити вимоги до рекомендаційної системи, її функціональні можливості та структуру.
4. Спроекувати архітектуру системи, визначити основні модулі та їх взаємодію.
5. Розробити модель даних та спроекувати базу даних для зберігання інформації про товари, користувачів та історію їх дій.
6. Реалізувати алгоритм рекомендацій на основі обраного підходу (наприклад, гібридна модель).
7. Розробити програмний прототип рекомендаційної системи та інтегрувати його в структуру онлайн-магазину.
8. Провести тестування та оцінювання ефективності рекомендаційної системи за відповідними метриками (точність, повнота, RMSE тощо).
9. Проаналізувати отримані результати та визначити перспективи подальшого вдосконалення системи.

Вхідні дані це про користувачів ID, профіль, категорії інтересів, дані про товари категорія, бренд, характеристики, ціна, історія переглядів товарів, історія покупок, рейтинги та відгуки користувачів, дані про пошукові запити.

Вихідні дані це список рекомендованих товарів для конкретного користувача, рейтинг релевантності рекомендацій, аналітичні звіти про популярність товарів, прогностні оцінки зацікавленості користувача.

Очікуваним результатом виконання бакалаврської роботи є створення програмного рішення, яке забезпечує автоматичне формування персоналізованих рекомендацій товарів для користувачів онлайн-магазину.

Реалізована система повинна підвищити швидкість пошуку потрібних товарів, покращити взаємодію клієнтів із платформою та сприяти збільшенню обсягів продажів.

Таким чином, сформульована постановка задачі визначає мету, об'єкт, предмет і ключові завдання розробки рекомендаційної системи для онлайн-магазину, що є актуальним напрямом у сфері комп'ютерних наук та електронної комерції.

Висновки до розділу 1

У першому розділі бакалаврської роботи було проведено аналіз предметної області електронної комерції та визначено особливості функціонування онлайн-магазинів у сучасних умовах. Встановлено, що стрімке зростання асортименту товарів і збільшення кількості користувачів призводять до проблеми інформаційного перевантаження, що ускладнює процес вибору продукції та негативно впливає на рівень продажів і задоволеність клієнтів.

Було розглянуто основні недоліки існуючих рекомендаційних систем, серед яких визначено проблему холодного старту, недостатню якість і неповноту даних, низьку адаптивність до зміни інтересів користувача, а також обмежену різноманітність рекомендацій через перевагу популярних товарів. Окрему увагу приділено питанням складності інтеграції рекомендаційних алгоритмів у структуру онлайн-магазину та необхідності забезпечення захисту персональних даних користувачів.

У межах розділу було сформовано концепцію рекомендаційної системи та проаналізовано три основні підходи: контентно-орієнтований метод, колаборативну фільтрацію та гібридну модель. На основі порівняльного аналізу встановлено, що гібридний підхід є найбільш ефективним для онлайн-магазину, оскільки поєднує переваги двох методів, підвищує точність рекомендацій та частково усуває проблему холодного старту.

Також було розглянуто математичне забезпечення розробки рекомендаційної системи, що включає використання матриці взаємодії

користувачів і товарів, методів обчислення подібності, прогнозування оцінок та застосування метрик оцінювання якості рекомендацій. У результаті сформовано постановку задачі, визначено мету, об'єкт і предмет дослідження, а також основні завдання, необхідні для реалізації рекомендаційної системи.

У першому розділі обґрунтовано актуальність теми бакалаврської роботи та визначено теоретичну основу для подальшого проектування й реалізації рекомендаційної системи для онлайн-магазину.

РОЗДІЛ 2. ПРОЄКТУВАННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ОНЛАЙН-МАГАЗИНУ

2.1 Загальносистемні рішення

Розробка рекомендаційної системи для онлайн-магазину передбачає проєктування програмного рішення, яке забезпечує ефективне формування персоналізованих рекомендацій товарів для користувачів. Загальносистемні рішення визначають основні принципи побудови системи, її структуру, функціональні модулі, склад учасників та взаємодію компонентів. Правильне визначення загальносистемних рішень дозволяє забезпечити масштабованість, продуктивність, надійність та можливість інтеграції рекомендаційного модуля в існуючу інфраструктуру онлайн-магазину.

Основною метою системи є автоматичне формування рекомендацій на основі аналізу даних про користувачів, їх дії на сайті та характеристики товарів. Рекомендаційна система повинна працювати у режимі реального часу або з мінімальною затримкою, щоб користувач отримував актуальні пропозиції під час перегляду каталогу чи оформлення замовлення.

Функціональні можливості рекомендаційної системи включають:

- збір даних про користувачів (реєстраційні дані, історія переглядів, покупок, рейтинги);
- зберігання даних про товари (категорії, ціни, характеристики, бренд, наявність);
- обробку поведінкових даних користувачів;
- формування рекомендаційних списків (Top-N рекомендації);
- формування рекомендацій за різними сценаріями (схожі товари, популярні товари, персональні рекомендації);
- аналітику та оцінювання якості рекомендацій;
- адміністрування системи та керування даними.

Таким чином, система повинна забезпечувати як користувацькі функції персоналізацію, так і адміністративні, контроль та аналіз.

У рекомендаційній системі онлайн-магазину можна виділити такі ролі, див рисунок 2.1.

1. Клієнт – отримує персональні рекомендації товарів, переглядає пропозиції, додає товари до кошика, здійснює покупки.
2. Адміністратор магазину – керує каталогом товарів, контролює коректність роботи рекомендаційного модуля, аналізує статистику.
3. Аналітик/менеджер – переглядає звіти щодо ефективності рекомендацій, проводить оцінку конверсії та результативності.
4. Система рекомендацій, алгоритмічний модуль – виконує обробку даних та генерацію рекомендацій.

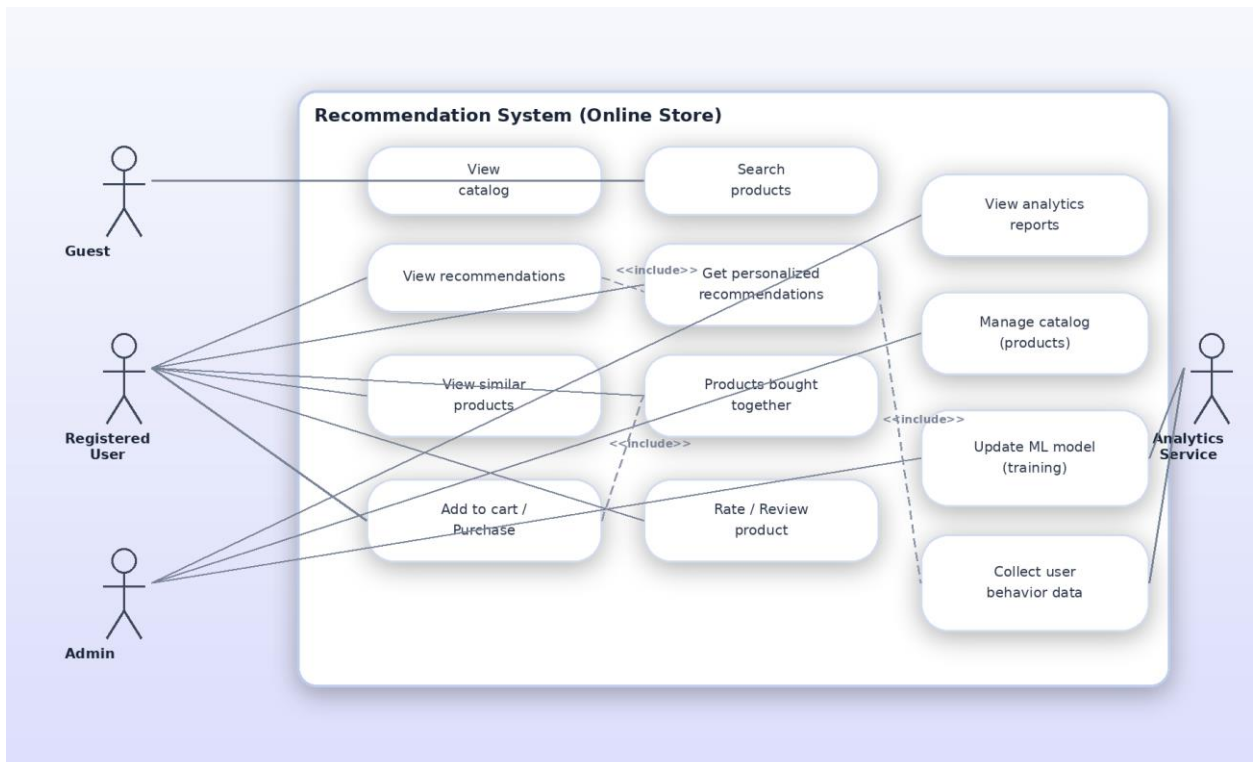


Рисунок 2.1 – Діаграма варіантів використання

Для забезпечення якісної роботи рекомендаційної системи необхідно враховувати загальні вимоги до програмного продукту.

Функціональні вимоги:

- формування персональних рекомендацій на основі історії взаємодії;
- підтримка рекомендацій для незареєстрованих користувачів (на основі популярності);

- відображення блоків рекомендацій на сторінці товару, головній сторінці, сторінці кошика;
- можливість оновлення рекомендацій у реальному часі;
- підтримка експорту аналітичних даних.

Нефункціональні вимоги:

- висока швидкість формування рекомендацій;
- масштабованість при збільшенні кількості користувачів і товарів;
- безпека та конфіденційність персональних даних;
- стійкість до збоїв та помилок;
- можливість інтеграції з базою даних та API магазину.

Рекомендаційна система може бути реалізована як окремий модуль, інтегрований у вебплатформу онлайн-магазину. У загальному вигляді система включає такі компоненти:

- інтерфейс користувача, Frontend – відображення рекомендацій на сторінках магазину;
- серверна частина, Backend – обробка запитів та взаємодія з базою даних;
- база даних – зберігання даних про користувачів, товари та їх взаємодію;
- аналітичний модуль – підготовка даних для навчання моделей;
- рекомендаційний модуль – алгоритми побудови рекомендацій (CF, Content-based, Hybrid);
- модуль адміністрування – перегляд статистики та керування системою.

Дана структура дозволяє відокремити рекомендаційний механізм від основної логіки онлайн-магазину, що полегшує підтримку та модернізацію системи.

У процесі функціонування рекомендаційної системи можна виділити типові сценарії:

- користувач відкриває головну сторінку магазину та отримує персональні рекомендації;
- користувач переглядає сторінку товару та отримує блок «Схожі товари»;
- користувач додає товар у кошик і система пропонує «Товари, які купують разом»;
- адміністратор переглядає аналітику щодо конверсії рекомендацій;
- система автоматично оновлює модель рекомендацій за накопиченими даними.

Для реалізації рекомендаційної системи доцільно використати сучасні вебтехнології та інструменти аналізу даних. Основні підходи до побудови рекомендацій можуть включати:

- використання алгоритмів колаборативної фільтрації (наприклад, ALS, KNN);
- застосування контентного аналізу на основі характеристик товарів;
- реалізація гібридного методу, що комбінує результати двох моделей.

Найбільш доцільним є використання гібридного підходу, оскільки він забезпечує кращу точність та адаптивність рекомендацій.

Загальносистемні рішення визначають основні принципи функціонування рекомендаційної системи для онлайн-магазину, включаючи її структуру, ролі користувачів, функціональні можливості та вимоги до продуктивності й безпеки. Запропонована концепція побудови системи у вигляді модульної архітектури забезпечує гнучкість, масштабованість та можливість інтеграції рекомендаційного механізму в існуючу інфраструктуру електронної комерції.

2.2 Архітектура розробки

Архітектура рекомендаційної системи для онлайн-магазину визначає структуру програмного забезпечення, взаємодію його компонентів, спосіб обробки даних та механізми формування рекомендацій. Правильно спроектована архітектура забезпечує ефективну роботу системи, масштабованість при збільшенні кількості користувачів і товарів, а також можливість інтеграції з існуючою платформою онлайн-магазину.

Рекомендаційна система є частиною інформаційної системи електронної комерції та функціонує як окремий модуль, що взаємодіє з базою даних магазину та вебінтерфейсом користувача. Основним призначенням системи є аналіз поведінкових даних користувачів, формування персоналізованих рекомендацій і надання їх у вигляді списків товарів на сторінках сайту.

Для реалізації рекомендаційної системи доцільно використовувати багаторівневу архітектуру, яка складається з таких рівнів:

- рівень представлення, Presentation Layer;
- рівень бізнес-логіки, Application Layer;
- рівень даних, Data Layer;
- аналітичний рівень, Analytics / ML Layer.

Такий підхід дозволяє розділити функціональні обов'язки між компонентами, забезпечити модульність та спростити підтримку і модернізацію системи.

Рівень представлення забезпечує взаємодію користувача з онлайн-магазином. На цьому рівні реалізовано відображення товарів, формування сторінок каталогу та показ рекомендаційних блоків.

До основних елементів інтерфейсу належать:

- блок «Рекомендовані товари» на головній сторінці;
- блок «Схожі товари» на сторінці товару;
- блок «Користувачі також купували» у кошику;
- персональні рекомендації у профілі користувача.

Frontend надсилає запити на сервер для отримання рекомендацій та відображає результати користувачу.

Backend є центральною частиною системи, що забезпечує обробку запитів користувачів, доступ до бази даних та взаємодію з рекомендаційним модулем. Саме на цьому рівні реалізуються алгоритми формування рекомендацій або викликаються відповідні сервіси.

Основні функції backend-рівня:

- обробка HTTP/REST запитів від клієнта;
- авторизація та автентифікація користувачів;
- управління товарами, категоріями, замовленнями;
- збереження історії взаємодій (перегляди, покупки, оцінки);
- передача даних у рекомендаційний модуль;
- повернення результатів рекомендацій на клієнтську частину.

Backend може бути реалізований із використанням сучасних вебфреймворків (наприклад, Django, Flask, Spring, Node.js).

Рівень даних забезпечує зберігання інформації, необхідної для функціонування онлайн-магазину та рекомендаційної системи. Для побудови рекомендацій використовуються як основні дані про товари та користувачів, так і поведінкові дані.

У базі даних зберігаються:

- дані про користувачів (профіль, роль, контактна інформація);
- каталог товарів (назва, опис, характеристики, ціна, категорія);
- замовлення та покупки;
- історія переглядів товарів;
- рейтинги та відгуки;
- результати рекомендацій та журнали роботи системи.

Залежно від обсягу даних може використовуватися реляційна база даних, MySQL, PostgreSQL або комбіноване рішення з використанням NoSQL, MongoDB, Elasticsearch для швидкого пошуку.

Аналітичний рівень відповідає за обробку даних та формування рекомендацій. Він включає модулі попередньої підготовки даних, навчання моделей машинного навчання та генерації рекомендацій.

Основні компоненти даного рівня:

- модуль збору даних це логування дій користувача;
- модуль підготовки даних, а саме очищення, нормалізація, агрегування;
- модуль навчання моделі, матрична факторизація або KNN;
- модуль прогнозування, а саме розрахунок рейтингу товарів для користувача;
- модуль формування списку рекомендацій Top-N.
- Рекомендаційний модуль може працювати у двох режимах:
 - онлайн-режим – рекомендації формуються у момент запиту користувача;
 - офлайн-режим – рекомендації попередньо обчислюються та зберігаються у базі.

Оптимальним є комбінований підхід, коли модель навчається офлайн, а видача рекомендацій виконується онлайн з використанням попередньо обчислених результатів.

Принцип роботи рекомендаційної системи полягає у наступному:

1. Користувач відвідує сайт онлайн-магазину та переглядає товари.
2. Дані про його взаємодію записуються у базу даних, а саме перегляд, додавання в кошик, покупка.
3. Backend надсилає запит до рекомендаційного модуля.
4. Рекомендаційний модуль обробляє дані, виконує прогнозування та формує список рекомендованих товарів.
5. Список рекомендацій повертається у backend.
6. Frontend відображає рекомендації на сторінці користувача.

Таким чином, система працює у режимі інтеграції між модулями електронної комерції та інтелектуальним аналітичним модулем.

Для забезпечення ефективної роботи рекомендаційної системи необхідно враховувати масштабованість. Основні рішення, що можуть застосовуватися:

- кешування результатів рекомендацій;
- асинхронна обробка;
- розподілене зберігання даних;
- використання контейнеризації;
- застосування хмарних сервісів для навчання моделей.

Такі підходи дозволяють зменшити навантаження на сервер і підвищити швидкодію системи.

Оскільки система працює з персональними даними користувачів, необхідно забезпечити захист інформації. Основні заходи безпеки:

- автентифікація та авторизація користувачів;
- шифрування паролів у базі даних;
- використання HTTPS для захищеної передачі даних;
- обмеження доступу до адміністративних функцій;
- резервне копіювання даних.

Архітектура рекомендаційної системи для онлайн-магазину базується на багаторівневому підході, який включає frontend, backend, рівень бази даних та аналітичний модуль рекомендацій. Запропонована архітектура забезпечує модульність, масштабованість та можливість інтеграції сучасних алгоритмів машинного навчання. Це дозволяє реалізувати ефективну систему персоналізації, що покращує користувацький досвід та сприяє підвищенню продажів в онлайн-магазині.

2.3 Взаємодія компонент інформаційної системи

Діаграма послідовності використовується для опису взаємодії між компонентами інформаційної системи у часовій послідовності. Вона демонструє порядок передачі повідомлень між об'єктами та модулями системи під час виконання конкретного сценарію. У даній бакалаврській

роботі діаграма послідовності використовується для моделювання процесу формування рекомендацій для користувача онлайн-магазину.

Основним сценарієм функціонування рекомендаційної системи є ситуація, коли користувач заходить на сайт онлайн-магазину та переглядає сторінку товару або головну сторінку. У відповідь система повинна автоматично сформувати персоналізовані рекомендації, використовуючи історію взаємодії користувача з магазином та дані про товари.

У процесі формування рекомендацій беруть участь такі об'єкти (учасники):

- Користувач – ініціює запит на перегляд товару або сторінки рекомендацій.
- Веб-інтерфейс – відображає сторінки сайту та передає запити на сервер.
- Сервер онлайн-магазину – обробляє запити та координує взаємодію модулів.
- Рекомендаційний модуль – формує список рекомендованих товарів.
- База даних – зберігає інформацію про користувачів, товари та їх взаємодію.
- Аналітичний модуль – виконує обчислення прогнозів та визначає рейтинг релевантності.

Процес формування рекомендацій можна описати такими етапами:

1. Користувач відкриває сторінку товару або головну сторінку онлайн-магазину.
2. Frontend формує HTTP-запит до Backend для отримання персоналізованих рекомендацій.
3. Backend виконує перевірку користувача (авторизацію) та приймає запит.
4. Backend надсилає запит до бази даних для отримання даних про історію переглядів і покупок користувача.

5. База даних повертає відповідні дані (історія взаємодій).
6. Backend передає дані у Recommendation Engine.
7. Recommendation Engine звертається до ML-модуля або алгоритму рекомендацій для обчислення релевантності товарів.
8. ML-модуль формує прогнозовані оцінки та повертає рейтинг товарів.
9. Recommendation Engine відбирає Top-N товарів із найвищими показниками.
10. Backend отримує сформований список рекомендацій.
11. Backend повертає результат на Frontend.
12. Frontend відображає блок рекомендованих товарів користувачу.

Діаграма послідовності дозволяє:

- відобразити логіку взаємодії між модулями системи;
- показати, які саме запити передаються між компонентами;
- визначити точки звернення до бази даних та алгоритмічного модуля;
- виявити можливі затримки та критичні ділянки системи;
- обґрунтувати структуру архітектури рекомендаційної системи.

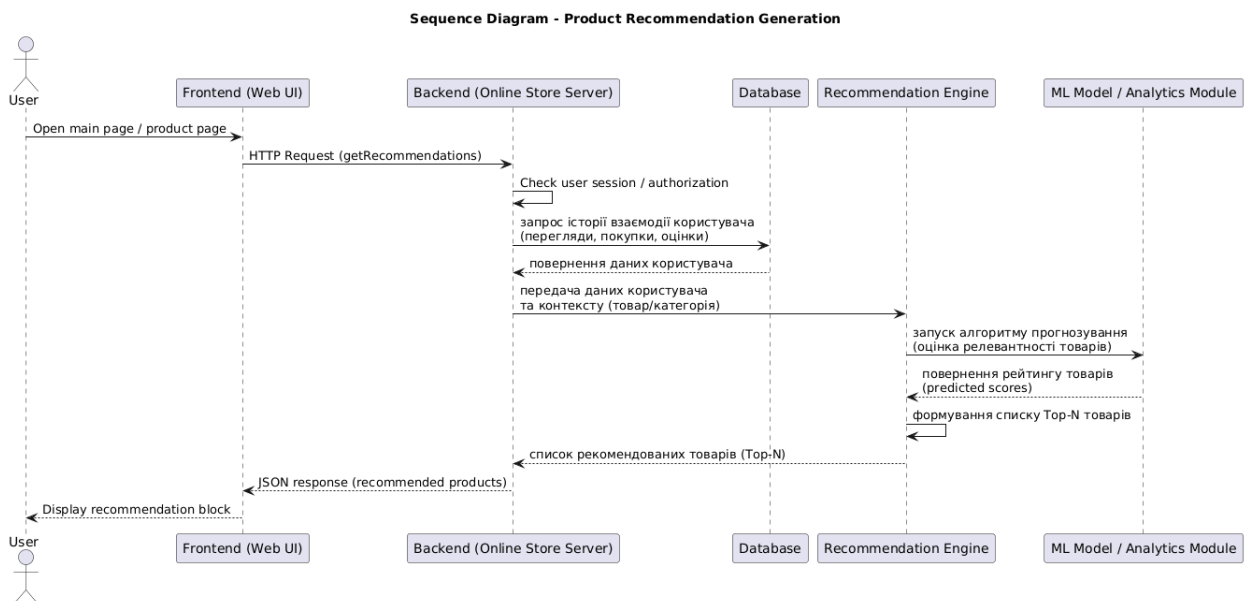


Рисунок 2.1 – Діаграма послідовності

Діаграма послідовності демонструє повний процес формування рекомендацій у системі онлайн-магазину: від моменту запиту користувача до отримання готового списку рекомендованих товарів. Даний процес включає звернення до бази даних, аналіз поведінки користувача та використання алгоритмів машинного навчання. Побудова такої діаграми є важливим етапом проєктування, оскільки дозволяє формалізувати взаємодію компонентів системи та забезпечити ефективну реалізацію рекомендаційного модуля.

2.4 Організація бази даних

Організація бази даних є одним із ключових етапів проєктування рекомендаційної системи для онлайн-магазину, оскільки саме база даних забезпечує зберігання та обробку інформації про користувачів, товари та їх взаємодію з торговою платформою. Для формування рекомендацій необхідно накопичувати та систематизувати дані, які надалі використовуються алгоритмами машинного навчання та методами аналізу поведінки користувачів.

База даних рекомендаційної системи повинна підтримувати швидкий доступ до інформації, бути масштабованою, забезпечувати цілісність даних та можливість подальшого розширення функціоналу. Основними вимогами до організації бази даних є збереження структурованих даних про товари, історію покупок, переглядів, рейтинги, відгуки та результати рекомендацій.

Під час розробки рекомендаційної системи для онлайн-магазину було виділено такі основні сутності, рисунок 2.2.

- Користувач – містить інформацію про клієнта магазину.
- Товар – описує товар, його характеристики та належність до категорії.
- Категорія – забезпечує групування товарів за типом.
- Замовлення – зберігає дані про покупку користувача.
- Позиція замовлення – містить перелік товарів у конкретному замовленні.
- Перегляд товару – фіксує факт перегляду товару користувачем.

- Оцінка товару – зберігає оцінку користувача щодо конкретного товару.
- Відгук – текстовий коментар користувача про товар.
- Рекомендація – таблиця для збереження сформованих рекомендацій.
- Логи дій – містить дані для аналітики поведінки користувачів.

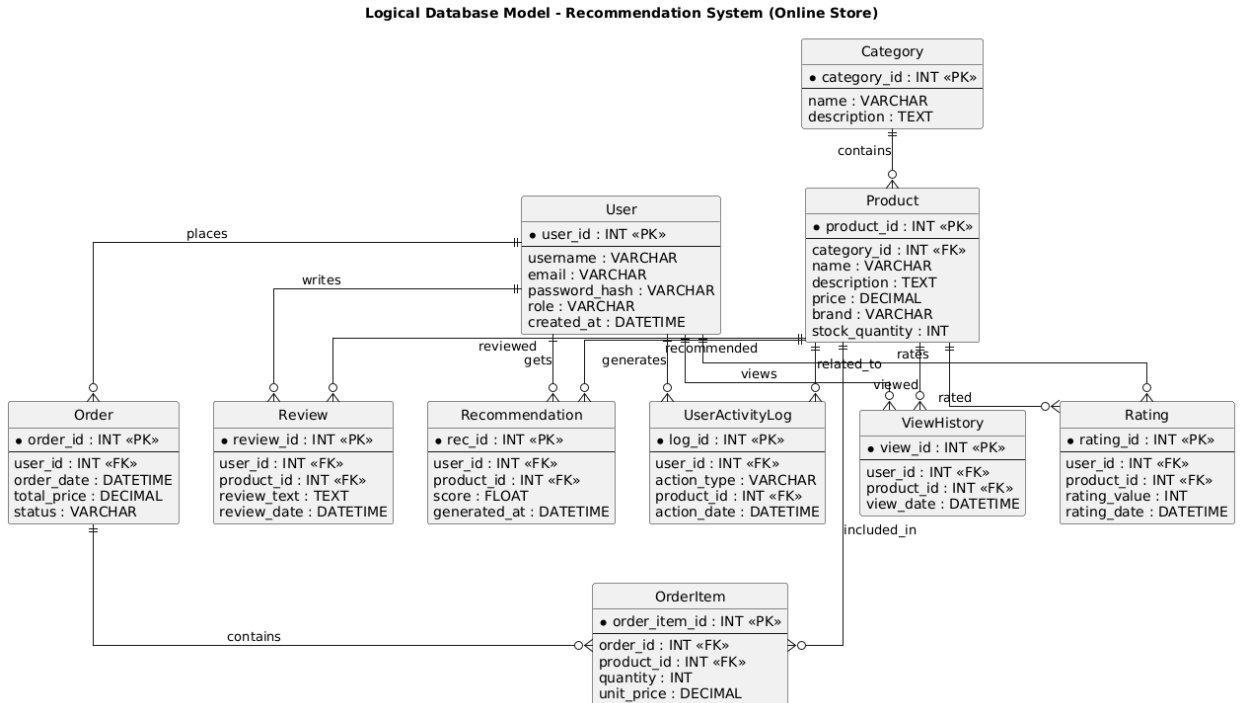


Рисунок 2.2 – ER – діаграма системи рекомендацій

Дані сутності забезпечують накопичення необхідної інформації для реалізації контентних, колаборативних та гібридних алгоритмів рекомендацій.

Логічна структура бази даних

База даних будується на основі реляційної моделі, де кожна сутність представлена окремою таблицею. Основними зв'язками між таблицями є:

- User – Order: один користувач може мати багато замовлень (зв'язок 1:M).
- Order – OrderItem: одне замовлення включає багато товарів (зв'язок 1:M).
- Product – Category: один товар належить одній категорії, але категорія може містити багато товарів (зв'язок 1:M).

- User – Rating – Product: користувач може оцінювати багато товарів, і товар може бути оцінений багатьма користувачами (зв'язок M:N через таблицю Rating).

- User – ViewHistory – Product: історія переглядів реалізується як зв'язок M:N через таблицю ViewHistory.

- User – Recommendation – Product: рекомендації формуються як зв'язок M:N через таблицю Recommendation.

Така структура дозволяє отримувати дані для алгоритмів рекомендацій та формувати матрицю взаємодій користувачів із товарами.

Організація даних для рекомендаційної системи

Для побудови рекомендаційної системи особливо важливими є поведінкові дані користувача. До таких даних належать перегляди товарів, додавання товарів у кошик, покупки, оцінки та відгуки.

Ці дані використовуються для формування матриці взаємодій (R), яка є основою колаборативної фільтрації. Крім того, характеристики товарів (категорія, бренд, ціна, опис) використовуються у контентно-орієнтованих методах.

Для оптимізації роботи алгоритмів у базі даних доцільно створювати індекси за такими полями, рисунок 2.3.

- user_id,
- product_id,
- category_id,
- order_date,
- rating_value.

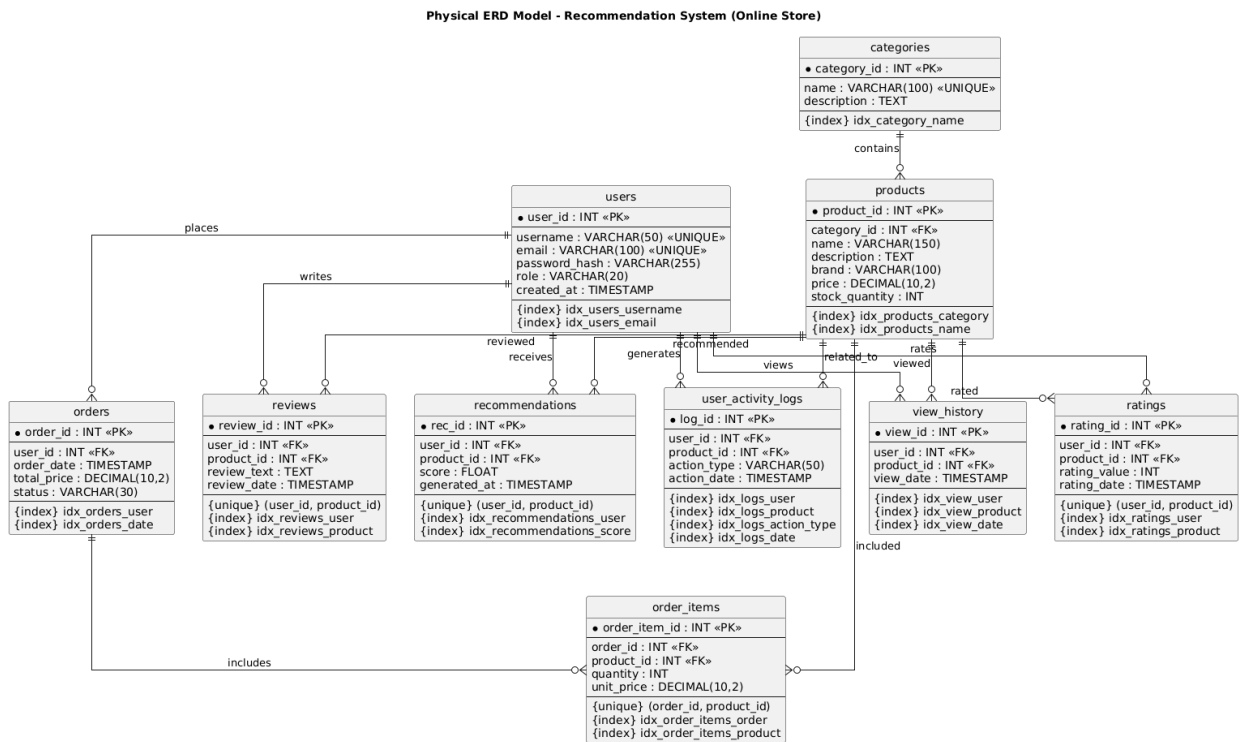


Рисунок 2.3 – Фізична модель даних

Це підвищує швидкість пошуку та агрегації даних.

Рекомендації можуть формуватися у режимі реального часу або заздалегідь. Для зменшення навантаження на сервер доцільно зберігати результати рекомендацій у таблиці Recommendation, яка містить ідентифікатор користувача, ідентифікатор рекомендованого товару, оцінку релевантності, дату генерації рекомендації.

Це дозволяє швидко відображати рекомендації користувачеві без повторного запуску складних обчислень.

Забезпечення цілісності та безпеки даних

Для гарантування коректності даних застосовуються механізми первинні ключі Primary Key, зовнішні ключі Foreign Key, обмеження унікальності (Unique), перевірки допустимих значень Check constraints.

З метою безпеки персональної інформації користувачів необхідно забезпечити зберігання паролів у зашифрованому вигляді hash, контроль доступу до таблиць адміністративного рівня, резервне копіювання бази даних, обмеження доступу до аналітичних даних.

Організація бази даних рекомендаційної системи для онлайн-магазину включає формування логічної структури сутностей, що забезпечують зберігання даних про користувачів, товари та історію взаємодії між ними. Запропонована модель бази даних дозволяє ефективно збирати поведінкову інформацію, формувати матрицю взаємодій та реалізовувати рекомендаційні алгоритми. Вона забезпечує можливість масштабування системи, швидкий доступ до даних та підтримку сучасних методів персоналізації в онлайн-комерції.

2.5 Діаграма станів системи

Діаграма станів є одним із важливих інструментів UML-моделювання, який використовується для опису поведінки системи або її окремих компонентів у процесі функціонування. Вона демонструє можливі стани об'єкта, умови переходів між ними та події, що спричиняють ці переходи. Для рекомендаційної системи онлайн-магазину діаграма станів дозволяє відобразити логіку роботи системи під час формування рекомендацій, обробки запитів користувача та оновлення моделі машинного навчання.

У даній бакалаврській роботі діаграма станів застосовується для моделювання поведінки рекомендаційного модуля, який переходить між станами залежно від дій користувача та необхідності виконання аналітичних обчислень.

Рекомендаційна система може перебувати у кількох основних станах, рисунок 2.4.

1. Очікування запиту, система знаходиться у стані готовності та очікує звернення користувача або внутрішнього процесу оновлення.
2. Отримання запиту користувача відбувається прийом запиту на отримання рекомендацій під час перегляду сторінки товару, каталогу або кошика.
3. Перевірка користувача це система визначає, чи є користувач авторизованим. Якщо користувач неавторизований, рекомендації формуються на основі популярних товарів або загальних тенденцій.

4. Збір даних про взаємодію показує що на цьому етапі система звертається до бази даних і отримує інформацію про історію переглядів, покупок, оцінок та інші дії користувача.

5. Обробка даних включає виконання підготовка даних для алгоритму рекомендацій: нормалізація, фільтрація, формування векторів взаємодії.

6. Генерація рекомендацій це коли система застосовує алгоритм рекомендацій в нашому випадку це гібридний, та обчислює рейтинг релевантності товарів.

7. Формування списку Top-N, з усіх товарів відбираються найбільш релевантні позиції, які потрапляють до фінального списку рекомендацій.

8. Надсилання результату користувачу, а саме сформований список рекомендацій повертається у вебінтерфейс та відображається користувачу.

9. За необхідності система зберігає сформовані рекомендації у базі даних або кеші для швидкого доступу.

10. Оновлення моделі відбувається у фоновому режимі та може виконуватись навчання або оновлення моделі машинного навчання на основі накопичених даних.

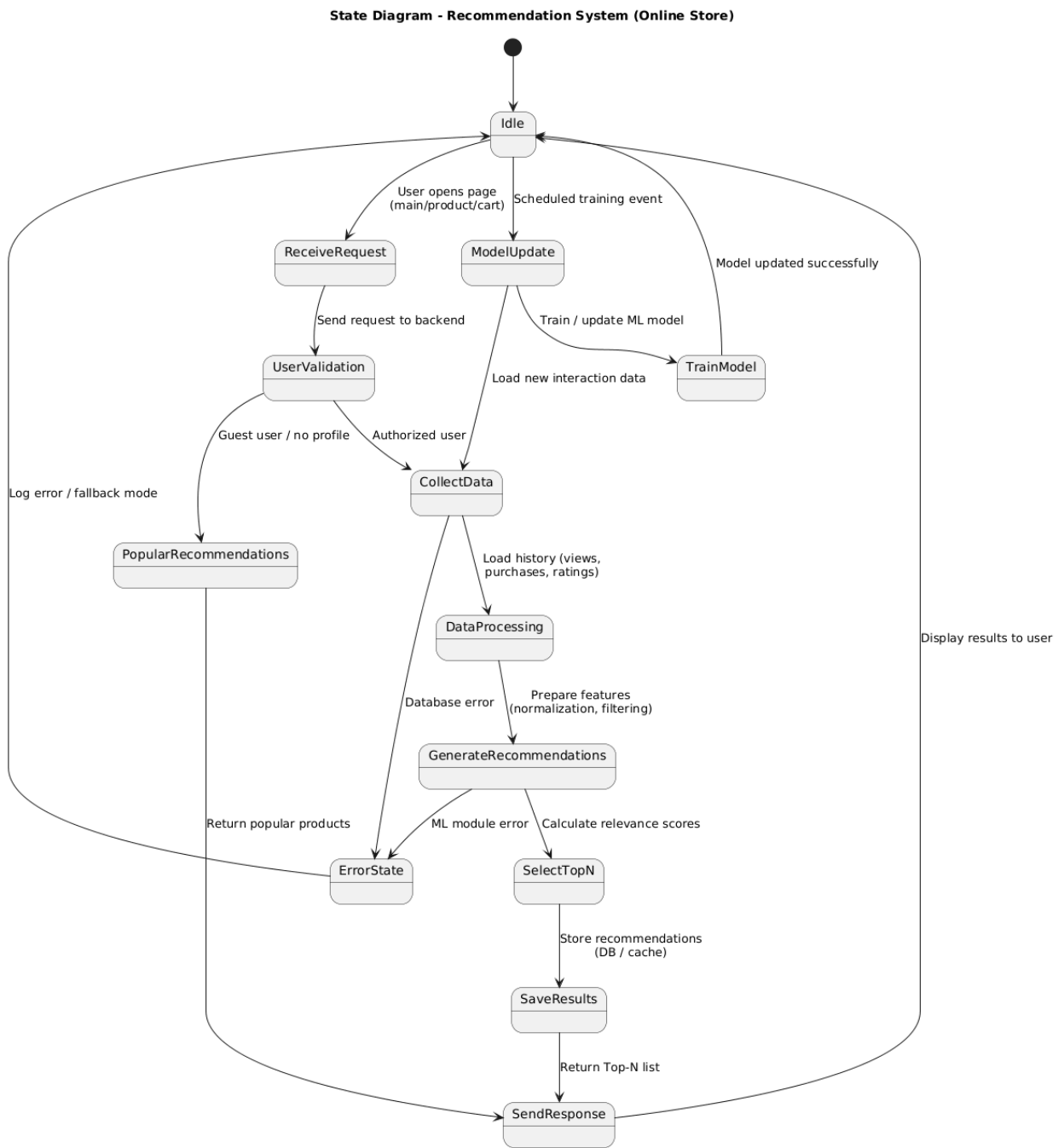


Рисунок 2.4 – Діаграма станів системи

Перехід між станами відбувається у відповідь на певні події.

1. Відкриття сторінки товару або каталогу → запуск запиту на рекомендації.
2. Успішна авторизація → перехід до персоналізованих рекомендацій.
3. Відсутність даних (новий користувач) → формування популярних рекомендацій.
4. Завершення обчислення рекомендацій → повернення результатів.

5. Накопичення достатнього обсягу даних → запуск навчання моделі.

Таким чином, система має як активні стани взаємодії з користувачем, так і фонові стани оновлення алгоритмів.

Діаграма станів дозволяє

- описати поведінку рекомендаційного модуля як послідовність переходів;
- виявити критичні точки, які впливають на швидкодію системи;
- передбачити обробку нестандартних ситуацій (відсутність даних, помилки БД);
- спроектувати механізм оновлення моделей машинного навчання без переривання роботи магазину.

Діаграма станів рекомендаційної системи онлайн-магазину відображає основні етапи роботи модуля рекомендацій: від моменту очікування запиту користувача до формування, збереження та відображення персоналізованих рекомендацій. Запропонована модель демонструє, що система працює циклічно, постійно накопичуючи дані, аналізуючи поведінку користувачів та вдосконалюючи результати рекомендацій за рахунок періодичного оновлення алгоритмів машинного навчання.

Висновки до розділу 2

У другому розділі бакалаврської роботи було виконано проектування рекомендаційної системи для онлайн-магазину та визначено основні принципи її побудови. Розглянуто загальносистемні рішення, які включають визначення ролей користувачів, основних функцій системи, вимог до її роботи та взаємодії між компонентами. Було встановлено, що рекомендаційна система повинна забезпечувати персоналізацію, високу швидкодію, масштабованість та можливість інтеграції з вебплатформою онлайн-магазину.

У межах розділу було розроблено архітектуру системи, яка базується на багаторівневому підході та включає клієнтську частину, серверну частину,

базу даних і аналітичний модуль. Така структура забезпечує модульність системи, спрощує підтримку та дозволяє впроваджувати алгоритми машинного навчання для формування рекомендацій.

Також було побудовано UML-діаграми, що відображають роботу системи: діаграму варіантів використання, яка демонструє основні сценарії взаємодії користувачів із системою, діаграму послідовності, яка описує процес формування рекомендацій, та діаграму станів, що показує зміну станів рекомендаційного модуля під час обробки запитів і оновлення моделей.

Окрему увагу приділено організації бази даних. Було визначено основні сутності системи (користувачі, товари, замовлення, перегляди, рейтинги, рекомендації), описано зв'язки між ними та розроблено логічну й фізичну моделі бази даних. Передбачено використання первинних і зовнішніх ключів, обмежень цілісності, індексів та унікальних обмежень для забезпечення коректного зберігання даних і підвищення швидкодії запитів.

Таким чином, у другому розділі було сформовано повне проєктне підґрунтя для реалізації рекомендаційної системи онлайн-магазину, що дозволяє перейти до етапу розробки програмного забезпечення та впровадження алгоритмів формування рекомендацій у наступних розділах роботи.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ОНЛАЙН-МАГАЗИНУ

3.1 Вимоги до програмного забезпечення розробки

Розробка рекомендаційної системи для онлайн-магазину потребує використання сучасних програмних засобів, які забезпечують реалізацію вебзастосунку, обробку даних, навчання рекомендаційних моделей та інтеграцію алгоритмів машинного навчання у структуру інформаційної системи. Вимоги до програмного забезпечення визначають набір технологій, платформ і інструментів, необхідних для створення, тестування та впровадження системи.

Програмне забезпечення для розробки повинно забезпечувати стабільність роботи, підтримку сучасних мов програмування, доступ до бібліотек для аналізу даних та можливість масштабування системи при збільшенні кількості користувачів і товарів.

Основні вимоги до програмного забезпечення

Для реалізації рекомендаційної системи онлайн-магазину необхідні такі програмні компоненти:

1. Операційна система

Розробка та тестування системи можуть виконуватись на сучасних операційних системах Windows 10/11, Linux Ubuntu 20.04+ або інші дистрибутиви, macOS.

Найбільш доцільним є використання Linux-середовища, оскільки воно широко застосовується для розгортання серверних вебзастосунків.

2. Мова програмування та середовище розробки

Основною мовою програмування для реалізації рекомендаційної системи доцільно обрати Python 3.10+. Python є оптимальним вибором, оскільки підтримує широкий набір бібліотек для аналізу даних і машинного навчання.

Середовища розробки Visual Studio Code, PyCharm, Jupyter Notebook для аналізу даних і тестування моделей.

3. Фреймворк для веброзробки (Backend)

Для реалізації серверної частини онлайн-магазину та рекомендаційного модуля можуть використовуватися такі фреймворки Django / Django REST Framework, Flask / FastAPI. FastAPI є ефективним рішенням для створення API завдяки високій продуктивності та зручності роботи з JSON-запитами.

4. Система керування базами даних DBMS

Для зберігання даних користувачів, товарів, замовлень і взаємодій необхідна реляційна СКБД. Рекомендовані варіанти PostgreSQL, MySQL

PostgreSQL є більш функціональною системою для аналітичних задач та роботи з великими даними.

Додатково для кешування рекомендацій доцільно використовувати Redis

5. Бібліотеки для машинного навчання та аналізу даних

Для реалізації алгоритмів рекомендацій необхідно використати бібліотеки:

- NumPy – обчислення та робота з масивами;
- Pandas – обробка табличних даних;
- Scikit-learn – реалізація моделей машинного навчання;
- Surprise / implicit – алгоритми колаборативної фільтрації (за потреби);
- SciPy – математичні обчислення;
- Matplotlib / Seaborn – побудова графіків і візуалізація результатів.

6. Інструменти для тестування та відлагодження

Для перевірки коректності роботи системи необхідно застосовувати:

- Postman – тестування API-запитів;
- pytest / unittest – модульне тестування;
- Swagger UI (у FastAPI) – автоматична документація API.

7. Засоби контролю версій та командної роботи

Для організації процесу розробки необхідно використовувати систему контролю версій:

- Git
- репозиторій GitHub / GitLab

Це дозволяє відстежувати зміни коду, працювати в команді та забезпечити надійність збереження проєкту.

8. Засоби розгортання та контейнеризації

Для впровадження системи та забезпечення її переносимості доцільно використовувати Docker, Docker Compose

Це дозволяє швидко розгортати систему на сервері та спрощує налаштування середовища.

Рекомендаційна система повинна мати можливість взаємодіяти з іншими компонентами онлайн-магазину через API. Основні вимоги:

- підтримка REST API;
- використання форматів JSON;
- можливість отримання списку рекомендацій за `user_id` або `product_id`;
- захищений доступ через токени (JWT або сесії).

Для розробки рекомендаційної системи онлайн-магазину необхідне програмне забезпечення, що включає сучасну операційну систему, мову програмування Python, вебфреймворк для створення серверної частини, СКБД для зберігання даних, бібліотеки машинного навчання для реалізації алгоритмів рекомендацій та інструменти для тестування і розгортання системи. Використання зазначених програмних засобів забезпечує ефективну реалізацію рекомендаційної системи, її масштабованість та можливість подальшого вдосконалення.

3.2 Вимоги до апаратного забезпечення розробки

Апаратне забезпечення відіграє важливу роль у процесі розробки рекомендаційної системи для онлайн-магазину, оскільки система повинна забезпечувати обробку значної кількості даних про користувачів, товари, покупки та перегляди. Крім того, реалізація алгоритмів машинного навчання

потребує додаткових обчислювальних ресурсів для навчання моделей та формування рекомендацій у реальному часі.

Вимоги до апаратного забезпечення визначають мінімальні та рекомендовані характеристики комп'ютерної техніки, необхідної для розробки, тестування та впровадження рекомендаційної системи.

Для виконання основних етапів розробки (програмування, робота з базою даних, тестування API, запуск локального сервера) необхідна робоча станція з такими характеристиками:

- Процесор Intel Core i3 / AMD Ryzen 3 (2–4 ядра, 2.0 ГГц і вище)
- Оперативна пам'ять 8 GB RAM
- Накопичувач 256 GB HDD/SSD рекомендовано SSD
- Відеокарта інтегрована або дискретна не критично
- Мережевий інтерфейс Ethernet/Wi-Fi з доступом до Інтернету
- Монітор мінімум 1366×768 рекомендовано Full HD

Такі характеристики дозволяють запускати локальний вебсервер, систему керування базами даних та середовище розробки.

Для більш комфортної роботи, запуску контейнерів Docker, виконання аналізу даних та навчання моделей машинного навчання рекомендовані наступні характеристики:

- Процесор: Intel Core i5/i7 або AMD Ryzen 5/7 (4–8 ядер, 3.0 ГГц і вище)
- Оперативна пам'ять: 16–32 GB RAM
- Накопичувач: 512 GB SSD або більше
- Відеокарта: NVIDIA GTX/RTX (за потреби прискорення ML-обчислень)
- Монітор: Full HD (1920×1080) або вище

Даний рівень обладнання дозволяє швидко обробляти великі набори даних, виконувати тестування моделей та одночасно працювати з кількома програмними середовищами.

Для розгортання рекомендаційної системи у робочому середовищі необхідно передбачити сервер, який забезпечуватиме обробку запитів користувачів онлайн-магазину, доступ до бази даних та генерацію рекомендацій.

Мінімальні серверні характеристики:

- Процесор 4 ядра Intel Xeon / AMD EPYC або аналог
- Оперативна пам'ять 8–16 GB RAM
- Накопичувач SSD 256–512 GB
- Мережа стабільне підключення з пропускнуою здатністю не менше 100 Мбіт/с
- ОС Linux Server (Ubuntu Server 20.04+)

Рекомендовані серверні характеристики:

- Процесор 8 ядер і більше
- Оперативна пам'ять 32 GB RAM і більше
- Накопичувач SSD 1 TB
- Резервне сховище HDD/SSD для backup
- Мережа: 1 Гбіт/с

У рекомендаційних системах навчання моделі може виконуватись окремо від основного сервера (у фоновому режимі або на спеціальному сервері). Якщо обсяг даних великий, необхідні ресурси:

- CPU 8–16 ядер
- RAM 32–64 GB
- GPU NVIDIA CUDA (за необхідності використання нейромережевих моделей)
- Storage SSD 1 TB для датасетів і моделей

Якщо система розробляється для середнього онлайн-магазину, навчання моделей може виконуватись на звичайному сервері або у хмарному середовищі AWS, Google Cloud, Azure.

Для забезпечення безперебійної роботи системи серверне обладнання повинно підтримувати можливість резервного копіювання даних. захист від

перебоїв живлення UPS. Системи моніторингу навантаження та використання ресурсів. Захист мережевого доступу Firewall.

Для розробки рекомендаційної системи онлайн-магазину достатньо стандартної робочої станції середнього рівня, однак для навчання моделей машинного навчання та обробки великих обсягів даних бажано використовувати потужніші обчислювальні ресурси. Для впровадження системи у реальне середовище необхідний сервер із достатньою кількістю оперативної пам'яті, високою швидкістю

3.3 Діаграма розгортання системи

Діаграма розгортання є важливим елементом UML-моделювання, який використовується для відображення фізичної структури програмної системи та розміщення її компонентів на апаратних ресурсах. Вона демонструє взаємозв'язок між програмними модулями, серверним обладнанням, базами даних та мережевими каналами зв'язку. Для рекомендаційної системи онлайн-магазину діаграма розгортання дозволяє визначити, на яких вузлах розміщуються основні елементи системи та яким чином вони взаємодіють у процесі роботи.

У даній бакалаврській роботі діаграма розгортання, рисунок 3.1, використовується для опису фізичної реалізації системи, яка включає клієнтську частину, сервер онлайн-магазину, модуль рекомендацій, базу даних та додаткові сервіси для аналітики і кешування.

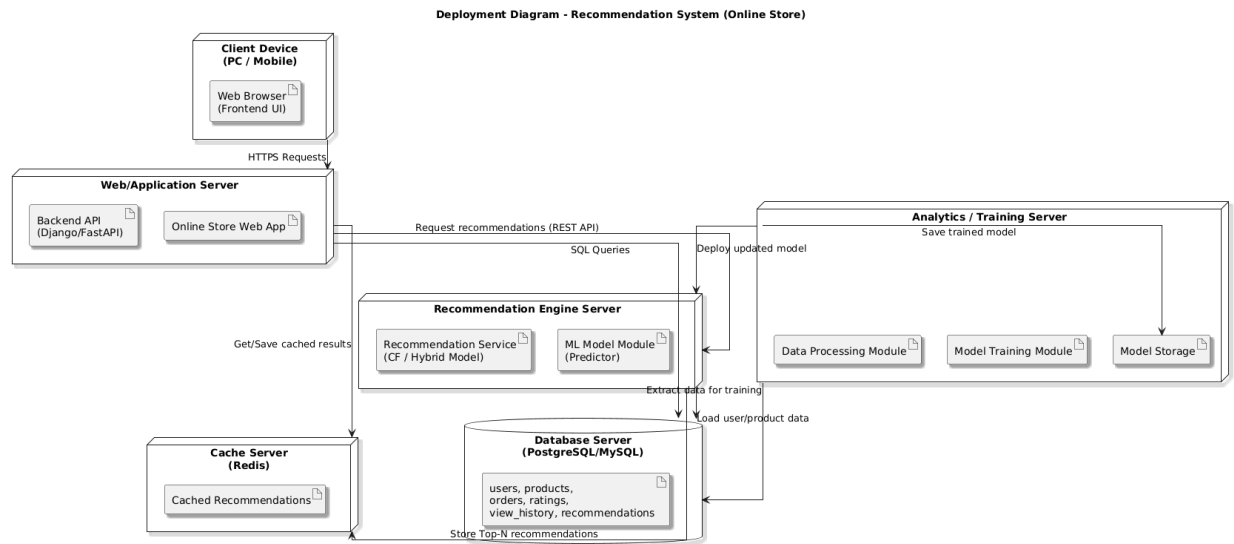


Рисунок 3.1 – Діаграма розгортання системи

Рекомендаційна система онлайн-магазину складається з декількох основних вузлів, кожен з яких виконує певні функції:

1. Клієнтський пристрій

Клієнтський пристрій включає комп'ютер, ноутбук або мобільний телефон користувача, через який здійснюється доступ до онлайн-магазину. На цьому вузлі функціонує веббраузер, що забезпечує відображення сторінок магазину та взаємодію з сервером.

2. Вебсервер / Сервер застосунку Web/Application Server

На сервері застосунку розгортається backend частина онлайн-магазину, яка забезпечує:

- обробку HTTP-запитів;
- взаємодію з базою даних;
- формування замовлень;
- передачу даних до рекомендаційного модуля;
- повернення результатів рекомендацій користувачеві.

3. Рекомендаційний модуль

Рекомендаційний модуль може бути розгорнутий як окремий сервіс або як частина backend. Його функціями є аналіз даних про взаємодію користувача. Застосування алгоритмів машинного навчання. Формування

списку рекомендованих товарів Top-N. Передача результатів на сервер застосунку.

4. Сервер бази даних

На даному вузлі розміщується СКБД PostgreSQL або MySQL, що зберігає інформацію про користувачів, товари, замовлення, рейтинги, історію переглядів та сформовані рекомендації.

5. Кеш-сервер

Для підвищення продуктивності системи може бути використаний кеш-сервер Redis, який дозволяє зберігати готові рекомендації та часто використовувані дані. Це зменшує навантаження на базу даних та скорочує час відповіді.

6. Аналітичний сервер / ML сервер

Для навчання та оновлення моделей рекомендацій може використовуватись окремий сервер, який виконує збір статистики та даних поведінки користувачів, навчання моделей машинного навчання, збереження параметрів моделей, періодичне оновлення рекомендаційного модуля.

Принцип взаємодії компонентів системи можна описати наступним чином:

1. Користувач через браузер надсилає запит на сервер онлайн-магазину.
2. Сервер застосунку обробляє запит та звертається до бази даних для отримання інформації про товари або історію користувача.
3. Для формування рекомендацій сервер застосунку звертається до рекомендаційного сервісу.
4. Рекомендаційний сервіс може отримувати дані з бази даних або кешу та виконувати алгоритми прогнозування.
5. Сформовані рекомендації повертаються на сервер застосунку, а потім відображаються користувачу.
6. Аналітичний сервер періодично оновлює моделі машинного навчання та передає їх до рекомендаційного модуля.

Діаграма розгортання дозволяє визначити фізичне розміщення компонентів системи, описати архітектуру взаємодії між серверами та клієнтами, обґрунтувати використання додаткових сервісів кешування, аналітика, оцінити масштабованість та продуктивність системи, визначити потенційні точки відмови та способи підвищення надійності.

Діаграма розгортання рекомендаційної системи для онлайн-магазину відображає фізичну структуру реалізації програмного забезпечення. Система складається з клієнтського рівня, сервера застосунку, рекомендаційного сервісу, бази даних та допоміжних сервісів кешування й аналітики. Запропонована схема розгортання забезпечує ефективну роботу системи, можливість масштабування, підвищення продуктивності та підтримку навчання моделей машинного навчання для формування персоналізованих рекомендацій.

Висновки до розділу 3

У третьому розділі бакалаврської роботи було визначено основні вимоги до програмного та апаратного забезпечення, необхідного для розробки і впровадження рекомендаційної системи для онлайн-магазину. Встановлено, що для реалізації системи доцільно використовувати сучасні програмні засоби, зокрема мову програмування Python, вебфреймворки для створення серверної частини, систему керування базами даних PostgreSQL або MySQL, а також бібліотеки машинного навчання для реалізації рекомендаційних алгоритмів.

Було сформовано вимоги до апаратного забезпечення, що включають мінімальні та рекомендовані характеристики робочої станції розробника і серверного обладнання. Зазначено, що при роботі з великими обсягами даних та навчанні моделей машинного навчання необхідні додаткові ресурси процесора, оперативної пам'яті та швидкісного накопичувача, а за потреби — використання графічного прискорювача.

Також у межах розділу було розглянуто діаграму розгортання системи, яка відображає фізичну структуру рекомендаційної системи та розміщення її

компонентів на апаратних вузлах. Описано взаємодію між клієнтським пристроєм, сервером застосунку, рекомендаційним модулем, сервером бази даних, кеш-сервером і аналітичним сервером для навчання моделей. Запропонована модель розгортання забезпечує продуктивність, масштабованість та можливість ефективної інтеграції рекомендаційного сервісу в онлайн-магазин.

Таким чином, у третьому розділі визначено технічну основу для реалізації рекомендаційної системи, що дозволяє забезпечити стабільну роботу програмного продукту, його ефективне функціонування у реальному середовищі та можливість подальшого розвитку й модернізації.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Аналіз умов праці розробника програмного забезпечення

Розробка рекомендаційної системи для онлайн-магазину здійснюється із застосуванням комп'ютерної техніки та сучасних інформаційних технологій. Робоче місце розробника належить до категорії робіт, пов'язаних з обробкою інформації за допомогою персонального комп'ютера. Основними завданнями працівника є програмування, проектування баз даних, тестування програмного забезпечення та аналіз даних.

Під час виконання робіт можуть виникати такі шкідливі та небезпечні фактори:

- тривала робота за комп'ютером;
- підвищене навантаження на органи зору;
- статичне навантаження на м'язи спини та шиї;
- психоемоційне навантаження;
- недостатнє або надмірне освітлення;
- ризик ураження електричним струмом;
- можливість виникнення пожежі через несправність електрообладнання.

Для забезпечення безпечних умов праці необхідно дотримуватися вимог чинного законодавства України у сфері охорони праці та правил експлуатації комп'ютерної техніки.

4.2 Організація робочого місця

Робоче місце розробника повинно відповідати ергономічним вимогам і забезпечувати комфортну роботу протягом робочого дня.

Основні вимоги:

- площа робочого місця повинна становити не менше 6 м²;
- відстань від очей до монітора — 50–70 см;
- верхній край монітора має знаходитися на рівні очей;

- клавіатура повинна розташовуватися на відстані 10–30 см від краю столу;
- робоче крісло повинно мати регулювання висоти сидіння та кута нахилу спинки;
- поверхня столу повинна забезпечувати зручне розміщення обладнання.

Організація робочого місця повинна мінімізувати фізичне навантаження та сприяти підтриманню правильної постави працівника.

4.3 Вимоги до освітлення та мікроклімату

Для забезпечення комфортних умов праці необхідно підтримувати нормативні параметри освітлення та мікроклімату.

Рекомендовані параметри освітлення:

- освітленість робочої поверхні — 300–500 лк;
- використання природного та штучного освітлення;
- відсутність відблисків на екрані монітора.

Оптимальні параметри мікроклімату:

- температура повітря — 20–24 °С;
- відносна вологість — 40–60 %;
- швидкість руху повітря — до 0,2 м/с.

Для підтримання комфортного мікроклімату доцільно використовувати системи вентиляції та кондиціонування повітря.

4.4 Електробезпека

Під час роботи з комп'ютерною технікою необхідно дотримуватися правил електробезпеки.

Основними заходами є використання справного електрообладнання, наявність захисного заземлення, використання джерел безперебійного живлення, регулярна перевірка стану електромережі, заборона експлуатації пошкоджених кабелів і розеток.

Працівники повинні бути проінструктовані щодо правил поводження з електрообладнанням та дій у разі аварійної ситуації.

4.5 Пожежна безпека

Приміщення, де здійснюється розробка та експлуатація рекомендаційної системи, повинно відповідати вимогам пожежної безпеки.

Для запобігання пожежам необхідно:

- використовувати сертифіковане обладнання;
- не допускати перевантаження електромережі;
- забезпечити вільний доступ до евакуаційних виходів;
- обладнати приміщення засобами пожежогасіння;
- проводити регулярні перевірки технічного стану обладнання.

Для гасіння електрообладнання рекомендується використовувати вуглекислотні вогнегасники.

4.6 Заходи щодо збереження здоров'я працівників

Тривала робота за комп'ютером може негативно впливати на здоров'я працівників. Для профілактики професійних захворювань рекомендується:

- робити перерви через кожні 60 хвилин роботи;
- виконувати вправи для очей;
- проводити розминку для м'язів шиї та спини;
- дотримуватися режиму праці та відпочинку;
- використовувати ергономічні меблі.

Виконання зазначених рекомендацій сприяє підвищенню продуктивності праці та зменшенню ризику виникнення професійних захворювань.

Висновки до розділу 4

У даному розділі розглянуто основні аспекти охорони праці під час розробки та експлуатації рекомендаційної системи для онлайн-магазину. Проаналізовано потенційні небезпечні та шкідливі фактори, що можуть впливати на працівників під час роботи з комп'ютерною технікою. Визначено

вимоги до організації робочого місця, параметрів освітлення та мікроклімату, а також заходи з електро- та пожежної безпеки. Запропоновані рекомендації дозволяють створити безпечні та комфортні умови праці, сприяють збереженню здоров'я працівників і забезпечують ефективне виконання професійних обов'язків.

ВИСНОВКИ

У ході виконання бакалаврської роботи на тему «Розробка рекомендаційної системи для онлайн-магазину» було проведено дослідження сучасних підходів до персоналізації в електронній комерції та розглянуто можливості використання методів інтелектуального аналізу даних для підвищення ефективності продажів. Актуальність теми обумовлена необхідністю автоматизованого підбору товарів відповідно до інтересів користувачів, що дозволяє покращити взаємодію клієнта з онлайн-магазином та збільшити прибутковість бізнесу.

У першому розділі було виконано аналіз предметної області, визначено основні принципи функціонування рекомендаційних систем, досліджено їх види та методи формування рекомендацій. Встановлено, що найбільш ефективними для онлайн-магазинів є алгоритми колаборативної фільтрації, контентно-орієнтовані методи та гібридні моделі. Також було виявлено недоліки традиційних підходів до пошуку та підбору товарів, які не враховують індивідуальні вподобання користувачів та не забезпечують достатній рівень персоналізації.

У відповідності до *постановки задачі, підпункт 1.5*, у роботі було визначено та реалізовано основні завдання: сформовано вимоги до рекомендаційної системи, розроблено концепцію та обґрунтовано вибір архітектури, яка дозволяє інтегрувати модуль рекомендацій у структуру онлайн-магазину. Особливу увагу було приділено створенню логічної та фізичної моделей бази даних, які забезпечують збереження інформації про товари, користувачів, історію переглядів, покупки, рейтинги та результати рекомендацій.

У другому розділі було спроектовано архітектуру системи, визначено основні програмні модулі та їх функції. Розроблено UML-діаграми (діаграму варіантів використання, діаграму послідовності, діаграму станів), що формалізують логіку взаємодії користувача з системою та процес формування рекомендацій. Також було описано структуру бази даних,

визначено ключові сутності та зв'язки між ними, що створило основу для реалізації системи.

У третьому розділі сформовано вимоги до програмного та апаратного забезпечення, необхідного для розробки і впровадження рекомендаційної системи. Розглянуто технологічний стек, який дозволяє забезпечити стабільну роботу вебзастосунку, виконання обчислень та обробку даних. Побудовано діаграму розгортання системи, яка відображає фізичне розміщення компонентів та їх взаємодію у середовищі онлайн-магазину.

У результаті виконання роботи було розроблено проєкт рекомендаційної системи, що забезпечує автоматичне формування персоналізованих пропозицій товарів на основі аналізу поведінки користувача. Реалізація даної системи дозволяє підвищити зручність користування онлайн-магазином, скоротити час пошуку необхідних товарів, збільшити ймовірність здійснення покупки та покращити загальні показники продажів.

Таким чином, поставлену мету бакалаврської роботи досягнуто, а всі завдання, визначені у постановці задачі, виконано. Розроблена рекомендаційна система є перспективним рішенням для використання в електронній комерції та може бути вдосконалена шляхом впровадження більш складних алгоритмів машинного навчання, використання нейронних мереж, аналізу текстових відгуків та застосування Big Data-технологій для роботи з великими масивами даних.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Aggarwal, C. C. (2019). *Neural networks and deep learning: A textbook*. Springer.
2. Albon, C. (2020). *Machine learning with Python cookbook: Practical solutions from preprocessing to deep learning* (2nd ed.). O'Reilly Media.
3. Bozzon, A., Brambilla, M., Ceri, S., & Vesci, G. (2019). *Web information retrieval*. Springer.
4. Google. (2023). *Recommendation systems: Machine learning crash course*. Google Developers. <https://developers.google.com/machine-learning/recommendation>
5. He, X., Deng, K., Wang, X., Li, Y., Zhang, Y., & Wang, M. (2020). LightGCN: Simplifying and powering graph convolution network for recommendation. In *Proceedings of the 43rd International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval* (pp. 639–648). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3397271.3401063>
6. Jannach, D., Zanker, M., Felfernig, A., & Friedrich, G. (2021). *Recommender systems: An introduction* (2nd ed.). Cambridge University Press.
7. Kumar, V., & Reinartz, W. (2019). *Customer relationship management: Concept, strategy, and tools* (3rd ed.). Springer.
8. Liu, Q., Zeng, Y., Mokhosi, R., & Zhang, H. (2020). STAMP: Short-term attention/memory priority model for session-based recommendation. In *Proceedings of the 26th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery & Data Mining* (pp. 1831–1839). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3394486.3403205>
9. Ricci, F., Rokach, L., & Shapira, B. (Eds.). (2022). *Recommender systems handbook* (3rd ed.). Springer.
10. Zhang, S., Yao, L., Sun, A., & Tay, Y. (2019). Deep learning based recommender system: A survey and new perspectives. *ACM Computing Surveys*, 52(1), 1–38. <https://doi.org/10.1145/3285029>

ДОДАТОК А. - ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

1. Загальні відомості

Найменування програмного продукту

Рекомендаційна система для онлайн-магазину.

Підстава для розробки

Необхідність підвищення ефективності роботи онлайн-магазину шляхом впровадження інтелектуального механізму персоналізованого підбору товарів для користувачів.

Розробник здобувач спеціальності 122 «Комп'ютерні науки», Хіміон .

Замовник кафедра ІУСТ

Термін виконання у межах виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи, 2.02.26 по 15.06.26.

2. Призначення та мета розробки

Метою розробки є створення рекомендаційної системи для онлайн-магазину, яка забезпечить автоматичне формування персоналізованих рекомендацій товарів на основі аналізу історії переглядів, покупок та оцінок користувачів.

Призначення системи:

- підвищення якості користувацького досвіду;
- зменшення часу пошуку необхідних товарів;
- збільшення обсягу продажів через персоналізацію пропозицій.

3. Об'єкт автоматизації

Об'єктом автоматизації є процес підбору товарів для користувача онлайн-магазину з урахуванням його інтересів та попередньої активності.

Система має підтримувати автоматичне формування рекомендацій у таких випадках:

- перегляд головної сторінки;
- перегляд сторінки товару;
- перегляд кошика;
- перегляд профілю користувача.

4. Функціональні вимоги

4.1 Функції користувача (покупця)

Система повинна забезпечувати можливість:

- перегляду списку рекомендованих товарів;
- перегляду схожих товарів на сторінці продукту;
- отримання рекомендацій на основі історії переглядів та покупок;
- оцінювання товарів (рейтинги);
- написання відгуків.

4.2 Функції адміністратора

Адміністратор повинен мати можливість:

- керувати каталогом товарів;
- додавати, редагувати, видаляти товари та категорії;
- переглядати статистику взаємодії користувачів;
- запускати процес оновлення рекомендаційної моделі;
- переглядати результати роботи рекомендаційної системи.

4.3 Функції рекомендаційного модуля

Рекомендаційний модуль повинен виконувати:

- збір даних про поведінку користувачів (перегляди, покупки, оцінки);
- формування рекомендацій за алгоритмами колаборативної фільтрації або гібридними методами;
- ранжування товарів за рівнем релевантності;
- формування списку Top-N рекомендованих товарів;
- збереження результатів у базі даних або кеші.

5. Вимоги до інформаційного забезпечення

Система повинна використовувати базу даних для зберігання таких даних:

- інформація про користувачів;
- дані про товари, категорії та характеристики;
- історія переглядів;

- історія покупок (замовлення);
- рейтинги та відгуки;
- сформовані рекомендації;
- логи активності користувачів.

Основні сутності бази даних:

- users;
- products;
- categories;
- orders;
- order_items;
- view_history;
- ratings;
- reviews;
- recommendations;
- user_activity_logs.

6. Вимоги до програмного забезпечення

6.1 Вимоги до серверної частини

- мова програмування: Python;
- вебфреймворк: Django / Flask / FastAPI;
- взаємодія через REST API;
- підтримка JSON-формату передачі даних.

6.2 Вимоги до клієнтської частини

- вебінтерфейс, що працює у сучасних браузерах;
- адаптивний дизайн для ПК і мобільних пристроїв.

6.3 Вимоги до бази даних

- СКБД: PostgreSQL або MySQL;
- підтримка індексів, зовнішніх ключів, обмежень цілісності.

6.4 Бібліотеки для ML

- NumPy;
- Pandas;

- Scikit-learn;
- Surprise або implicit (за потреби);
- Matplotlib.

7. Вимоги до апаратного забезпечення

7.1 Мінімальні вимоги (розробка)

- CPU 2–4 ядра;
- RAM 8 GB;
- SSD 256 GB.

7.2 Рекомендовані вимоги (розгортання)

- CPU 4–8 ядер;
- RAM 16–32 GB;
- SSD 512 GB–1 TB;
- мережеве з'єднання: від 100 Мбіт/с.

8. Вимоги до продуктивності

Система повинна забезпечувати:

- час відповіді на запит рекомендацій не більше 2 секунд;
- підтримку одночасної роботи не менше 100 активних користувачів (у тестовому середовищі);
- можливість масштабування системи при зростанні навантаження.

9. Вимоги до безпеки

Система повинна забезпечувати:

- автентифікацію та авторизацію користувачів;
- розмежування доступу за ролями (користувач/адміністратор);
- захист персональних даних;
- шифрування паролів у базі даних;
- використання HTTPS для передачі даних;
- ведення журналу подій (логування).

10. Вимоги до надійності

Система повинна:

- забезпечувати коректну роботу при помилках введення;

- виконувати резервне копіювання бази даних;
- підтримувати відновлення після збоїв;
- обробляти помилки з виведенням повідомлень у лог.

11. Вимоги до інтерфейсу користувача

Інтерфейс системи повинен:

- бути зрозумілим та зручним;
- містити блок рекомендацій на головній сторінці та сторінці товару;
- підтримувати пошук і фільтрацію товарів;
- відображати рейтинг та відгуки.

12. Вимоги до тестування

Система повинна пройти:

- модульне тестування (unit testing);
- інтеграційне тестування;
- тестування API через Postman;
- перевірку коректності формування рекомендацій.

13. Вимоги до документації

Розробник повинен підготувати:

- пояснювальну записку бакалаврської роботи;
- інструкцію користувача;
- опис структури бази даних;
- UML-діаграми (use case, sequence, state, deployment).

14. Очікувані результати

Результатом виконання технічного завдання є готова рекомендаційна система, що:

- інтегрується в онлайн-магазин;
- формує персоналізовані рекомендації;
- забезпечує збереження історії взаємодії користувача;
- підвищує ефективність продажів.

15. Стадії та етапи розробки

- Аналіз предметної області та визначення вимог.
- Проєктування архітектури системи.
- Проєктування бази даних.
- Реалізація серверної та клієнтської частини.
- Реалізація алгоритмів рекомендацій.
- Тестування та налагодження.
- Підготовка документації та оформлення результатів.

16. Порядок приймання роботи

Програмний продукт вважається прийнятим після:

- демонстрації роботи системи;
- перевірки формування рекомендацій;
- тестування функціоналу користувача та адміністратора;
- перевірки коректності роботи бази даних;
- підтвердження відповідності вимогам технічного завдання.

Розробник Хіміон В

Керівник Ворона М

Дата 3.02.2026

ДОДАТОК Б. - КЕРІВНИЦТВО КОРИСТУВАЧА

1. Загальні відомості

Дане керівництво користувача призначене для ознайомлення з функціональними можливостями рекомендаційної системи онлайн-магазину. Система забезпечує автоматичне формування персоналізованих рекомендацій товарів на основі історії переглядів, покупок та оцінок користувачів.

Рекомендаційна система інтегрована в онлайн-магазин та працює у фоновому режимі, аналізуючи поведінку користувачів і пропонуючи найбільш релевантні товари.

2. Призначення системи

Рекомендаційна система призначена для:

- автоматичного підбору товарів для користувача;
- підвищення зручності користування онлайн-магазином;
- скорочення часу пошуку необхідних товарів;
- збільшення ймовірності здійснення покупки.

3. Мінімальні вимоги для роботи

Для роботи з системою необхідно:

- пристрій (ПК, ноутбук, смартфон);
- веббраузер (Google Chrome, Mozilla Firefox, Microsoft Edge);
- доступ до мережі Інтернет.

4. Вхід до системи

4.1 Вхід для зареєстрованого користувача

Для входу необхідно виконати такі дії:

1. Відкрити сайт онлайн-магазину.
2. Натиснути кнопку «Увійти».
3. Ввести логін (або email) та пароль.
4. Натиснути кнопку «Увійти».

Після успішної авторизації користувач отримує доступ до персоналізованих рекомендацій.

4.2 Вхід для гостя

Користувач може переглядати товари без реєстрації. У цьому випадку система формує рекомендації на основі популярних товарів та загальних тенденцій.

5. Основні функції для користувача

5.1 Перегляд каталогу товарів

Користувач може:

- переглядати категорії товарів;
- використовувати пошук;
- застосовувати фільтри (ціна, бренд, рейтинг);
- відкривати сторінки окремих товарів.

5.2 Отримання рекомендацій на головній сторінці

На головній сторінці онлайн-магазину відображається блок «Рекомендовані товари», який формується автоматично.

Для зареєстрованих користувачів рекомендації є персоналізованими. Для гостей система пропонує популярні товари.

5.3 Перегляд рекомендацій на сторінці товару

Під час перегляду конкретного товару система відображає:

- «Схожі товари» – товари з подібними характеристиками;
- «Користувачі також купували» – товари, які часто купують разом.

5.4 Додавання товарів до кошика

Для додавання товару у кошик потрібно:

1. Відкрити сторінку товару.
2. Натиснути кнопку «Додати до кошика».
3. Перейти у розділ «Кошик».

Система може запропонувати товари, які доповнюють вибір користувача.

5.5 Оформлення замовлення

Для оформлення замовлення необхідно:

1. Перейти у кошик.

2. Перевірити список товарів.
3. Натиснути кнопку «Оформити замовлення».
4. Ввести контактні дані та адресу доставки.
5. Підтвердити замовлення.

Після покупки інформація про замовлення зберігається у системі та використовується для формування майбутніх рекомендацій.

5.6 Оцінювання та відгуки

Користувач може залишати оцінку та відгук:

1. Відкрити сторінку товару.
2. Вибрати рейтинг (1–5 зірок).
3. Ввести текстовий відгук.
4. Натиснути кнопку «Надіслати».

Оцінки та відгуки використовуються системою для покращення рекомендацій.

6. Персональний кабінет користувача

У персональному кабінеті користувач може:

- переглядати історію замовлень;
- змінювати особисті дані;
- переглядати персональні рекомендації;
- бачити список улюблених товарів (за наявності функції).

7. Робота рекомендаційної системи

Рекомендаційна система працює автоматично та аналізує:

- історію переглядів товарів;
- історію покупок;
- оцінки та відгуки;
- популярність товарів серед інших користувачів.

На основі аналізу система формує список рекомендованих товарів (Top-N) та оновлює його періодично або під час активності користувача.

8. Функції адміністратора

Адміністратор має доступ до панелі керування системою.

8.1 Вхід адміністратора

Для входу в адміністративну панель потрібно:

1. Ввести логін і пароль адміністратора.
2. Перейти до розділу «Адмін-панель».

8.2 Управління товарами

Адміністратор може:

- додавати нові товари;
- редагувати опис, ціну, кількість на складі;
- видаляти товари;
- керувати категоріями.

8.3 Перегляд статистики

Адміністратор може переглядати:

- кількість замовлень;
- популярні товари;
- активність користувачів;
- ефективність рекомендацій (за кількістю переходів).

8.4 Оновлення моделі рекомендацій

Адміністратор має можливість запускати процес оновлення рекомендаційної моделі, що забезпечує актуальність рекомендацій на основі нових даних.

9. Повідомлення про помилки

У разі виникнення помилки система може вивести повідомлення, наприклад:

- «Помилка з'єднання з сервером»
- «Неправильний логін або пароль»
- «Товар відсутній на складі»

При появі таких повідомлень рекомендується:

- перевірити інтернет-з'єднання;
- повторити дію пізніше;
- звернутися до адміністратора.

10. Завершення роботи

Для завершення роботи користувачеві необхідно натиснути кнопку «Вийти» у правому верхньому куті сторінки. Після виходу з системи персоналізовані рекомендації можуть бути недоступні до повторної авторизації.

Рекомендаційна система онлайн-магазину є інструментом персоналізації, який забезпечує зручний пошук товарів та автоматичний підбір продукції відповідно до інтересів користувача. Використання системи дозволяє підвищити ефективність покупок, скоротити час пошуку товарів і забезпечити покращений сервіс для клієнтів онлайн-магазину.

ДОДАТОК В. – ЕКРАННІ ФОРМИ РОЗРОБКИ

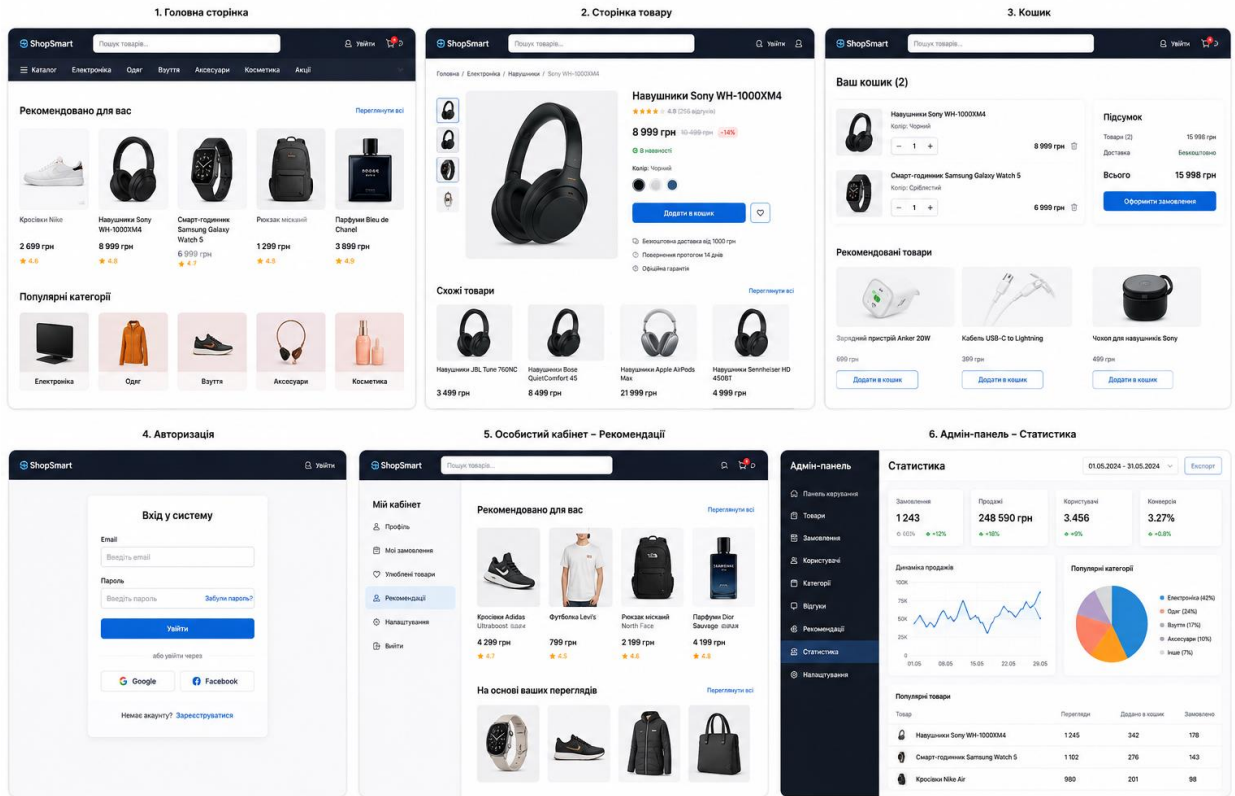


Рисунок В.1 – Екранні форми розробки