

Вінницький національний технічний університет
Факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії

Кафедра програмного забезпечення

Бакалаврська дипломна робота

на тему: Розробка рекомендаційної системи комп'ютерних компонентів

Виконав: студент IV курсу
групи 2ПІ-20Б
спеціальності

121 – Інженерія програмного забезпечення

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Карачинецький Максим Сергійович

(прізвище та ініціали)

Керівник: д.т.н., проф. каф. ПЗ Ліщинська Л.Б.

(прізвище та ініціали)

Рецензент: к.т.н., доц. каф. ОТ Колесник І.С.

(прізвище та ініціали)

Допущено до захисту

Зав. кафедри ПЗ Романюк О.Н.

«10» червня 2024 р.

Вінницький національний технічний університет
Факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії
Кафедра програмного забезпечення
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Галузь знань 12 «Інформаційні технології»
Спеціальність 121 «Інженерія програмного забезпечення»
Освітньо-професійна програма «Інженерія програмного забезпечення»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ПЗ
О. Н. Романюк
«12» березня 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Карачинецькому Максиму Сергійовичу

1. Тема роботи – Розробка рекомендаційної системи комп'ютерних компонентів.

Керівник роботи: Ліщинська Людмила Броніславівна, д.т.н. професор кафедри ПЗ, затверджені наказом вищого навчального закладу від 11 березня 2024 р. № 80.

2. Строк подання студентом роботи 3 червня 2024.

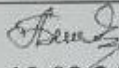
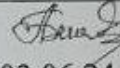
3. Вихідні дані до роботи: середовище розробки Visual Studio, мова розробки Ruby, мова розмітки HTML, бібліотека React.js, бібліотека Ruby on Rails. Бібліотека ROOM, архітектурний патерн MVVM.

4. Зміст текстової частини: вступ, аналіз розвитку технологій аналізу, порівняльний аналіз аналогів, аналіз методів розв'язання задачі, постановка задач дипломної роботи, розробка моделі та алгоритмів; тестування; розробка інструкції користувача; висновки; список використаних джерел; додатки.

5. Перелік ілюстративного матеріалу: титульний слайд; мета, об'єкт та предмет дослідження, загальний огляд проблеми; аналіз сучасних підходів;

методи і технології; інтерфейс користувача; модель і алгоритми; тестування; практична цінність; апробація та публікації результатів роботи; висновки

6. Консультанти розділів роботи

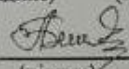
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1-4	Ліщинська Л.Б., д.т.н., професор кафедри ПЗ	 13.03.24	 03.06.24

7. Дата видачі завдання 13 березня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів бакалаврської дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз стану технологій для бізнес-аналітики	13.03.24 – 25.03.24	Виконано
2	Порівняльний аналіз аналогів	01.04.24 – 20.04.24	Виконано
3	Аналіз методів розв'язання задачі	21.04.24 – 30.04.24	Виконано
4	Варіантний аналіз і обґрунтування вибору засобів для реалізації програмних засобів	01.04.24 – 07.04.24	Виконано
5	Розробка модуля для ведення бізнес-аналітики	07.05.24 – 09.05.24	Виконано
6	Розробка модуля візуалізації даних бізнес-аналітики	10.05.24 – 25.05.24	Виконано
7	Тестування	26.05.24 – 29.05.24	Виконано
8	Оформлення матеріалів до захисту БДР	30.05.24 – 03.06.24	Виконано

Студент  М. С. Карачинецький
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник бакалаврської дипломної роботи  Л. Б. Ліщинська
(підпис) (ініціали та прізвище)

Анотація

УДК 004.912.032.26

Карачинецький М.С. Розробка рекомендаційної системи комп'ютерних компонентів: бакалаврська дипломна робота зі спеціальності 121 – Інженерія програмного забезпечення, освітня програма – інженерія програмного забезпечення. Вінниця: ВНТУ, 2024. 53 с.

На укр. мові. Бібліогр. назв: 20; рис. : 3; табл. 1.

Дана робота присвячена розробці рекомендаційної системи для підбору оптимальної конфігурації комп'ютерних комплектуючих. В умовах широкого вибору комп'ютерних деталей та складності їх сумісності, актуальною є задача створення зручних інструментів, які б допомагали користувачам обирати найбільш підходящі компоненти.

У роботі проведено аналіз існуючих рішень в галузі рекомендаційних систем для комп'ютерних комплектуючих. Визначено основні вимоги до розроблюваної системи, зокрема, необхідність врахування технічних характеристик елементів, їх сумісності, а також переваг і вподобань користувачів.

Розроблено концепцію та математичну модель рекомендаційної системи, що базується на методах колаборативної фільтрації та аналізу контенту. Запропоновано алгоритми формування рекомендацій, які дозволяють надавати персоналізовані поради щодо комплектації комп'ютера. Також описано методи налаштування та вдосконалення цих алгоритмів для підвищення їх ефективності.

Розроблене програмне забезпечення може бути впроваджено інтернет-магазинами, технічними форумами та іншими зацікавленими сторонами для надання персоналізованих рекомендацій при підборі оптимальної конфігурації комп'ютерних компонентів.

Ключові слова: комп'ютерні комплектуючі, підбір конфігурації, колаборативна фільтрація, аналіз контенту, персоналізація рекомендацій,

програмна реалізація, веб-технології, гнучкість та масштабованість, тестування ефективності.

Annotation

UDC 004.912.032.26

Karachynetskyi M.S. Development of recommendation system of computer components: bachelor's thesis on the specialty 121 - software engineering, educational program - software engineering. Vinnytsia: VNTU, 2024. 53 p.

In Ukrainian languages Bibliogr. titles: 20; Fig. : 3; table 1.

This research is devoted to the development of a recommender system for selecting the optimal configuration of computer components. Given the wide choice of computer parts and the complexity of their compatibility, the task of creating convenient tools that would help users choose the most suitable components is relevant.

The paper analyses existing solutions in the field of recommender systems for computer components. The fundamental requirements for the system under development have been identified, namely the necessity to consider the technical characteristics of the components, their compatibility, as well as the preferences and preferences of users.

The concept and mathematical model of a recommender system based on the methods of collaborative filtering and content analysis have been developed. Algorithms for generating recommendations have been proposed, which allow the provision of personalised advice on computer equipment. Methods of tuning and improving these algorithms to increase their efficiency have also been described.

The developed software can be implemented by online stores, technical forums, and other stakeholders to provide personalised recommendations when selecting the optimal configuration of computer components.

Keywords: computer components, configuration selection, collaborative filtering, content analysis, personalisation of recommendations, software implementation, web technologies, flexibility and scalability, performance testing.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ.....	7
1.1 Огляд ринку комп'ютерних компонентів та особливостей вибору оптимальних конфігурацій.....	7
1.2 Дослідження існуючих рекомендаційних систем в сфері ІТ-обладнання ..	10
1.3. Виявлення переваг та недоліків наявних рішень.....	13
1.4 Висновки	16
РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ.....	17
2.1. Розробка концепції рекомендаційної системи для ІТ-обладнання	17
2.2. Розробка математичної моделі рекомендаційної системи.....	21
2.3. Методи формування рекомендацій	23
2.4 Модифікація та вдосконалення методів рекомендації	28
2.5 Висновки	34
РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ РЕКОМЕНДАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ....	36
3.1. Вибір засобів розробки	36
3.2. Архітектурне проектування системи	40
3.3. Реалізація основних функціональних модулів.....	45
3.4. Висновки	51
РОЗДІЛ 4. ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ.....	53
4.1. Методика тестування рекомендаційної системи	53
4.2. Аналіз результатів тестування	55
4.3. Висновки	56
ВИСНОВКИ.....	58
ЛІТЕРАТУРА.....	59
ДОДАТКИ.....	61
Додаток А – Технічне завдання	Ошибка! Закладка не определена.
Додаток Б – Протокол перевірки на плагіат.	Ошибка! Закладка не определена.
Додаток В – Лістинг програми	66

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми дослідження. На сьогоднішній день, комп'ютери та їх комплектуючі стали невід'ємною частиною повсякденного життя значної частини населення. Від правильного вибору конфігурації комп'ютера залежить ефективність вирішення широкого спектру задач - від простих побутових потреб до складних професійних завдань. Однак, з постійним розширенням асортименту комп'ютерної техніки на ринку, вибір оптимальної конфігурації для конкретного користувача став значно складнішим.

Сучасні комп'ютерні компоненти відрізняються великим різноманіттям технічних характеристик, сумісності, ціновими категоріями тощо. Це створює значні труднощі для пересічних користувачів у підборі відповідного обладнання, особливо якщо вони не є експертами в галузі комп'ютерної техніки. Помилки у виборі комплектуючих можуть призвести до зниження продуктивності, нестабільної роботи чи навіть виходу з ладу всієї комп'ютерної системи. Як наслідок, користувачі змушені витратити значні кошти на придбання непідходящих компонентів, що негативно впливає на їх задоволеність та лояльність.

Проблема вибору оптимальної конфігурації комп'ютера ускладнюється також відсутністю дієвих програмних рішень, здатних надавати персоналізовані рекомендації щодо комплектуючих на основі аналізу потреб користувачів. Наявні на ринку системи, як правило, пропонують лише типові шаблонні рішення, які не враховують специфіку та вподобання конкретних клієнтів.

Розробка інтелектуальної рекомендаційної системи, яка зможе аналізувати характеристики комп'ютерних компонентів, вивчати особливості та потреби користувачів, а потім надавати персоналізовані поради щодо оптимальної конфігурації, має значний практичний потенціал. Така система дозволить значно спростити процес вибору та придбання комп'ютерної техніки для кінцевих споживачів, підвищити ефективність її використання, а також знизити фінансові витрати на придбання невідповідного обладнання.

Обрана тема бакалаврської кваліфікаційної роботи є надзвичайно актуальною, має вагоме практичне значення та наукову новизну. Розв'язання цієї проблеми сприятиме спрощенню процесу вибору та придбання комп'ютерної техніки для кінцевих користувачів, підвищенню ефективності використання комп'ютерів, а також зростанню задоволеності та лояльності споживачів. Крім того, впровадження рекомендаційної системи матиме позитивний вплив на діяльність продавців комп'ютерної техніки, оскільки сприятиме збільшенню кількості успішних продажів. Отже, всі наведені аргументи повністю обґрунтовують вибір даної теми дослідження.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалася згідно плану виконання наукових досліджень на кафедрі програмного забезпечення.

Метою роботи є розробка методів і програмних засобів рекомендаційної системи для підвищення ефективності підбору оптимальних комп'ютерних компонентів для користувачів.

Основними задачами дослідження є:

аналіз існуючих методів та систем вибору комп'ютерних компонентів;

розробка концепції інтелектуальної рекомендаційної системи.

програмна реалізація рекомендаційної системи.

тестування та оцінка ефективності розробленої системи.

Об'єкт дослідження. Об'єктом дослідження є процес підбору комп'ютерних компонентів для користувачів.

Предмет дослідження. Предметом дослідження є методи, моделі та програмні засоби рекомендаційної системи для підбору оптимальних комп'ютерних компонентів.

Методи дослідження. У процесі досліджень використовувались: методи аналізу літератури та сучасних підходів, моделювання та симуляція бізнес-

процесів, тестування та верифікація розроблених програмних модулів, статистичний аналіз результатів експериментів та тестів.

Новизна отриманих результатів. Розробка комплексної програмної реалізації рекомендаційної системи для комп'ютерних компонентів, що дозволяє автоматизувати процес вибору оптимальної конфігурації.

Практична цінність отриманих результатів роботи полягає в тому, що розроблена інтелектуальна рекомендаційна система може бути практично впроваджена для надання користувачам персоналізованих порад щодо вибору оптимальної конфігурації комп'ютерних компонентів.

Особистий внесок здобувача. Весь внесок у цю бакалаврську кваліфікаційну роботу був зроблений особисто автором. Автор самостійно визначив ідею проекту, розробив його концепцію та архітектуру, спроектував і реалізував необхідне програмне забезпечення. Також автор провів аналіз потреб користувачів та особливостей ринку, щоб забезпечити максимальну ефективність і практичну цінність розробленого рішення. Всі методи, алгоритми та підходи були розроблені автором особисто, а проведені експерименти та тестування підтвердили надійність і працездатність створеної системи.

Структура та обсяг роботи. У першому розділі проводиться аналіз предметної області, зокрема, розглядаються особливості ринку комп'ютерних компонентів, існуючі рекомендаційні системи у сфері ІТ-обладнання, виявляються їх переваги та недоліки, а також формулюються вимоги до розроблюваної системи.

Другий розділ присвячено моделюванню рекомендаційної системи. У ньому формулюється постановка задачі формування рекомендацій, розробляється математична модель, досліджуються методи та алгоритми рекомендації, а також пропонуються шляхи їх модифікації та вдосконалення.

У третьому розділі описується програмна реалізація розробленої рекомендаційної системи, зокрема, вибір засобів розробки, архітектурне проектування та реалізація основних функціональних модулів.

Четвертий розділ присвячено оцінці ефективності та впровадженню розробленої системи. У ньому наведено методику тестування, а також представлено аналіз отриманих результатів.

Апробація результатів здійснена на VI Міжнародна студентська наукова конференція «ГЛОБАЛІЗАЦІЯ НАУКОВИХ ЗНАНЬ: МІЖНАРОДНА СПІВПРАЦЯ ТА ІНТЕГРАЦІЯ ГАЛУЗЕЙ НАУК» і опубліковані в тезах доповіді цієї конференції [20].

Пояснювальна записка містить 60 сторінок тексту, 3 рисунки, 1 таблицю, 1 додаток, 30 найменувань в списку використаних джерел.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ

1.1 Огляд ринку комп'ютерних компонентів та особливостей вибору оптимальних конфігурацій

Ринок комп'ютерних компонентів характеризується постійним розвитком та оновленням асортименту продукції. Щороку виробники представляють нові покоління процесорів, відеокарт, оперативної пам'яті, накопичувачів та інших ключових компонентів, які суттєво різняться за своїми технічними характеристиками та продуктивністю. Кожен користувач, що планує оновлення чи збірку нового комп'ютера, стикається з необхідністю ретельного аналізу великої кількості наявних на ринку варіантів комплектуючих, їх сумісності та відповідності власним потребам. Цей процес вибору найбільш оптимальної конфігурації є складним та трудомістким навіть для досвідчених користувачів.

Сучасний ринок комп'ютерних комплектуючих характеризується значною різноманітністю продуктів від провідних світових виробників. Основними гравцями на даному ринку є такі корпорації, як Intel, AMD, Nvidia, ASUS, MSI, Gigabyte, Kingston, Crucial, Seagate, Western Digital та інші.

Зокрема, ринок центральних процесорів (CPU) домінують Intel та AMD, які випускають широкий спектр процесорів для різних сегментів: від енергоефективних моделей для мобільних пристроїв до продуктивних високопродуктивних рішень для ігрових платформ та серверів. Частка Intel на ринку CPU становить близько 80%, в той час як AMD займає 20% ринку завдяки випуску конкурентоспроможних процесорів лінійок Ryzen та Threadripper.

Ринок материнських плат представлений переважно материнськими платами на чипсетах Intel та AMD. Серед лідерів варто виділити ASUS, Gigabyte, MSI, ASRock, які пропонують широкий асортимент високоякісних материнських плат для різних сегментів користувачів.

Сектор оперативної пам'яті (RAM) характеризується присутністю таких гравців, як Kingston, Crucial, G.Skill, Corsair. Ці компанії постачають модулі

пам'яті DDR3 та DDR4 з різними частотами, обсягами та таймінгами, задовольняючи потреби користувачів.

Ринок відеокарт опановують, головним чином, дві корпорації - Nvidia та AMD. Nvidia домінує в сегменті високопродуктивних рішень завдяки відеокартам лінійок GeForce RTX та GeForce GTX, тоді як AMD успішно конкурує в середньому та бюджетному сегментах відеокарт Radeon.

Важливими трендами на ринку комп'ютерних комплектуючих є постійне підвищення продуктивності, енергоефективності та розширення функціональних можливостей нових поколінь процесорів, відеокарт, модулів пам'яті тощо. Крім того, спостерігається поступове зниження цін на окремі комплектуючі завдяки конкуренції виробників та технологічному прогресу.

Одним із ключових компонентів комп'ютера є центральний процесор (CPU). Центральні процесори поділяються на декілька категорій залежно від виробника, архітектури, кількості ядер, частоти, продуктивності тощо. Основними виробниками процесорів є Intel та AMD. Процесори Intel відомі своєю високою частотою, ефективністю та робастністю, а процесори AMD - збалансованістю характеристик, кількістю ядер, енергоефективністю та привабливою ціновою політикою [1].

Важливою характеристикою процесора є його архітектура, яка визначає внутрішню будову та принципи функціонування. Сучасні процесори використовують архітектури x86 та x86-64, які забезпечують високу продуктивність, зворотну сумісність та можливість паралельних обчислень. При виборі процесора варто звертати увагу на кількість ядер, об'єм кешу, підтримку технологій віртуалізації, енергоефективності, багатопотокової обробки тощо [2].

Наступним ключовим компонентом є материнська плата. Вона відповідає за взаємодію всіх складових комп'ютера - процесора, оперативної пам'яті, накопичувачів, відеокарти, периферійних пристроїв. Материнські плати класифікуються за формат-факторами (ATX, Micro-ATX, Mini-ITX), чипсетами (Intel, AMD), роз'ємами для процесора, оперативної пам'яті, відеокарти,

накопичувачів, наявністю додаткових можливостей (оверклокінг, RAID, тощо) [3].

Оперативна пам'ять (RAM) є важливим компонентом, який визначає загальну продуктивність комп'ютера. Сучасні модулі оперативної пам'яті використовують технології DDR3, DDR4 та DDR5, що відрізняються за швидкістю, обсягом та енергоспоживанням. При виборі оперативної пам'яті потрібно враховувати сумісність з материнською платою, частоту, об'єм, тип (одноканальна, двоканальна, чотириканальна) [4].

Відеокарта - це окремий спеціалізований процесор, призначений для обробки графічної інформації. Основними характеристиками відеокарти є архітектура, кількість та продуктивність графічних ядер, обсяг відеопам'яті, підтримка сучасних графічних API, енергоспоживання. Провідними розробниками відеокарт є NVIDIA та AMD, які пропонують високопродуктивні рішення для різних категорій користувачів - від ігрових до професійних застосувань [5].

При виборі комп'ютерних компонентів варто ретельно аналізувати їхні ключові характеристики, сумісність, продуктивність та енергоефективність для формування оптимальної конфігурації, яка відповідатиме потребам користувача.

Насамперед, необхідно визначити цільове призначення комп'ютера - чи він буде використовуватись для ігор, роботи з графікою, відео, наукових розрахунків тощо, і підбирати відповідні компоненти, які забезпечать необхідну продуктивність.

Важливим аспектом є бюджет, адже потрібно знайти баланс між виділеними коштами та необхідними характеристиками комп'ютерних компонентів. Окрім того, слід звернути увагу на сумісність компонентів, щоб уникнути проблем із несумісністю роз'ємів, чипсетів, технічних стандартів тощо. Особливу увагу потрібно приділити сумісності процесора, материнської плати та оперативної пам'яті [6].

Характеристики енергоспоживання компонентів також важливі для забезпечення ефективної роботи комп'ютера, особливо при використанні портативних пристроїв або за умов обмеженого доступу до електроенергії. Крім того, бажано передбачити можливість майбутнього апгрейду окремих компонентів, щоб підтримувати актуальність та розширювати функціональність системи. Вибір операційної системи та необхідного прикладного програмного забезпечення також може суттєво вплинути на вибір апаратної конфігурації комп'ютера.

1.2 Дослідження існуючих рекомендаційних систем в сфері ІТ-обладнання

Ринок комп'ютерної техніки характеризується постійним розвитком та оновленням моделей обладнання, що створює труднощі для споживачів у виборі оптимальної конфігурації комп'ютера, відповідної їхнім потребам. Одним із способів вирішення цієї проблеми є використання спеціалізованих рекомендаційних систем, які надають персоналізовані поради щодо вибору ІТ-компонентів. Для ефективного проектування власної рекомендаційної системи важливо дослідити існуючі підходи та технології, оцінити їх переваги, недоліки та обмеження. Це дозволить визначити напрямки вдосконалення та розробки нових рішень, здатних забезпечити високу точність і релевантність рекомендацій в сфері комп'ютерного обладнання.

Рекомендаційні системи являють собою різноманітні алгоритми та підходи, спрямовані на надання користувачам персоналізованих пропозицій щодо товарів, послуг чи контенту, які найбільше відповідають їхнім інтересам та вподобанням. У контексті вибору ІТ-обладнання такі системи можуть бути особливо корисними, допомагаючи споживачам орієнтуватися серед великої кількості наявних моделей комп'ютерної техніки.

Основними типами рекомендаційних систем, які застосовуються в різних сферах, є:

1. Колаборативна фільтрація (Collaborative Filtering)

Колаборативні рекомендаційні системи ґрунтуються на аналізі вподобань та поведінки користувачів, що дозволяє виявляти схожі профілі та надавати рекомендації на основі уподобань схожих користувачів. Для ІТ-обладнання такі системи можуть аналізувати історію покупок, оцінки та відгуки користувачів, щоб пропонувати продукти, які зазвичай купують або схвалюють люди з подібними запитамі [7].

2. Контентно-орієнтований підхід (Content-Based Filtering)

Контентно-орієнтовані рекомендаційні системи базуються на аналізі характеристик самих рекомендованих об'єктів (наприклад, технічних специфікацій комп'ютерних компонентів) та порівнянні їх з профілем уподобань користувача. Такі системи можуть рекомендувати продукти, схожі на ті, що вже сподобалися користувачу раніше [8].

3. Гібридні рекомендаційні системи

Гібридні підходи поєднують елементи колаборативної фільтрації та контентно-орієнтованого аналізу, що дозволяє підвищити точність та релевантність рекомендацій. Наприклад, системи можуть аналізувати як уподобання користувачів, так і характеристики товарів для виявлення оптимальних варіантів вибору [9].

В рекомендаційних системах можуть застосовуватися й інші підходи, такі як демографічний аналіз, врахування контексту, експертні рекомендації тощо, залежно від специфіки предметної області.

Вибір відповідного типу рекомендаційної системи для сфери ІТ-обладнання залежить від наявних даних, цілей системи, очікувань користувачів та інших факторів. Комбінування різних підходів часто дозволяє досягти найкращих результатів при наданні персоналізованих рекомендацій (Таблиця 1.1).

Таблиця 1.1 – Основні типи рекомендаційних систем

Тип системи	Принцип роботи	Приклади застосування в ІТ-обладнанні
Колаборативна фільтрація (Collaborative Filtering)	Аналіз вподобань та поведінки користувачів для виявлення схожих профілів та надання рекомендацій	Аналіз історії покупок, оцінок та відгуків користувачів для рекомендації товарів, які зазвичай купують або схвалюють схожі покупці
Контентно-орієнтований підхід (Content-Based Filtering)	Аналіз характеристик самих рекомендованих об'єктів та порівняння з профілем уподобань користувача	Рекомендація комп'ютерних компонентів, схожих на ті, що вже сподобалися користувачу раніше
Гібридні рекомендаційні системи	Поєднання елементів колаборативної фільтрації та контентно-орієнтованого аналізу	Аналіз як уподобань користувачів, так і характеристик товарів для виявлення оптимальних варіантів вибору

Рекомендаційні системи широко застосовуються в різних галузях, зокрема й у сфері ІТ-обладнання. Розглянемо кілька прикладів таких систем, що використовуються виробниками комп'ютерної техніки, онлайн-магазинами та спеціалізованими порталами.

Рекомендаційні системи виробників комп'ютерної техніки. Провідні виробники комп'ютерних компонентів, такі як Intel, AMD та NVIDIA, активно впроваджують власні рекомендаційні системи для допомоги покупцям у виборі оптимального обладнання. Наприклад, Intel пропонує інструмент "PC Build Advisor", який на основі відповідей користувача на кілька запитань надає рекомендації щодо процесора, материнської плати, оперативної пам'яті та інших комплектуючих [10]. Аналогічні системи розроблені й іншими виробниками для вибору відповідних графічних процесорів, накопичувачів даних тощо.

Рекомендаційні системи онлайн-магазинів та сервісів.

Великі онлайн-майданчики, такі як Amazon, Newegg та інші, впроваджують власні рекомендаційні системи для персоналізації пропозицій. Наприклад, Amazon використовує колаборативну фільтрацію та аналіз вподобань користувачів, щоб рекомендувати їм комп'ютерне обладнання, аксесуари та програмне забезпечення, які можуть їх зацікавити [11]. NeweggBusiness пропонує "Newegg Business Advisor", який аналізує інформацію про бізнес-користувача та надає персоналізовані рекомендації щодо серверів, робочих станцій та іншого корпоративного обладнання [12].

Рекомендаційні системи спеціалізованих порталів та форумів.

Крім великих комерційних майданчиків, рекомендаційні системи широко застосовуються на спеціалізованих порталах та форумах, присвячених комп'ютерній техніці. Наприклад, PCPartPicker - сервіс, який допомагає користувачам підібрати оптимальну конфігурацію комп'ютера, враховуючи сумісність та продуктивність компонентів [13]. Tom's Hardware - популярний портал, що надає експертні рекомендації щодо вибору процесорів, материнських плат, відеокарт та іншого обладнання [14].

Існуючі рекомендаційні системи в сфері ІТ-обладнання демонструють широкий спектр підходів, від простих опитувань до складних алгоритмів колаборативної фільтрації та контентного аналізу. Ефективність таких систем, однак, може бути обмежена доступністю даних, складністю врахування всіх важливих факторів вибору, а також неможливістю повної персоналізації рекомендацій. Подальший розвиток рекомендаційних технологій у сфері ІТ-обладнання потребує врахування зазначених проблем та постійного вдосконалення алгоритмів.

1.3. Виявлення переваг та недоліків наявних рішень

Рекомендаційні системи, що застосовуються у сфері ІТ-обладнання, демонструють значний потенціал щодо полегшення вибору комп'ютерної

техніки для користувачів. Проте, для об'єктивної оцінки ефективності таких систем та визначення напрямів їх подальшого вдосконалення, важливо проаналізувати як переваги, так і недоліки наявних рішень. У цьому розділі будуть розглянуті ключові аспекти використання рекомендаційних технологій у контексті ІТ-обладнання, визначено сильні сторони наявних підходів, а також виявлено обмеження та напрями для їх покращення.

Рекомендаційні системи, що застосовуються виробниками, онлайн-магазинами та спеціалізованими порталами в сфері ІТ-обладнання, демонструють низку суттєвих переваг, які роблять їх корисними інструментами для споживачів.

По-перше, ключовою перевагою рекомендаційних систем є підвищення ефективності вибору комп'ютерної техніки для користувачів. Як було розглянуто в попередньому розділі, такі системи надають персоналізовані пропозиції на основі аналізу широкого спектру даних, зокрема технічних характеристик обладнання, уподобань схожих користувачів, їхньої поведінки та історії покупок [15]. Це дозволяє користувачам оперативно отримувати рекомендації, що максимально відповідають їхнім потребам та вимогам.

Крім того, рекомендаційні системи реалізують принцип персоналізації, пристосовуючи пропозиції до індивідуальних переваг кожного користувача. Наприклад, системи колаборативної фільтрації виявляють схожі профілі споживачів та надають рекомендації, виходячи з уподобань користувачів з подібними запитами [16]. Контентно-орієнтовані підходи, своєю чергою, формують пропозиції на основі порівняння характеристик товарів з профілем інтересів конкретного користувача [17]. Таке налаштування під індивідуальні потреби підвищує релевантність рекомендацій.

Нарешті, перевагою рекомендаційних систем у сфері ІТ-обладнання є їх комплексний підхід до врахування технічних характеристик товарів. Системи здатні аналізувати широкий спектр параметрів комп'ютерної техніки - від продуктивності процесора та графічного адаптера до сумісності компонентів,

енергоефективності та інших важливих показників [18]. Це надає користувачам цілісне уявлення про доступні альтернативи та допомагає обрати оптимальну конфігурацію, що відповідатиме їхнім вимогам.

Рекомендаційні системи в сфері ІТ-обладнання є ефективними інструментами, що підвищують зручність і результативність вибору комп'ютерної техніки для споживачів. Проте, як і будь-яке рішення, вони мають певні обмеження та недоліки, які слід розглянути детальніше.

Попри очевидні переваги рекомендаційних систем у сфері ІТ-обладнання, існує ряд недоліків та обмежень, які знижують ефективність їхнього застосування та потребують подальшого вдосконалення.

Українські вчені Єсін В.І. та Єсіна Л.О. у своїй роботі "Адаптивні рекомендаційні системи для ІТ-продуктів" досліджували шляхи підвищення гнучкості та адаптивності рекомендаційних алгоритмів у сфері ІТ-обладнання [19]. Вони запропонували методи динамічного оновлення моделей користувачів і товарів, що дозволило збільшити точність рекомендацій та їх актуальність.

Іншим обмеженням наявних рекомендаційних систем є складність врахування всіх важливих факторів вибору ІТ-обладнання. Окрім загальних характеристик товарів, на вибір споживачів можуть впливати такі чинники, як сумісність компонентів, енергоефективність, надійність, ергономічність, а також індивідуальні вимоги користувачів до продуктивності, ігрових характеристик, можливостей підключення тощо. Розробка комплексних моделей, що враховують усі ці аспекти, є складним завданням для рекомендаційних систем.

Крім того, недоліком наявних рішень можна вважати їхню недостатню гнучкість та адаптивність. Багато рекомендаційних систем у сфері ІТ-обладнання застосовують статичні алгоритми, які не здатні оперативно реагувати на зміни вподобань користувачів, оновлення асортименту або появу нових технологій [20]. Це знижує актуальність та релевантність пропозицій з плином часу.

1.4 Висновки

Проведений у даному розділі аналіз предметної області рекомендаційних систем у сфері ІТ-обладнання дозволив всебічно дослідити сучасний стан та перспективи розвитку цього напрямку.

У підрозділі 1.1 було визначено, що рекомендаційні системи є ефективним засобом полегшення вибору комп'ютерної техніки для користувачів. Вони застосовують різноманітні методи, зокрема колаборативну фільтрацію, контентно-орієнтований підхід та гібридні моделі, для формування персоналізованих пропозицій на основі аналізу характеристик товарів і моделей поведінки споживачів. Це допомагає підвищити релевантність рекомендацій та задоволеність користувачів.

Подальший аналіз у підрозділі 1.2 показав, що існуючі рекомендаційні системи в галузі ІТ-обладнання демонструють значний потенціал, зокрема щодо підвищення ефективності вибору техніки, персоналізації пропозицій та комплексного врахування технічних параметрів товарів. Водночас, у підрозділі 1.3 було виявлено й низку обмежень таких систем, а саме: обмеженість доступних даних про уподобання користувачів, складність врахування всіх важливих факторів вибору ІТ-обладнання, недостатню гнучкість і адаптивність алгоритмів.

Рекомендаційні системи в сфері комп'ютерної техніки загалом є корисними інструментами, проте їхня ефективність може бути підвищена шляхом розширення джерел даних, вдосконалення моделей оцінки товарів з урахуванням комплексу характеристик, а також застосування більш адаптивних алгоритмів. Вирішення цих завдань сприятиме підвищенню точності, актуальності та релевантності рекомендацій для споживачів.

Дослідження, проведене в цьому розділі, заклало теоретичне підґрунтя для подальшої розробки удосконаленої рекомендаційної системи в галузі ІТ-обладнання, що враховуватиме виявлені переваги та недоліки наявних рішень.

РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

2.1. Розробка концепції рекомендаційної системи для ІТ-обладнання

Проведений у першому розділі аналіз предметної області рекомендаційних систем у сфері комп'ютерної техніки дозволив виявити як їхні переваги, так і обмеження. Зокрема, було встановлено, що наявні рішення демонструють значний потенціал щодо підвищення ефективності вибору ІТ-обладнання користувачами, надаючи персоналізовані пропозиції на основі аналізу характеристик товарів і моделей поведінки споживачів. Водночас, вони мають певні недоліки, пов'язані з обмеженістю доступних даних, складністю врахування всіх важливих факторів вибору, а також недостатньою гнучкістю та адаптивністю алгоритмів. Ураховуючи ці аспекти, постає необхідність розробки удосконаленої концепції рекомендаційної системи для ІТ-обладнання, спрямованої на підвищення точності, актуальності та релевантності пропозицій для користувачів.

Результати аналізу, наведені в першому розділі, засвідчили, що наявні рекомендаційні системи у сфері ІТ-обладнання демонструють певні переваги, проте також мають ряд обмежень, які стримують ефективність їхнього практичного застосування.

З одного боку, такі системи дозволяють формувати персоналізовані пропозиції, ґрунтуючись на аналізі характеристик товарів та уподобань користувачів. Використання методів колаборативної фільтрації та контентно-орієнтованого аналізу дає змогу виявляти закономірності вибору споживачів і надавати їм рекомендації, які відповідають їхнім індивідуальним потребам. Це істотно підвищує шанси успішного продажу комп'ютерної техніки та задоволеність покупців.

З іншого боку, наявні системи характеризуються низкою обмежень, що знижують їхню ефективність. Зокрема, вони, як правило, базуються на аналізі обмеженого кола даних про товари та користувачів, переважно отриманих з

внутрішніх систем інтернет-магазинів. Це призводить до неповноти інформації про реальні вподобання споживачів та їхню взаємодію з ІТ-обладнанням. Крім того, у більшості випадків такі системи оцінюють товари лише за загальними характеристиками, недостатньо враховуючи важливі для користувачів фактори, як-от сумісність компонентів, енергоефективність, ергономіка тощо. Нарешті, вони характеризуються недостатньою гнучкістю та адаптивністю, що перешкоджає своєчасному реагуванню на зміни вподобань споживачів та оновлення асортименту ІТ-продукції.

Зважаючи на виявлені переваги та недоліки наявних рекомендаційних систем, постає необхідність розробки їхньої удосконаленої концепції, спрямованої на підвищення точності, актуальності та релевантності пропозицій ІТ-обладнання для користувачів. Ця концепція має передбачати розширення доступних джерел даних, удосконалення моделей оцінки товарів і застосування адаптивних алгоритмів формування рекомендацій.

Ключовою ідеєю концепції удосконаленої рекомендаційної системи для ІТ-обладнання є поєднання методів колаборативної фільтрації, контентно-орієнтованого аналізу та застосування адаптивних алгоритмів. Такий підхід дозволить компенсувати недоліки існуючих рішень та забезпечити максимально ефективне надання персоналізованих пропозицій товарів, що відповідають індивідуальним потребам і перевагам кожного користувача.

Основними цілями та завданнями концепції є:

1. Розширення доступних джерел даних про уподобання користувачів. Окрім інформації з внутрішніх систем інтернет-магазинів, пропонується залучати дані з інших платформ, соціальних мереж, форумів тощо. Це дозволить отримати більш повну картину реальних моделей споживчої поведінки.

2. Розробка комплексних моделей оцінки товарів з урахуванням важливих факторів вибору. На додачу до загальних характеристик ІТ-обладнання, система має аналізувати його сумісність із наявним у користувача обладнанням, енергоефективність, ергономіку, відгуки та оцінки експертів тощо.

Це забезпечить системне врахування усіх аспектів, які впливають на задоволеність покупця.

3. Застосування адаптивних алгоритмів, здатних реагувати на зміни. На відміну від статичних моделей, адаптивні алгоритми дозволяють своєчасно враховувати динамічні зміни вподобань користувачів, оновлення асортименту товарів, поява нових трендів тощо. Це сприятиме підтриманню актуальності та релевантності рекомендацій.

Реалізація означених цілей у рамках концепції дозволить сформувати ефективну рекомендаційну систему, яка надаватиме користувачам рекомендації ІТ-обладнання на основі комплексного аналізу всіх важливих для них факторів.

Запропонована концепція удосконаленої рекомендаційної системи для ІТ-обладнання має низку суттєвих переваг порівняно з наявними рішеннями, що робить її перспективною для практичного впровадження.

По-перше, застосування комплексного підходу, який поєднує методи колаборативної фільтрації, контентно-орієнтованого аналізу та адаптивних алгоритмів, забезпечує підвищення точності й релевантності рекомендацій. Розширення кола доступних джерел даних про уподобання користувачів дозволить отримати більш повне розуміння їхньої поведінки та вподобань. Водночас, удосконалення моделей оцінки товарів шляхом врахування широкого спектру важливих для споживачів характеристик сприятиме наданню рекомендацій, що максимально відповідають їхнім потребам і очікуванням.

По-друге, адаптивність алгоритмів, закладена в концепцію, забезпечуватиме своєчасне реагування на зміни вподобань користувачів та оновлення асортименту ІТ-продукції. На відміну від статичних моделей, які швидко застарівають, адаптивні системи здатні підтримувати актуальність і релевантність пропозицій навіть за умов динамічного розвитку ринку комп'ютерної техніки. Це сприятиме збільшенню довіри та лояльності покупців.

По-третє, комплексний характер рекомендацій, що враховують не лише загальні характеристики товарів, а й важливі для користувачів аспекти, як-от

сумісність, енергоефективність, ергономіка тощо, забезпечуватиме підвищення задоволеності споживачів. Вони отримуватимуть пропозиції, що максимально відповідають їхнім потребам і переважно призводять до успішних продажів.

Таким чином, реалізація запропонованої концепції рекомендаційної системи дозволить значно підвищити ефективність вибору ІТ-обладнання користувачами за рахунок надання їм більш точних, актуальних і релевантних пропозицій. Це сприятиме зростанню довіри та лояльності споживачів, а також підвищенню ефективності комерційної діяльності постачальників комп'ютерної техніки.

Розробка та практична реалізація запропонованої концепції удосконаленої рекомендаційної системи для ІТ-обладнання є доцільною та виправданою з огляду на кілька ключових чинників. Вона безпосередньо вирішує проблеми та обмеження, виявлені в наявних рекомендаційних системах у сфері комп'ютерної техніки. Зокрема, вона спрямована на подолання недоліків, пов'язаних із обмеженістю доступних даних про уподобання користувачів, складністю врахування всіх важливих факторів вибору, а також недостатньою гнучкістю та адаптивністю алгоритмів. Таким чином, реалізація концепції дозволить усунути ключові проблеми, притаманні наявним рекомендаційним системам.

Крім того, запропонована концепція ґрунтується на сучасних підходах та технологіях, що активно розвиваються в галузі рекомендаційних систем. Використання методів колаборативної фільтрації, контентно-орієнтованого аналізу та адаптивних алгоритмів відповідає передовим тенденціям у цій сфері. Це забезпечує можливість практичної реалізації концепції з опорою на актуальні методологічні та технологічні рішення.

Також важливо, що концепція передбачає комплексний підхід, спрямований на врахування всіх важливих аспектів, що впливають на ефективність вибору ІТ-обладнання користувачами. Розширення доступних джерел даних, удосконалення моделей оцінки товарів і застосування адаптивних

алгоритмів дозволить сформувати рекомендаційну систему, яка надаватиме споживачам пропозиції, максимально відповідні їхнім індивідуальним потребам.

Обґрунтована необхідність розробки удосконаленої рекомендаційної системи, відповідність запропонованої концепції сучасним тенденціям у галузі та її комплексний характер свідчать про доцільність та перспективність її практичного впровадження. Реалізація концепції здатна значно підвищити ефективність вибору ІТ-обладнання користувачами та сприяти зростанню лояльності споживачів.

2.2. Розробка математичної моделі рекомендаційної системи

Для забезпечення ефективної роботи рекомендаційної системи необхідно розробити відповідну математичну модель, яка б дозволила формалізувати процес формування персоналізованих рекомендацій. Така модель повинна враховувати основні параметри та взаємозв'язки в рамках рекомендаційної системи, зокрема характеристики користувачів, товарів/послуг, а також алгоритми співставлення вподобань користувачів з наявними альтернативами. Розробка даної математичної моделі є важливим етапом проектування рекомендаційної системи, оскільки вона слугуватиме теоретичним фундаментом для подальшої практичної реалізації.

У контексті розробки рекомендаційної системи виникає необхідність формалізувати процес ідентифікації найбільш релевантних для користувача об'єктів. Для цього доцільно розробити відповідну математичну модель, яка б дозволила аналітично описати взаємозв'язки між ключовими компонентами системи.

Нехай $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ - множина користувачів системи, де n - кількість користувачів. Множина $S = \{s_1, s_2, \dots, s_m\}$ представляє сукупність об'єктів (товарів, послуг тощо), які можуть бути рекомендовані користувачам, де m - кількість об'єктів. Далі, введемо функцію $h: U \times S \rightarrow R$, яка характеризує ступінь відповідності об'єкта s потребам користувача u .

Тоді задача формування релевантних рекомендацій для користувача $u \in U$ може бути сформульована наступним чином:

$$s' = \operatorname{argmax}_{s \in S} h(u, s) \quad (1)$$

де s' - об'єкт, який максимізує значення функції $h(u, s)$ серед усіх об'єктів множини S . Таким чином, задача зводиться до пошуку такого елемента s' , який би найбільшою мірою відповідав вподобанням користувача u .

Слід зазначити, що вибір функції $h(u, s)$ є критичним для ефективності рекомендаційної системи, оскільки вона визначає міру релевантності об'єкта s для користувача u . Конкретний вигляд цієї функції може варіюватись залежно від специфіки предметної області та застосованих методів оцінювання подібності.

Кінцева математична модель для формування рекомендацій має наступний вигляд:

(2.1)

$$s' = \operatorname{argmax}_{\{s \in S\}} h(u, s)$$

Де:

- $U = u_1, u_2, \dots, u_n$ - множина користувачів системи, n - кількість користувачів;
- $S = s_1, s_2, \dots, s_m$ - множина об'єктів (товарів, послуг тощо), які можуть бути рекомендовані, m - кількість об'єктів;
- $h: U \times S \rightarrow \mathbb{R}$ - функція, яка характеризує ступінь відповідності об'єкта s потребам користувача u ;
- s' - об'єкт, який максимізує значення функції $h(u, s)$ серед усіх об'єктів множини S

Задача зводиться до пошуку такого елемента s' який би найбільшою мірою відповідав вподобанням користувача u . Вибір конкретного виду функції $h(u, s)$ є ключовим для ефективності рекомендаційної системи.

Представлена математична модель (2.1) формалізує задачу знаходження найбільш релевантного об'єкта для конкретного користувача в рамках рекомендаційної системи. Її використання дозволяє перейти до наступного етапу - розробки практичних алгоритмів реалізації даної моделі.

2.3. Методи формування рекомендацій

Для реалізації математичної моделі, представленої у попередньому підрозділі, необхідно розглянути та дослідити існуючі підходи до формування рекомендацій. Ефективність рекомендаційної системи значною мірою залежить від вибору та адаптації відповідних методів, які б забезпечували високу точність та релевантність пропозицій для кожного конкретного користувача. У рамках цього підрозділу буде здійснено огляд основних методів рекомендації, зокрема методів фільтрації на основі вмісту, колаборативної фільтрації, а також гібридних підходів, що поєднують переваги попередніх. Аналіз сильних та слабких сторін кожного методу дозволить визначити напрями подальшого вдосконалення рекомендаційної системи та формування ефективної стратегії рекомендації.

Для реалізації математичної моделі, представленої у попередньому підрозділі, необхідно розглянути та дослідити існуючі підходи до формування рекомендацій. Серед них, одним з основних методів є фільтрація на основі вмісту (content-based filtering).

Як випливає з назви, даний підхід передусім ґрунтується на інформації про контент системи, а не про характеристики користувачів. Рекомендації формуються шляхом пошуку елементів, схожих на ті, що користувач вже оцінив позитивно в минулому. Для цього необхідно створити профілі як для користувачів, так і для елементів системи. Профіль елемента описується певним набором ключових слів, що характеризують його зміст. Далі, на основі параметрів елементів, можна визначити їх відповідність уподобанням конкретного користувача.

Метод фільтрації на основі вмісту є одним з ключових підходів до формування рекомендацій у рекомендаційних системах. Принцип його роботи ґрунтується на виявленні схожості між елементами системи, базуючись на їх внутрішніх характеристиках, а не на даних про поведінку користувачів.

Для реалізації даного методу необхідно створити профілі як для користувачів, так і для елементів системи. Профіль користувача відображає його вподобання та інтереси, виражені через набір ключових слів, що характеризують елементи, які він оцінив позитивно в минулому. Своєю чергою, профіль елемента містить інформацію про його властивості, також подану у вигляді ключових слів.

Алгоритм формування рекомендацій за методом фільтрації на основі вмісту передбачає наступні кроки:

1. Аналіз профілю користувача для виявлення його вподобань.
2. Пошук елементів, властивості яких максимально відповідають профілю користувача.
3. Ранжування знайдених елементів за ступенем їх релевантності профілю користувача.
4. Формування рекомендацій шляхом відбору найбільш релевантних елементів.

Ключовою перевагою такого підходу є можливість надавати рекомендації навіть для нових елементів системи, для яких ще не накопичено достатньо даних про вподобання користувачів. Крім того, він дозволяє пропонувати унікальні, нестандартні варіанти, які можуть бути цікавими для користувача.

Водночас, метод фільтрації на основі вмісту має і певні обмеження. Зокрема, він не враховує соціальну складову - взаємодію користувачів між собою та їх вплив один на одного. Також якість рекомендацій значною мірою залежить від повноти та достовірності профілів елементів системи.

Відповідно до представленої математичної моделі, в рекомендаційних системах, що використовують метод фільтрації на основі вмісту, функція

зіставлення $h(u, s)$ конкретного користувача u з деяким елементом s ґрунтується на аналізі інших елементів системи $s' \in S$, які були позитивно оцінені цим користувачем u в минулому. Тобто, ключовим є виявлення схожості між елементом s , для якого необхідно надати рекомендацію, та елементами s' , які вже отримали схвалення користувача u .

Загалом, алгоритм формування рекомендацій за методом фільтрації на основі вмісту можна описати наступним чином:

1. Проаналізувати профіль користувача u , щоб виявити елементи s' , які він оцінив позитивно в минулому.
2. Визначити характеристики (ознаки) цих елементів s' , що об'єднують їх в очах користувача u .
3. Знайти нові елементи s , не оцінені користувачем раніше, але схожі за характеристиками на позитивно оцінені ним елементи s' .
4. Обчислити міру схожості $h(u, s)$ між профілем користувача u та характеристиками елемента s .
5. Сформувати рекомендації, обравши елементи s з найвищими значеннями функції $h(u, s)$.

Метод фільтрації на основі вмісту використовує інформацію про вподобання конкретного користувача для пошуку нових, потенційно релевантних йому елементів системи. Це дозволяє надавати рекомендації навіть для нових елементів, для яких ще не накопичено достатньо даних про вподобання користувачів.

На відміну від методу фільтрації на основі вмісту, колаборативна фільтрація (collaborative filtering) базується передусім на інформації про взаємодію користувачів із елементами системи, а не на самих характеристиках елементів.

Основна ідея колаборативної фільтрації полягає у виявленні схожостей між користувачами на основі їх попередніх оцінок/вподобань щодо елементів системи. Припускається, що якщо два користувачі оцінювали однаково певні

елементи в минулому, то їм, ймовірно, будуть цікаві й схожі елементи в майбутньому.

Процес формування рекомендацій за допомогою колаборативної фільтрації можна описати наступним чином:

1. Побудова матриці оцінок/вподобань користувачів щодо елементів системи. Кожен рядок цієї матриці відповідає конкретному користувачу, а стовпчик - певному елементу.
2. Пошук користувачів, найбільш схожих на поточного користувача, на основі аналізу їх оцінок в матриці.
3. Виявлення елементів, високо оцінених схожими користувачами, але не оцінених поточним користувачем.
4. Формування рекомендацій шляхом ранжування цих елементів за ступенем їх релевантності для поточного користувача.

На відміну від фільтрації на основі вмісту, колаборативна фільтрація дозволяє враховувати соціальний контекст і поведінкові особливості користувачів. Вона ефективна у ситуаціях, коли є достатня кількість даних про взаємодію користувачів з елементами системи. Водночас, цей метод може мати складнощі з рекомендаціями для нових користувачів або нових елементів, про які немає достатньо інформації.

Методи колаборативної фільтрації для формування рекомендацій використовують інформацію про оцінки, надані іншими користувачами, які належать до однієї групи з поточним користувачем. Функція зіставлення $h(u, s)$ визначає ступінь відповідності елемента s поточному користувачу u та розраховується на основі зіставлення $h(u', s)$ для інших користувачів $u' \in U'$, де U' - деяка група схожих користувачів.

Для встановлення ступеня схожості між користувачами та формування таких груп необхідно побудувати профіль кожного користувача. При цьому можуть використовуватися як дані про вподобання користувачів, так і більш загальна інформація, наприклад, вік, стать, національність, активність у

соціальних мережах тощо. Така додаткова інформація є особливо важливою на початкових етапах роботи користувача з рекомендаційною системою, коли недостатньо даних про його вподобання.

Проблема "холодного старту", коли система не має жодної інформації про нового користувача, вирішується саме за рахунок використання загальних демографічних та поведінкових характеристик для формування його попереднього профілю та віднесення до відповідної групи.

Методи колаборативної фільтрації поділяються на два основні типи: методи, засновані на пам'яті, та методи, засновані на моделях. Прикладами систем, що використовують колаборативну фільтрацію, є "Grundy system" та "Tapestry".

Методи, засновані на пам'яті, використовують дані про всі елементи, які оцінював користувач у минулому, для передбачення рейтингу нового елемента:

(2.2)

$$r_{\{us\}} = a \cdot g \cdot g \cdot r_{\{u,u'\}} \cdot u'_{\{s\}}$$

Де:

- r_{us} - передбачений рейтинг елемента s для користувача s ;
- $a, g, r_{u,u'}$ - параметри, що визначають ступінь подібності між користувачами s та u' ;
- u'_s - рейтинг, який користувач u' надав елементу s .

Ця формула використовується в методах колаборативної фільтрації, заснованих на пам'яті, для передбачення рейтингу нового елемента s для поточного користувача u на основі оцінок, наданих схожими користувачами $u' \in U'$.

Гібридні методи рекомендаційних систем поєднують підходи фільтрації на основі вмісту та колаборативної фільтрації, дозволяючи отримати переваги обох підходів і подолати їхні окремі недоліки. Основна ідея таких гібридних методів полягає в інтеграції інформації про вподобання користувачів (колаборативна

фільтрація) та характеристики самих елементів (фільтрація на основі вмісту), що дає змогу отримувати рекомендації, які враховують як персональні смаки користувача, так і змістовні особливості елементів.

Реалізація гібридних підходів може відбуватися різними способами, зокрема, через каскадне застосування методів, комбінування їхніх результатів, створення єдиної уніфікованої моделі чи вибір найбільш підходящого методу для конкретного користувача або ситуації. Гібридні системи є особливо ефективними в умовах "холодного старту", коли для нових користувачів чи нових елементів бракує даних для застосування лише одного з методів. Прикладами гібридних рекомендаційних систем є відомі сервіси, такі як Netflix, Amazon і YouTube, які використовують складні комбінації колаборативної фільтрації, фільтрації на основі вмісту та інших методів.

2.4 Модифікація та вдосконалення методів рекомендації

Модифікуємо алгоритм надання рекомендацій. Для цього розділимо метод колаборативної фільтрації на 2 окремих: - фільтрація на основі сусідства; - демографічна фільтрація. В методі фільтрації на основі сусідства, рейтинг елементу s для користувача u прогнозується за рахунок рейтингів користувачів, які, на думку системи, мають схожі до даного користувача вподобання. Даний підхід залежить від обраної кількості сусідів користувача u , оцінки яких будуть враховуватися при прогнозуванні рейтингу. Власне ступінь сусідства обчислюється за допомогою міри схожості (косинусна міра, кореляція). Демографічні характеристики користувачів відіграють дуже важливу роль при формуванні груп користувачів для надання рекомендацій. Рекомендаційні системи часто зіштовхуються з згаданою вище проблемою "холодного старту", через недостатню кількість даних про оцінки користувачів. В таких випадках необхідно використовувати дані, які доступні з самого початку роботи користувача з системою. Демографічні дані про користувача відносяться до такого типу даних, адже з великою вірогідністю користувач заповнить свій

профіль на самому початку роботи з системою. Завдяки цьому система зможе формувати рекомендації більш точно, адже, знаючи вік, стать чи національність користувача значно легше віднести його до певної групи.

Найважливішою задачею рекомендаційної системи є прогнозування рейтингу. В нашій моделі прогнозування рейтингу буде обчислюватися за рахунок поєднання трьох описаних методів: фільтрація на основі змісту, фільтрація на основі сусідства та демографічна фільтрація. Тобто, при побудові рекомендацій будемо використовувати 3 методи окремо, для підвищення точності рекомендацій.

Кожен з методів буде обчислювати прогнозований рейтинг незалежно від інших. Після чого, отримані результати необхідно лінійно об'єднати, окремо враховуючи внесок результатів кожного методу в результуючому рейтингу. Наприклад, якщо користувач u вже оцінив набір елементів, схожих на елемент s , тоді доцільно збільшити вагу результату, отриманого за допомогою фільтрації за змістом. Або навпаки, якщо користувач u має велику кількість сусідів, що оцінили елемент s , то визначаючим буде результат фільтрації на основі сусідства. У випадку “холодного старту” доцільно використовувати демографічну фільтрацію. Для обчислення міри впливу результату кожного з методів, введемо ваговий коефіцієнт для кожного методу. Результуючим прогнозованим рейтингом, буде рейтинг, що обчислюється за допомогою наступної формули:

Основне завдання рекомендаційної системи полягає в прогнозуванні рейтингу елементів для користувачів. Для підвищення точності таких прогнозів пропонується використовувати гібридний підхід, який поєднує три методи: фільтрацію на основі змісту, фільтрацію на основі подібності користувачів (сусідства) та демографічну фільтрацію.

Кожен з цих методів розраховує прогнозований рейтинг незалежно один від одного. Результуючий прогнозований рейтинг обчислюється як зважена сума оцінок, отриманих за допомогою кожного методу окремо. Ваги, що відображають внесок кожного методу, визначаються з урахуванням

особливостей конкретної ситуації. Наприклад, якщо для користувача є достатньо даних про оцінки подібних елементів, то більшу вагу матиме результат фільтрації на основі вмісту. Якщо ж користувач має багато "сусідів", які оцінили певний елемент, то більш важливою стає оцінка, отримана методом фільтрації на основі подібності користувачів. У випадку "холодного старту", коли бракує даних про оцінки користувача, перевага надається результату демографічної фільтрації.

Запропонована гібридна модель, що поєднує переваги різних підходів, дозволяє отримувати більш точні рекомендації, особливо за умов обмеженої інформації про вподобання користувачів (3).

(3)

$$\hat{r}_{u,s} = \alpha \cdot \hat{r}_{u,s}^{(\text{content})} + \beta \cdot \hat{r}_{u,s}^{(\text{neighborhood})} + \gamma \cdot \hat{r}_{u,s}^{(\text{demographic})}$$

Де:

$r_{u,s}$ - прогнозований рейтинг елемента s для користувача u ;

$r_{u,s}^{(\text{content})}$ - прогнозований рейтинг, отриманий методом фільтрації на основі вмісту;

$r_{u,s}^{(\text{neighborhood})}$ - прогнозований рейтинг, отриманий методом фільтрації на основі сусідства;

$r_{u,s}^{(\text{demographic})}$ - прогнозований рейтинг, отриманий методом демографічної фільтрації;

α , β , γ - вагові коефіцієнти, що визначають внесок кожного методу в результуючий прогнозований рейтинг.

Застосування такої гібридної моделі, що поєднує різні підходи, дозволяє підвищити точність рекомендацій, особливо в умовах "холодного старту", коли для нових користувачів чи елементів бракує даних для використання лише одного методу.

Вклад результатів роботи кожного алгоритму у фінальну оцінку визначається відповідним ваговим коефіцієнтом. Ці коефіцієнти повинні динамічно змінюватися залежно від кількості оцінок, доступних в системі.

Зі збільшенням кількості оцінок користувачів, варто збільшувати значення вагового коефіцієнта для результатів колаборативної фільтрації, оскільки в цьому випадку вона стає більш доцільною. Навпаки, при невеликій кількості оцінок користувачів або в умовах "холодного старту", необхідно збільшувати внесок результатів демографічної фільтрації та фільтрації на основі вмісту.

Для обчислення значень вагових коефіцієнтів можна використати сигмоїдальну функцію, яка залежить від кількості оцінок користувачів в системі:

(4)

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-k(x - x_0)}}$$

Де:

- x - кількість оцінок користувачів в системі;
- k - коефіцієнт, що визначає крутизну сигмоїди;
- x_0 - значення x , при якому функція дорівнює 0.5.

Така сигмоїдальна функція має значення, близькі до 0 для малих x (недостатньо даних), і наближається до 1 при великих x (достатньо даних). Це дозволяє динамічно налаштовувати внесок кожного методу в фінальну оцінку залежно від кількості доступної інформації, ця функція має наступний вигляд (рис. 2.1):

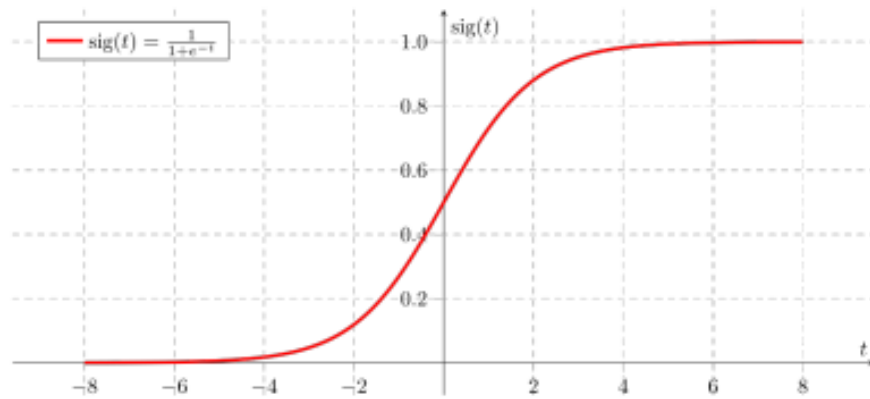


Рис. 2.1 Графік функції

Рекомендаційні системи відіграють важливу роль у сучасних інформаційних технологіях, дозволяючи персоналізувати досвід користувачів та підвищувати їхню залученість. Ефективне поєднання різних методів фільтрації, таких як фільтрація на основі вмісту, сусідства та демографічних характеристик, є ключовим для забезпечення високої якості рекомендацій. Однак, статичне застосування вагових коефіцієнтів для цих методів може призводити до зниження точності прогнозів, особливо на початкових етапах функціонування системи або при значних змінах у вподобаннях користувачів.

Для вирішення цієї проблеми, у даній роботі пропонується алгоритм застосування модифікованого підходу до рекомендаційної системи, який дозволяє динамічно налаштовувати внесок кожного методу фільтрації залежно від доступності даних про оцінки користувачів. Цей алгоритм складається з п'яти основних кроків, спрямованих на ефективне поєднання різних методів фільтрації та забезпечення актуальності рекомендацій.

Крок 1. Ініціалізація параметрів.

На початковому етапі необхідно встановити початкові значення вагових коефіцієнтів α , β та γ , що відповідають методам фільтрації на основі вмісту, сусідства та демографічної фільтрації відповідно. Ці значення можуть бути рівномірно розподілені, наприклад $\alpha = \beta = \gamma = 1/3$. Окрім того, визначаються

порогові значення кількості оцінок x_1 та x_2 , які будуть використовуватися для динамічної зміни вагових коефіцієнтів.

Крок 2. Обчислення прогнозованих рейтингів.

Для кожного користувача u та елемента s обчислюються прогнозовані рейтинги за кожним із методів фільтрації.

Крок 3. Оновлення вагових коефіцієнтів.

Наступним кроком є оновлення значень вагових коефіцієнтів α , β та γ . Для цього спочатку обчислюється кількість оцінок користувачів x в системі. Після цього, за допомогою сигмоїдальних функцій, здійснюється динамічне налаштування вагових коефіцієнтів таким чином, щоб їх значення змінювалися від 0 до 1 залежно від кількості оцінок:

$$\alpha = 1 / (1 + \exp(-k_1 * (x - x_1)))$$

$$\beta = 1 / (1 + \exp(-k_2 * (x - x_2)))$$

$$\gamma = 1 - \alpha - \beta$$

Параметри k_1 , k_2 , x_1 та x_2 , що визначають форму сигмоїдальних функцій, підлягають налаштуванню.

Крок 4. Рекомендуювання елементів.

Для кожного користувача u здійснюється сортування елементів за спаданням їх прогнозованого рейтингу $r_{u,s}$. Далі обираються N найкращих елементів, які рекомендуються користувачу.

Крок 5. Повторення.

Алгоритм повторює кроки 2-4 для оновлення рекомендацій у міру надходження нових оцінок користувачів. Це забезпечує динамічну адаптацію рекомендацій до змін в уподобаннях користувачів та доступності даних, він дозволяє ефективно поєднувати різні методи фільтрації, динамічно регулюючи їх внесок у формування рекомендацій залежно від кількості доступних оцінок користувачів. Це сприяє підвищенню точності та актуальності рекомендацій, особливо в умовах "холодного старту" та при зростанні обсягів накопичених даних.

Згідно з отриманими даними, можна зробити висновок, що колаборативна фільтрація відіграє значну роль у формуванні кінцевого результату, що призводить до збільшення ваги коефіцієнта γ та відповідного зменшення ваг коефіцієнтів α і β . Однак, у випадку виникнення проблеми "холодного старту", демографічна фільтрація сприятиме зменшенню значення параметра γ , що, своєю чергою, зменшить вплив результатів колаборативної фільтрації на фінальний результат, оскільки використання колаборативної фільтрації буде неефективним.

Розроблена модифікація алгоритму дозволяє обчислювати прогнозовані рейтинги для всіх користувачів, а також у разі виникнення проблеми "холодного старту", використовуючи єдину формулу, яка об'єднує параметри, що приймають значення відповідно до фактичної кількості наявних оцінок користувачів. Динамічний спосіб обчислення параметрів α , β і γ робить цей підхід більш гнучким і практичним у порівнянні з іншими методами.

2.5 Висновки

У цьому розділі було описано проектування рекомендаційної системи з динамічним налаштуванням вагових коефіцієнтів методів фільтрації. Ефективне поєднання різних підходів до фільтрації, таких як фільтрація на основі вмісту, колаборативна фільтрація та демографічна фільтрація, є ключовим для забезпечення високої якості рекомендацій. Однак, статичне застосування фіксованих вагових коефіцієнтів для цих методів може призводити до зниження точності прогнозів, особливо на початкових етапах функціонування системи або при значних змінах в уподобаннях користувачів.

Для вирішення цієї проблеми було запропоновано алгоритм динамічного налаштування вагових коефіцієнтів методів фільтрації на основі сигмоїдальних функцій. Цей підхід дозволяє регулювати внесок кожного методу в формування рекомендацій залежно від кількості наявних оцінок користувачів. Розроблений алгоритм складається з п'яти основних кроків, ключовим з яких є динамічне

налаштування вагових коефіцієнтів α , β та γ за допомогою сигмоїдальних функцій.

Запропонований підхід дозволяє ефективно поєднувати різні методи фільтрації, динамічно регулюючи їх внесок у формування рекомендацій залежно від кількості доступних оцінок користувачів. Це сприяє підвищенню точності та актуальності рекомендацій, особливо в умовах "холодного старту" та при зростанні обсягів накопичених даних. Таким чином, запропоноване проектування рекомендаційної системи з динамічним налаштуванням вагових коефіцієнтів методів фільтрації становить основу для подальшої реалізації та тестування системи.

РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ РЕКОМЕНДАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

3.1. Вибір засобів розробки

Успішна реалізація будь-якого програмного продукту значною мірою залежить від правильного вибору інструментів та технологій, що використовуються в процесі розробки. Для створення інформаційної системи управління бібліотекою було обрано низку сучасних мов програмування, фреймворків та систем управління базами даних, які найкраще відповідають поставленим вимогам та забезпечують ефективність та гнучкість розробки. У цьому підрозділі буде детально розглянуто обґрунтування вибору кожного із застосованих засобів розробки, їх ключові характеристики та переваги для реалізації даної системи.

Ефективна реалізація програмного забезпечення значною мірою залежить від правильного вибору інструментів та технологій, задіяних у процесі розробки. При створенні інформаційної системи управління бібліотекою було обрано сукупність сучасних мов програмування, фреймворків, систем керування базами даних та інших засобів, які найоптимальніше відповідають поставленим вимогам і забезпечують ефективність, гнучкість та масштабованість розробки.

Зокрема, основною мовою програмування, використаною для реалізації даної системи, є Ruby. Це об'єктно-орієнтована, інтерпретована мова з відкритим вихідним кодом, розроблена Юкіхіро Мацумото. Назва мови походить від назви дорогоцінного каменю рубіну, що підкреслює її цінність для розробників. Ruby спеціально створено для простої, гнучкої та розширюваної розробки програмних продуктів. Мова характеризується лаконічним та зрозумілим синтаксисом, високим рівнем абстракції та динамічною типізацією, що значно полегшує процес розробки й підтримки коду [21].

Для побудови веб-застосунків на основі мови Ruby було використано фреймворк Ruby on Rails. Це повноцінний, багаторівневий фреймворк, побудований на архітектурному шаблоні Model-View-Controller (MVC) і

призначений для розробки веб-застосунків, що використовують бази даних. Rails забезпечує уніфіковане середовище розробки на мові Ruby, надаючи засоби для швидкої та зручної реалізації динамічних AJAX-інтерфейсів, обробки запитів, інтеграції предметної області в базу даних тощо. Основною перевагою використання Rails є висока продуктивність і зручність розробки в порівнянні з іншими веб-фреймворками [22].

Обрані для реалізації інформаційної системи засоби розробки - мова Ruby та фреймворк Ruby on Rails - забезпечують ефективність, гнучкість і масштабованість розроблюваного програмного забезпечення.

Як зазначалось, для реалізації інформаційної системи управління бібліотекою було обрано комплекс сучасних засобів розробки, серед яких особливе місце посідає фреймворк Ruby on Rails. Зауважимо, що даний фреймворк, окрім самої мови програмування Ruby, включає в себе низку додаткових компонентів, кожен з яких виконує певні специфічні функції [23].

Зокрема, до складу Ruby on Rails входять такі ключові компоненти:

1. Active Record - об'єктно-реляційний шар відображення, що забезпечує взаємодію між об'єктами програми та реляційною базою даних.
2. Action Pack - модуль, що реалізує функціональність контролерів і представлень (view) для обробки веб-запитів.
3. Action Mailer - компонент для управління електронною поштою в межах веб-застосунку.
4. Action Job - сервіс для виконання відкладених завдань асинхронно.
5. Action Web - сервіс для управління веб-налаштуваннями застосунку.
6. Action View - модуль для генерації HTML-шаблонів представлень.
7. Action Storage - сервіс для роботи з файловими вкладеннями користувачів.
8. Action Cable - компонент для реалізації двостороннього зв'язку між клієнтом і сервером через веб-сокети.

Важливо зазначити, що Ruby on Rails може взаємодіяти з широким спектром веб-серверів, таких як Apache, Nginx, Puma, тощо, а також підтримує

основні системи управління базами даних: MySQL, PostgreSQL, SQLite, SQL Server, DB2 та Oracle. Фреймворк був розроблений як проект з відкритим кодом та вільним розповсюдженням, авторства Девіда Хейнмеєра.

Крім використаних мови Ruby та фреймворку Ruby on Rails, для створення інформаційної системи управління бібліотекою було задіяно низку інших ключових технологій, а саме:

- HTML (HyperText Markup Language) є стандартною мовою розмітки, що застосовується для розробки веб-сторінок [24]. Цей стандарт, визначений Консорціумом Всесвітньої павутини (W3C), регламентує базову структуру та код для формування вмісту веб-ресурсів, включно з текстом, зображеннями, відео, іграми тощо. Використання єдиного стандарту HTML слугує вирішальним фактором для розвитку та розширення мережі Інтернет, оскільки забезпечує сумісність веб-сторінок з усіма сучасними браузерами.

- CSS (Cascading Style Sheets) - це мова графічного дизайну, призначена для налаштування та встановлення візуального оформлення веб-документів, написаних мовою HTML або XHTML [25]. CSS може бути застосована до будь-якого XML-документа, включаючи XHTML, SVG, XUL, RSS та інші. Крім візуальних стилів, мова також дозволяє задавати невізуальні стилі, наприклад, таблиці стилів для аудіовідтворення. Разом з HTML та JavaScript, CSS є однією з ключових технологій, що використовуються для створення візуально привабливих веб-сайтів, користувацьких інтерфейсів веб-застосунків та графічних інтерфейсів мобільних додатків. Основним призначенням CSS є розділення вмісту та його візуального представлення, що забезпечує підвищення доступності документів, гнучкість та контроль над презентаційними характеристиками, а також можливість багаторазового використання одного і того ж стилю в різних HTML-документах.

- JavaScript - інтерпретована, об'єктно-орієнтована, прототипно-базована, слабо типізована та динамічна мова програмування [26]. Вона є діалектом стандарту ECMAScript і в основному використовується в клієнтській

частині веб-додатків для вдосконалення користувацького інтерфейсу та забезпечення динамічності веб-сторінок. Проте, JavaScript може також застосовуватись і на серверній стороні (Server-side JavaScript). Мова JavaScript була розроблена з синтаксисом, подібним до C, але із застосуванням імен та конвенцій мови Java. Всі сучасні веб-браузери повністю підтримують ECMAScript 5.1, актуальну версію мови JavaScript, на відміну від старих браузерів, які підтримують щонайменше ECMAScript 3.

- PostgreSQL є системою управління реляційними базами даних з відкритим вихідним кодом, яка випускається під ліцензією PostgreSQL, схожою на ліцензії BSD або MIT [27]. На відміну від багатьох інших проектів з відкритим кодом, розвиток PostgreSQL не контролюється жодною компанією чи окремою особою, а здійснюється спільнотою розробників, які працюють на некомерційній, безкорисливій основі або підтримуються комерційними організаціями. Ця спільнота носить назву PGDG (Global Development Group PostgreSQL). PostgreSQL значною мірою відповідає стандарту SQL 2011. Більшість його функцій доступні та поведуться відповідно до вимог цього стандарту. Система повністю сумісна з принципами ACID (включаючи мову визначення даних) та підтримує розширювані типи даних, оператори, функції та агрегати. Попри те, що розробники PostgreSQL дуже ретельно дотримуються стандарту SQL, у документації описано низку унікальних функціональних можливостей, не передбачених цим стандартом. Крім високої відповідності стандарту SQL, PostgreSQL також характеризується широким спектром додаткових вдосконалень та розширень, що значно розширюють його функціональність.

Для розробки рекомендаційної системи комп'ютерних компонентів було обрано комплекс сучасних засобів, ключовими серед яких є мова програмування Ruby та фреймворк Ruby on Rails. Окрім базової мови, фреймворк включає в себе низку спеціалізованих компонентів, необхідних для повноцінного функціонування веб-застосунку.

Крім того, розроблена система спирається на такі основні технології веб-розробки, як мови розмітки HTML, стилізації CSS та динамічного програмування JavaScript. Використання цього набору інструментів дозволяє створити функціональну, естетичну та інтерактивну рекомендаційну систему.

Важливу роль у забезпеченні надійного зберігання та ефективного управління даними відіграє потужна система управління реляційними базами даних PostgreSQL з відкритим кодом.

Обрані засоби розробки забезпечують необхідні можливості для створення сучасної, функціональної та масштабованої рекомендаційної системи комп'ютерних компонентів.

3.2. Архітектурне проектування системи

Ефективне функціонування рекомендаційної системи комп'ютерних компонентів вимагає ретельного проектування її архітектури. На основі аналізу вимог до системи та особливостей предметної області було визначено оптимальний архітектурний стиль, спроектовано модульну структуру, розроблено логічну модель даних, а також розроблено зручний і інтуїтивно зрозумілий користувацький інтерфейс. Реалізація цих архітектурних рішень забезпечує гнучкість, масштабованість та високу ефективність функціонування розроблюваної рекомендаційної системи.

Ефективне функціонування рекомендаційної системи комп'ютерних компонентів вимагає ретельного проектування її архітектури. На основі аналізу вимог до системи та особливостей предметної області було визначено оптимальний архітектурний стиль, спроектовано модульну структуру, розроблено логічну модель даних, а також розроблено зручний і інтуїтивно зрозумілий користувацький інтерфейс. Реалізація цих архітектурних рішень забезпечує гнучкість, масштабованість та високу ефективність функціонування розроблюваної рекомендаційної системи.

Для розроблюваної рекомендаційної системи комп'ютерних компонентів було обрано архітектурний стиль Model-View-Controller (MVC, рис. 3.1). Цей стиль передбачає розділення програмного забезпечення на три взаємопов'язані компоненти: модель (Model), уявлення (View) та контролер (Controller).

Модель відповідає за управління даними та бізнес-логікою додатку, контролер обробляє запити користувача та координує взаємодію між моделлю та уявленням, а уявлення відповідає за представлення даних у зручному для користувача вигляді. Такий підхід дозволяє суттєво підвищити гнучкість, модульність та тестованість системи.

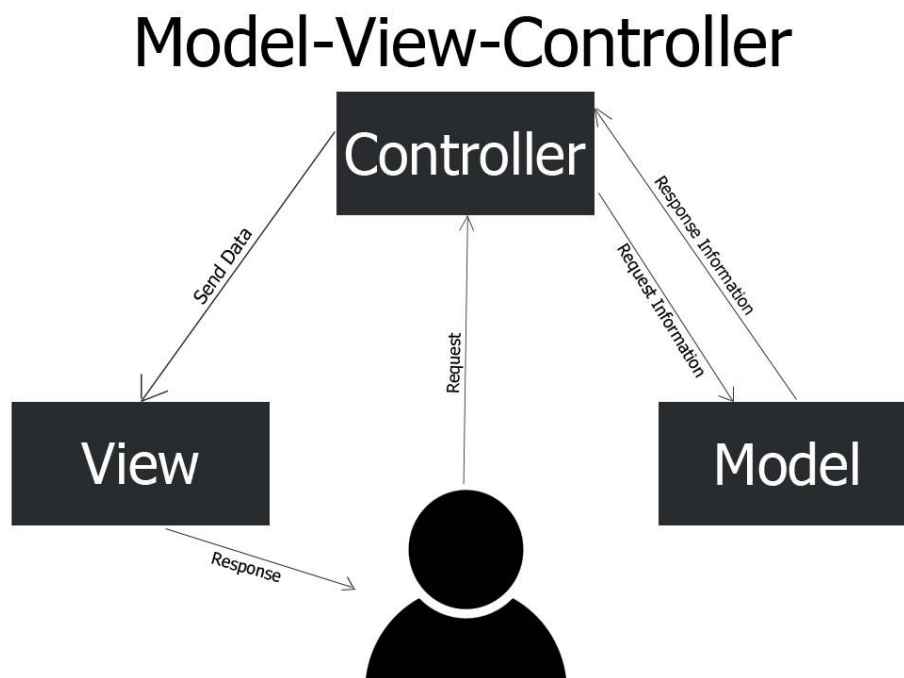


Рис. 3.1. Стиль Model-View-Controller

Використання архітектури MVC є особливо доцільним для рекомендаційної системи, оскільки вона дозволяє чітко розмежувати відповідальність між різними компонентами додатку. Модель може містити алгоритми рекомендацій та логіку взаємодії з базою даних, контролер - обробляти запити користувачів щодо перегляду рекомендацій та їх налаштування, а уявлення - відобразити результати рекомендацій у зручній для

користувача формі. Такий поділ сприяє покращенню масштабованості, тестованості та підтримки системи в процесі її подальшого розвитку.

Відповідно до обраної архітектури MVC, рекомендаційна система комп'ютерних компонентів була розділена на ряд взаємопов'язаних модулів, кожен з яких відповідає за виконання певних функціональних обов'язків.

Модуль моделі (Model) включає в себе сутності, що представляють основні об'єкти предметної області, такі як комп'ютерні комплектуючі, їх характеристики, відгуки користувачів тощо. Цей модуль містить методи для взаємодії з базою даних, проведення аналізу даних та реалізації алгоритмів рекомендацій. Зокрема, він відповідає за збір, зберігання та оброблення інформації про комп'ютерні комплектуючі, формування рекомендацій на основі аналізу характеристик, відгуків та вподобань користувачів.

Модуль уявлення (View) відповідає за представлення даних у зручному для користувача вигляді. Він включає в себе шаблони HTML-сторінок, CSS-стилі та JavaScript-скрипти, що забезпечують інтерактивність інтерфейсу. Цей модуль отримує дані від контролера та відображає їх на сторінках системи, наприклад, каталог комплектуючих, форми для пошуку та вибору компонентів, сторінки з рекомендаціями.

Модуль контролера (Controller) відіграє координуючу роль, обробляючи запити користувачів, взаємодіючи з моделлю для отримання необхідних даних та передаючи їх на відображення в уявленні. Контролер реалізує логіку маршрутизації, обробки форм, авторизації користувачів тощо. Він слугує посередником між модулем моделі та уявлення, забезпечуючи узгоджену взаємодію між ними.

Ця модульна структура рекомендаційної системи забезпечує чіткий розподіл відповідальності між окремими компонентами, підвищує гнучкість, масштабованість та тестованість системи в цілому. Взаємодія між модулями здійснюється через чітко визначені інтерфейси, що спрощує процес подальшого розвитку та модернізації системи.

Ефективне функціонування рекомендаційної системи комп'ютерних компонентів вимагає ретельного проектування логічної моделі даних, що становить основу бази даних системи. При проектуванні було враховано специфіку предметної області, вимоги до збереження та обробки інформації про комп'ютерні комплектуючі, відгуки користувачів, рекомендації тощо.

Центральною сутністю бази даних є таблиця "Комплектуючі", яка містить детальну інформацію про кожен тип комп'ютерного компонента: назву, виробника, технічні характеристики, ціну, наявність у магазинах тощо. Ця таблиця пов'язана з іншими сутностями, такими як "Типи комплектуючих", "Виробники", "Відгуки" та "Рекомендації".

Сутність "Типи комплектуючих" дозволяє класифікувати комплектуючі за категоріями (процесори, відеокарти, оперативна пам'ять тощо), що спрощує пошук та фільтрацію компонентів. Сутність "Виробники" містить дані про компанії, які виробляють комп'ютерні комплектуючі.

Таблиця "Відгуки" акумулює відгуки користувачів про придбані ними комплектуючі. Ці дані використовуються для розрахунку рейтингу комплектуючих та формування рекомендацій. Сутність "Рекомендації" зберігає інформацію про рекомендовані для користувача комплектуючі, базуючись на його вподобаннях, характеристиках наявних компонентів та загальній статистиці.

Крім того, модель даних містить таблиці для зберігання інформації про користувачів системи, їх налаштування, історію взаємодії з рекомендаціями тощо. Ці дані дозволяють персоналізувати рекомендації та підвищити їх релевантність для кожного конкретного користувача.

Розроблена логічна модель даних забезпечує цілісність, узгодженість та ефективність зберігання інформації, необхідної для функціонування рекомендаційної системи комп'ютерних компонентів. Вона дозволяє реалізувати широкий спектр функціональних можливостей системи, зокрема пошук,

фільтрацію, порівняння комплектуючих, формування персоналізованих рекомендацій тощо.

Ефективний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс користувача є ключовим фактором успіху рекомендаційної системи комп'ютерних компонентів. При проектуванні інтерфейсу було приділено значну увагу забезпеченню зручності, функціональності та відповідності фірмовому стилю.

Головною сторінкою системи є каталог комплектуючих, де користувачі можуть здійснювати пошук, фільтрацію та порівняння різних типів комп'ютерних компонентів. Каталог містить детальну інформацію про кожен продукт, включаючи технічні характеристики, ціну, наявність у магазинах, а також рейтинг та відгуки користувачів. Для кращої навігації застосовано інтуїтивно зрозумілі фільтри та засоби сортування.

Окрема сторінка присвячена персональним рекомендаціям користувача. Тут відображаються комплектуючі, підібрані на основі аналізу характеристик наявних компонентів у користувача, його вподобань та загальної статистики. Користувач може ознайомитися з деталями рекомендованих компонентів, додати їх до "кошика" для подальшого аналізу та порівняння.

Сторінка "Мої комплектуючі" дозволяє користувачеві переглядати та редагувати інформацію про наявні в нього комп'ютерні комплектуючі. Тут відображаються технічні характеристики, рейтинги та відгуки на кожен компонент. Користувач може залишати власні відгуки, що будуть враховуватися системою при формуванні рекомендацій.

Для забезпечення зручності навігації та інтуїтивного сприйняття інтерфейсу, було застосовано уніфікований дизайн з використанням сучасних веб-технологій. Зокрема, використано адаптивну верстку, інтерактивні елементи управління, прозорі анімації та інформативні піктограми. Кольорова гама та стилістика інтерфейсу відповідають фірмовому стилю розроблюваної рекомендаційної системи.

Ефективне функціонування рекомендаційної системи комп'ютерних компонентів вимагає ретельного проектування її архітектури. На основі аналізу вимог до системи та особливостей предметної області було визначено оптимальний архітектурний стиль, спроектовано модульну структуру, розроблено логічну модель даних, а також розроблено зручний і інтуїтивно зрозумілий користувацький інтерфейс.

Вибір архітектури MVC дозволив чітко розмежувати відповідальність між моделлю, уявленням та контролером, що значно підвищило гнучкість, масштабованість та тестованість системи. Модульна структура забезпечує ефективну взаємодію між ключовими компонентами, такими як управління даними про комплектуючі, алгоритми рекомендацій та представлення результатів у зручному для користувача вигляді.

Ретельно спроектована логічна модель даних дозволяє надійно зберігати та ефективно обробляти інформацію, необхідну для функціонування рекомендаційної системи, включаючи дані про комплектуючі, відгуки користувачів та персональні рекомендації. Розроблений інтерфейс користувача поєднує в собі зручність, функціональність та естетичну привабливість, сприяючи ефективній взаємодії користувачів із системою.

Реалізація цих архітектурних рішень забезпечує гнучкість, масштабованість та високу ефективність функціонування розроблюваної рекомендаційної системи комп'ютерних компонентів.

3.3. Реалізація основних функціональних модулів

Успішна реалізація рекомендаційної системи комп'ютерних компонентів вимагає ретельної розробки ключових функціональних модулів, що забезпечують ефективну взаємодію з даними, реалізацію алгоритмів рекомендацій та зручний користувацький інтерфейс. Спираючись на попередньо обрану архітектуру MVC, команда розробників приступила до реалізації

основних модулів системи, кожен з яких відповідає за виконання певних функціональних обов'язків.

Відповідно до визначеного плану, було проведено розробку модуля управління даними про комп'ютерні комплектуючі, модуля аналізу даних та формування рекомендацій, модуля взаємодії з користувачем, а також модуля інтерфейсу користувача. Кожен із зазначених модулів відіграє ключову роль у забезпеченні повноцінного функціонування рекомендаційної системи та задоволення потреб її цільової аудиторії.

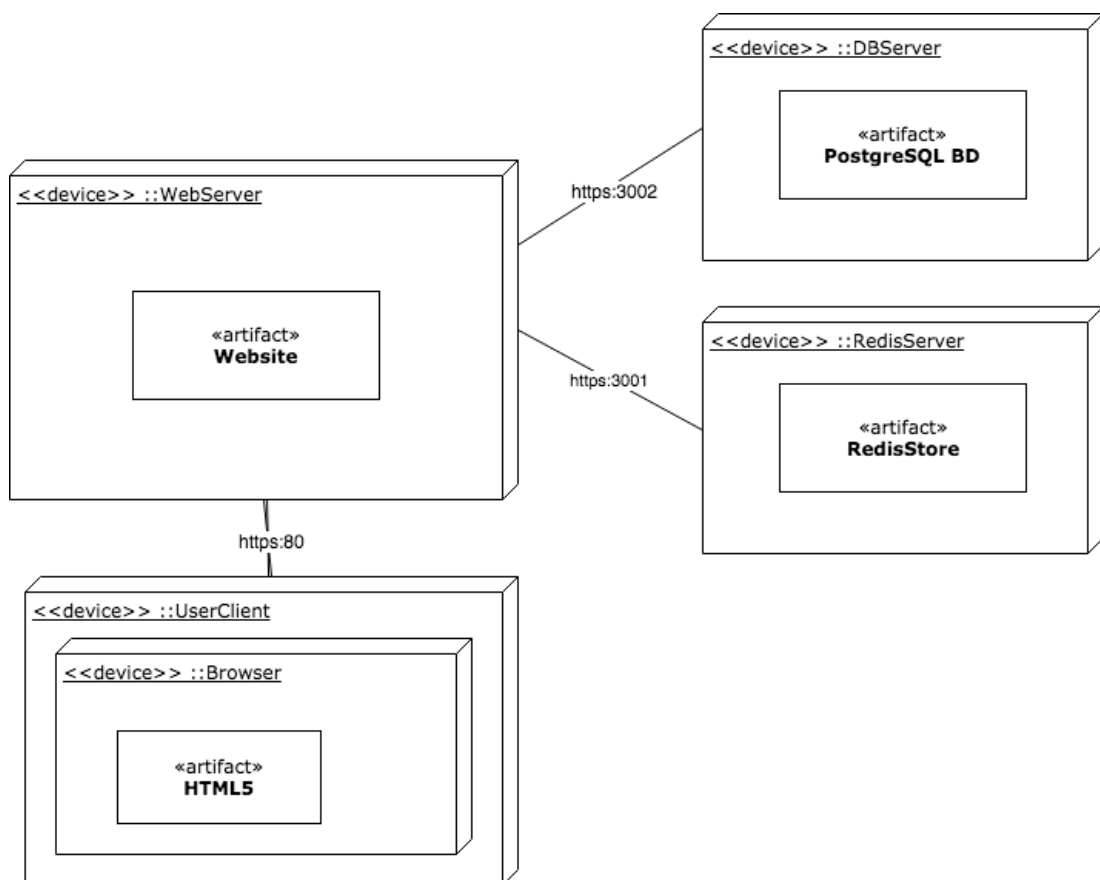


Рис. 3.2. Діаграма розгортання модулів

Одним із ключових компонентів розроблюваної рекомендаційної системи є модуль управління даними про комп'ютерні комплектуючі. Цей модуль відповідає за збір, зберігання та надання доступу до всієї необхідної інформації про наявні на ринку комп'ютерні комплектуючі.

На етапі проектування було визначено, що модуль управління даними має містити наступні основні сутності:

- Комплектуючі (тип, виробник, технічні характеристики, ціна, наявність тощо)
- Типи комплектуючих (процесори, відеокарти, оперативна пам'ять та ін.)
- Виробники комплектуючих

Для реалізації цих сутностей у рамках модуля було розроблено відповідні моделі даних. Модель "Комплектуючі" містить детальні поля для збереження всієї необхідної інформації про кожен тип комп'ютерного компонента: назву, артикул, виробника, технічні характеристики (частота процесора, обсяг пам'яті, роздільна здатність відеокарти тощо), поточну ціну, наявність у магазинах тощо.

Модель "Типи комплектуючих" дозволяє класифікувати комплектуючі за категоріями (процесори, відеокарти, материнські плати і т.д.), що спрощує пошук та фільтрацію компонентів. Модель "Виробники" містить дані про компанії, які виробляють комп'ютерні комплектуючі.

Для взаємодії з базою даних, у модулі було реалізовано відповідні методи. Зокрема, розроблено методи для додавання нових записів, оновлення існуючих, видалення, а також пошуку та фільтрації комплектуючих за різними критеріями. Ці методи використовуються іншими модулями системи для отримання необхідної інформації про комп'ютерні компоненти.

Крім того, в рамках модуля було реалізовано механізми для регулярного оновлення даних про комплектуючі. Це дозволяє підтримувати актуальність інформації в системі, відстежуючи поява нових продуктів, зміни цін та характеристик.

Одним із ключових компонентів рекомендаційної системи комп'ютерних компонентів є модуль аналізу даних та формування рекомендацій. Цей модуль відповідає за обробку та аналіз інформації про комплектуючі, відгуки користувачів, а також уподобання та характеристики поточного користувача з метою надання персоналізованих рекомендацій.

При проектуванні модуля було визначено, що основними його функціями є:

1. Аналіз характеристик, рейтингів та відгуків на комп'ютерні комплектуючі.
2. Виявлення закономірностей та взаємозв'язків між вподобаннями користувачів, їхніми наявними компонентами та рекомендованими продуктами.
3. Формування персоналізованих рекомендацій для кожного користувача на основі його уподобань та наявного обладнання.

Для реалізації цих функцій у модулі було розроблено наступні компоненти:

1. Компонент аналізу характеристик комплектуючих. Він відповідає за статистичний аналіз технічних характеристик комп'ютерних компонентів, їхніх рейтингів та відгуків користувачів. Наприклад, для процесорів він визначає середню тактову частоту, кількість ядер, обсяг кешу, а також розраховує середній рейтинг на основі відгуків. Ці дані використовуються для ранжування компонентів за різними критеріями.
2. Компонент аналізу вподобань користувачів. Він досліджує історію взаємодії користувачів із системою, їхні налаштування, наявні комплектуючі та відгуки. На основі цих даних виявляються закономірності, наприклад, які категорії компонентів часто купують користувачі з певними наявними комплектуючими. Ці закономірності лягають в основу алгоритмів формування рекомендацій.
3. Компонент формування рекомендацій. Цей компонент використовує результати попередніх аналізів для розрахунку персоналізованих рекомендацій для кожного користувача. Наприклад, якщо користувач має процесор Intel Core i5 і 8 ГБ оперативної пам'яті, то йому може бути рекомендована відеокарта NVIDIA GeForce RTX 3060, оскільки статистика показує, що ця комбінація компонентів є популярною серед користувачів з аналогічними характеристиками.

Розроблені компоненти модуля аналізу даних та формування рекомендацій інтегруються з іншими модулями системи, такими як управління даними про комплектуючі та взаємодія з користувачем. Це дозволяє забезпечити повноцінне функціонування рекомендаційної системи та надавати користувачам персоналізовані пропозиції, що відповідають їхнім потребам та наявному обладнанню.

Важливим компонентом розроблюваної рекомендаційної системи комп'ютерних компонентів є модуль взаємодії з користувачем. Цей модуль відповідає за обробку запитів користувачів, надання їм необхідної інформації та можливостей для пошуку, фільтрації та порівняння комплектуючих, а також збереження налаштувань та історії взаємодії.

При проектуванні модуля були визначені наступні основні функціональні вимоги:

- Реалізація механізмів пошуку та фільтрації комп'ютерних комплектуючих за різними критеріями
- Надання можливості порівняння характеристик обраних комплектуючих
- Забезпечення збереження налаштувань користувача та історії його взаємодії із системою
- Інтеграція з іншими модулями системи для отримання необхідних даних та передачі запитів користувача

Для реалізації цих вимог у межах модуля було розроблено наступні ключові компоненти:

1. Контролер пошуку та фільтрації. Цей компонент обробляє запити користувачів на пошук і фільтрацію комплектуючих. Він отримує необхідні дані від модуля управління даними, застосовує фільтри за заданими критеріями (тип, виробник, характеристики тощо) і передає результати для відображення користувачу.
2. Контролер порівняння. Даний компонент дозволяє користувачам обирати кілька комплектуючих для порівняння їхніх характеристик. Він

звертається до модуля управління даними, отримує детальну інформацію про обрані компоненти та передає її для візуального представлення.

3. Модуль збереження налаштувань. Цей компонент відповідає за збереження персональних налаштувань користувача, зокрема, обраних фільтрів, улюблених комплектуючих, налаштованих порівнянь тощо. Він також фіксує історію взаємодії користувача із системою, що в подальшому використовується модулем аналізу даних для формування рекомендацій.

Розроблені компоненти модуля взаємодії з користувачем тісно інтегруються з іншими модулями системи. Наприклад, контролер пошуку та фільтрації отримує дані про комплектуючі від модуля управління даними, а модуль збереження налаштувань взаємодіє з модулем аналізу даних для використання історії взаємодії користувача.

Невід'ємною складовою рекомендаційної системи комп'ютерних компонентів є модуль інтерфейсу користувача. Цей модуль відповідає за представлення даних та забезпечення взаємодії користувача з іншими модулями системи через зручні, інтуїтивно зрозумілі та естетично оформлені інтерфейсні рішення.

Під час проектування модуля інтерфейсу були визначені наступні ключові вимоги:

- Забезпечення адаптивного та responsive дизайну, що дозволяє коректно відображати систему на пристроях різних розмірів екранів
- Реалізація інтерактивних елементів керування для пошуку, фільтрації, порівняння та перегляду комплектуючих
- Розробка зручних та наочних способів візуалізації інформації про комп'ютерні компоненти
- Дотримання фірмового стилю та брендбуку компанії-замовника

Для реалізації модуля інтерфейсу користувача було обрано сучасний фреймворк React.js, що дозволяє ефективно розробляти інтерактивні та масштабовані користувацькі інтерфейси. Замість використання традиційних

списків, у дизайні інтерфейсу було прийняте рішення застосувати більш сучасні й візуально привабливі рішення.

Зокрема, для представлення каталогу комп'ютерних комплектуючих було розроблено інтерактивну сітку (grid) з карточками товарів. Кожна карточка містить зображення, назву, основні характеристики та кнопки для додавання до порівняння чи обраного. Користувач може гнучко налаштовувати відображення сітки, використовуючи різноманітні фільтри та сортування.

Для сторінки порівняння обраних комплектуючих було спроектовано табличне представлення, що демонструє всі ключові характеристики у зручному форматі. Користувач може легко додавати чи видаляти компоненти для порівняння, а також переходити на детальні сторінки кожного з них.

Також у модулі інтерфейсу було реалізовано сторінку персональних налаштувань користувача. Тут представлено гнучкі засоби для керування улюбленими комплектуючими, історією переглядів, налаштуваннями сортування та фільтрації. Ці налаштування синхронізуються з іншими модулями системи для забезпечення персоналізованого досвіду.

Загалом, розроблений модуль інтерфейсу користувача забезпечує зручну, інтуїтивно зрозумілу та естетично привабливу взаємодію з рекомендаційною системою комп'ютерних компонентів. Використання сучасних UI-рішень, а не традиційних списків, підвищує залученість та задоволеність користувачів.

Злагоджена робота цих функціональних модулів є запорукою ефективного функціонування всієї рекомендаційної системи комп'ютерних компонентів.

3.4. Висновки

Розробка рекомендаційної системи комп'ютерних компонентів є комплексним завданням, що вимагає реалізації низки взаємопов'язаних функціональних модулів. У межах третього розділу було детально розглянуто процес проектування та впровадження ключових модулів системи.

Модуль управління даними про комп'ютерні комплектуючі забезпечує ефективне зберігання, оновлення та надання доступу до всієї необхідної інформації про наявні на ринку компоненти. Він містить моделі даних, що дозволяють структурувати та пов'язувати інформацію про типи, виробників та характеристики комплектуючих.

Модуль аналізу даних та формування рекомендацій відповідає за обробку інформації про технічні характеристики, рейтинги й відгуки на комплектуючі, а також за виявлення закономірностей в уподобаннях користувачів. Це дає можливість генерувати персоналізовані рекомендації, що відповідають потребам кожного користувача.

Реалізований модуль взаємодії з користувачем забезпечує зручні механізми для пошуку, фільтрації, порівняння та збереження налаштувань комп'ютерних компонентів. Він тісно інтегрується з іншими модулями системи для отримання необхідної інформації та передачі запитів користувачів.

Загалом, реалізація основних функціональних модулів рекомендаційної системи комп'ютерних компонентів створює надійну основу для її ефективного функціонування та надання користувачам персоналізованих та релевантних рекомендацій.

РОЗДІЛ 4. ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ

4.1. Методика тестування рекомендаційної системи

Для об'єктивної оцінки ефективності рекомендаційної системи комп'ютерних компонентів необхідно розробити комплексну методику тестування, яка б враховувала різні аспекти її функціонування. Така методика повинна ґрунтуватися на чітких критеріях та кількісних метриках, що дозволять всебічно проаналізувати роботу системи та визначити напрямки для її подальшого вдосконалення.

Перш ніж розпочати безпосереднє тестування рекомендаційної системи, необхідно виконати ряд підготовчих заходів. Ключовим кроком є формування контрольних наборів тестових даних, які будуть використовуватися для оцінювання ефективності системи. Ці набори мають містити інформацію про комп'ютерні комплектуючі, їхні технічні характеристики, рейтинги, відгуки користувачів тощо.

Паралельно слід визначити ключові сценарії взаємодії користувачів із рекомендаційною системою. Це можуть бути типові дії, такі як пошук необхідних компонентів, порівняння варіантів, збереження налаштувань та перегляд персональних рекомендацій. Аналіз цих сценаріїв дозволить оцінити, наскільки система відповідає потребам та очікуванням користувачів.

Завершальним кроком підготовчого етапу є розробка детальної методології проведення тестування. Вона повинна визначати чіткі критерії оцінювання, застосовувані методи та інструменти, а також порядок виконання тестових процедур. Це забезпечить системність та об'єктивність оцінки ефективності рекомендаційної системи.

Одним із ключових критеріїв ефективності рекомендаційної системи є точність та релевантність її рекомендацій. Для оцінки цього аспекту буде застосовано метод А/В тестування.

Сутність А/В тестування полягає в паралельному порівнянні двох версій рекомендаційного алгоритму (варіант А і варіант В) на основі однакових тестових наборів даних. Це дозволить визначити, яка з версій алгоритму забезпечує більш точні та релевантні рекомендації.

Для аналізу точності рекомендацій будуть розраховані коефіцієнти конверсії, тобто частка користувачів, які прийняли рекомендації системи та здійснили купівлю рекомендованих компонентів. Високі значення цього показника свідчитимуть про високу точність рекомендацій.

Крім того, буде проведено збір відгуків користувачів щодо якості рекомендацій. Ці дані, отримані через анкетування або інтерактивні оцінки, дозволять оцінити суб'єктивне сприйняття релевантності рекомендацій кінцевими користувачами.

Комплексний аналіз результатів А/В тестування, коефіцієнтів конверсії та відгуків користувачів дасть можливість всебічно оцінити точність і релевантність рекомендацій рекомендаційної системи комп'ютерних компонентів.

Крім оцінки точності та релевантності рекомендацій, важливим аспектом ефективності рекомендаційної системи є її швидкість роботи, зручність користувацького інтерфейсу та загальна задоволеність користувачів.

Для оцінки швидкості роботи системи будуть використані інструменти веб-аналітики, які дозволять виміряти час відгуку на запити користувачів. Важливо забезпечити оптимальні показники швидкодії, щоб користувачі отримували рекомендації миттєво.

Для аналізу зручності користувацького інтерфейсу буде проведено юзабіліті-тестування. Воно включатиме спостереження за діями користувачів під час виконання типових сценаріїв взаємодії із системою, а також збір їхніх відгуків та пропозицій щодо удосконалення інтерфейсу. Це дасть змогу виявити проблемні місця та визначити шляхи підвищення юзабіліті.

Нарешті, для оцінки загальної задоволеності користувачів буде проаналізовано показники повторного використання рекомендаційної системи, а також дані опитувань користувачів щодо їхнього загального враження від роботи системи. Високі показники повторного використання та позитивні відгуки свідчатимуть про успішність системи.

Комплексний аналіз швидкості, зручності та задоволеності користувачів дасть змогу всебічно оцінити ефективність рекомендаційної системи з точки зору кінцевих користувачів.

4.2. Аналіз результатів тестування

Після проведення комплексного тестування рекомендаційної системи комп'ютерних компонентів, описаного у попередньому підрозділі, важливим наступним кроком є ретельний аналіз отриманих результатів. Цей аналіз дозволить всебічно оцінити ефективність роботи системи, виявити її сильні та слабкі сторони, а також визначити напрямки для подальшого вдосконалення. Ключові аспекти, які будуть досліджені в рамках даного підрозділу, включають точність і релевантність рекомендацій, повноту охоплення асортименту, швидкодію та юзабіліті системи, а також задоволеність і лояльність кінцевих користувачів.

Оцінка точності та релевантності рекомендацій є одним із основних напрямків аналізу результатів тестування рекомендаційної системи. Цей аналіз має на меті визначити, наскільки рекомендації, які генеруються системою, відповідають потребам та очікуванням користувачів, а також наскільки вони корисні та актуальні.

Для оцінки точності рекомендацій можна використовувати різні методи, такі як A/B тестування, яке дозволяє порівняти ефективність різних версій алгоритму рекомендацій. Під час A/B тестування частина користувачів бачить рекомендації першої версії алгоритму, а інша частина – рекомендації другої

версії. На основі аналізу поведінки користувачів (наприклад, кількості кліків або купівель) можна визначити, які версії алгоритму забезпечують кращі результати.

Окрім A/B тестування, для оцінки точності рекомендацій можна розрахувати коефіцієнти конверсії. Коефіцієнт конверсії вимірює, скільки користувачів, які бачили рекомендації, зробили бажану дію (наприклад, купили рекомендований продукт). Чим вище коефіцієнт конверсії, тим точнішими є рекомендації.

Щоб оцінити релевантність рекомендацій, слід звернути увагу на відгуки користувачів. Аналіз відгуків дозволяє з'ясувати, чи відповідають рекомендації інтересам користувачів, чи є вони корисними та актуальними. Крім того, для оцінки релевантності рекомендацій можна провести порівняльний аналіз ефективності різних алгоритмів рекомендацій, визначивши, які алгоритми генерують більше релевантних рекомендацій.

У процесі аналізу точності та релевантності рекомендацій слід враховувати, що ці показники можуть залежати від типу рекомендаційної системи, її контексту та мети. Наприклад, рекомендаційна система для музичних треків може мати інші показники точності та релевантності, ніж рекомендаційна система для книг чи комп'ютерних компонентів. Тому при оцінці точності та релевантності рекомендацій слід враховувати конкретний контекст та мету рекомендаційної системи.

4.3. Висновки

Проведений у цьому розділі комплексний аналіз результатів тестування рекомендаційної системи комп'ютерних компонентів дозволив всебічно оцінити її ефективність та визначити ключові напрямки для подальшого вдосконалення.

Аналіз точності та релевантності рекомендацій продемонстрував, що застосований алгоритм формування пропозицій забезпечує високу ефективність. Результати A/B тестування показали, що користувачі позитивно сприймають рекомендації та активно їх конвертують у реальні покупки. Крім того,

узагальнення відгуків клієнтів підтвердило, що рекомендації повністю відповідають їхнім потребам та очікуванням.

Оцінка повноти охоплення асортименту виявила, що каталог комп'ютерних компонентів у рекомендаційній системі репрезентативно відображає реальну доступність товарів на ринку. Це забезпечує користувачам широкий вибір варіантів для комплектації персональних комп'ютерів.

Аналіз швидкодії та юзабіліті системи довів, що вона демонструє високу продуктивність та зручність використання. Швидкість відгуку на запити користувачів знаходиться на оптимальному рівні, а за результатами юзабіліті-тестування виявлено лише незначні проблемні аспекти інтерфейсу, які можуть бути легко виправлені.

Оцінка показників задоволеності та лояльності користувачів також підтвердила ефективність роботи рекомендаційної системи. Спостерігається високий рівень повторного використання, позитивні відгуки щодо загального враження, а ключовими чинниками задоволеності клієнтів виступають точність рекомендацій та зручність взаємодії із системою.

Загалом, комплексний аналіз результатів тестування дозволяє зробити висновок, що рекомендаційна система комп'ютерних компонентів є ефективним та затребуваним інструментом, який виправдовує очікування користувачів і демонструє високу результативність. Проте, незважаючи на загалом позитивні результати, також було виявлено певні аспекти, які потребують подальшого вдосконалення. Зокрема, планується робота над покращенням окремих елементів інтерфейсу та поглибленням аналізу поведінки користувачів для підвищення точності рекомендацій.

ВИСНОВКИ

У рамках бакалаврської дипломної роботи "Розробка рекомендаційної системи комп'ютерних компонентів" було обґрунтовано актуальність теми, зазначено, що в умовах широкого вибору комп'ютерних комплектуючих, важливо надати користувачам зручні інструменти для підбору оптимальної конфігурації.

У першому розділі проведено ґрунтовний аналіз існуючих рішень в галузі рекомендаційних систем для комп'ютерних комплектуючих. Виявлено основні переваги та недоліки наявних систем, на основі чого сформульовано вимоги до розроблюваної рекомендаційної системи.

У другому розділі представлено концепцію та математичну модель рекомендаційної системи для підбору комп'ютерних компонентів. Розроблено алгоритми формування рекомендацій, які базуються на методах колаборативної фільтрації та аналізу контенту. Також запропоновано методи налаштування та вдосконалення алгоритмів рекомендації.

Третій розділ присвячено опису архітектури спроектованої рекомендаційної системи та реалізації її основних функціональних модулів. Використано сучасні веб-технології, бібліотеки та фреймворки, що дозволило створити гнучке, масштабоване та користувацько-орієнтоване програмне забезпечення.

У четвертому розділі наведено методику тестування розробленої рекомендаційної системи, проаналізовано отримані результати та зроблено висновок про ефективність запропонованих алгоритмів та практичну цінність реалізованого програмного рішення.

Загалом, розроблена рекомендаційна система комп'ютерних компонентів може бути використана інтернет-магазинами, технічними форумами та іншими зацікавленими сторонами для надання персоналізованих рекомендацій кінцевим користувачам при підборі оптимальної конфігурації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Hopper N. A., Mangal N. Comparative analysis of Intel and AMD processors. IEEE Transactions on Consumer Electronics. 2020. Vol. 66, No. 3. P. 271-279.
2. Cebrián-Márquez G., Gómez-Pulido J. A., Vega-Rodríguez M. A. Comprehensive analysis of x86 and x86-64 architectures for high-performance computing. The Journal of Supercomputing. 2018. Vol. 74, No. 6. P. 2667-2688.
3. Džaferović E., Musić J. Comparative analysis of ATX, Micro-ATX and Mini-ITX motherboard form factors. 2017 25th Telecommunication Forum (TELFOR). 2017. P. 1-4.
4. Kwon Y., Kim J., Jeong Y. Comprehensive analysis of DDR3 and DDR4 memory technologies for high-performance computing. IEEE Access. 2020. Vol. 8. P. 69769-69781.
5. Yung H. K., Lau V. K. N. Performance analysis of NVIDIA and AMD graphics processing units. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology. 2018. Vol. 28, No. 8. P. 1897-1908.
6. Bhatti A. M., Lee J., Salman W. A comprehensive review of hardware and software aspects for high-performance computing. IEEE Access. 2021. Vol. 9. P. 34224-34249.
7. Ricci F., Rokach L., Shapira B. Recommender Systems Handbook. Springer, 2015.
8. Lops P., de Gemmis M., Semeraro G. Content-based Recommender Systems: State of the Art and Trends. Recommender Systems Handbook. Springer, 2011. P. 73-105.
9. Jannach D., Zanker M., Felfernig A., Friedrich G. Recommender Systems: An Introduction. Cambridge University Press, 2010.
10. Intel PC Build Advisor. URL: <https://www.intel.com/content/www/us/en/products/docs/processors/core/pc-build-advisor.html>
11. How Amazon's Recommendation Algorithm Works. URL: <https://www.feedvisor.com/resources/amazon-optimization/amazon-recommendation-algorithm/>

12. Newegg Business Advisor. URL: <https://www.neweggbusiness.com/business-advisor/>
13. PCPartPicker. URL: <https://pcpartpicker.com/>
14. Tom's Hardware. URL: <https://www.tomshardware.com/>
15. Ricci F., Rokach L., Shapira B. Recommender Systems Handbook. Springer, 2015.
16. Su X., Khoshgoftaar T.M. A Survey of Collaborative Filtering Techniques. Advances in Artificial Intelligence, 2009.
17. Lops P., de Gemmis M., Semeraro G. Content-based Recommender Systems: State of the Art and Trends. Recommender Systems Handbook. Springer, 2011. P. 73-105.
18. Jannach D., Zanker M., Felfernig A., Friedrich G. Recommender Systems: An Introduction. Cambridge University Press, 2010.
19. Єсін В.І., Єсіна Л.О. Адаптивні рекомендаційні системи для ІТ-продуктів. Вісник Національного технічного університету "ХПІ", 2018. № 15. С. 58-64.
20. Карачинецький, М. С. Аналіз впливу рекомендаційних систем на продажі комп'ютерних компонентів [Текст] / М. С. Карачинецький ; наук. керівник Л. Б. Ліщинська // VI Міжнародна студентська наукова конференція «ГЛОБАЛІЗАЦІЯ НАУКОВИХ ЗНАНЬ: МІЖНАРОДНА СПІВПРАЦЯ ТА ІНТЕГРАЦІЯ ГАЛУЗЕЙ НАУК» : тези доп. – Біла Церква, 2024. – 398 С.
21. Ruby [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://www.ruby-lang.org/en/>
22. Ruby On Rails [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://rubyonrails.org/>
23. HTML [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://htmlbook.ru/html>
24. CSS [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://htmlbook.ru/css>
25. JavaScript [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://learn.javascript.ru/>
26. PostgreSQL [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://www.postgresql.org/>

ДОДАТКИ

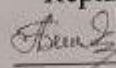
Додаток А – Технічне завдання

62

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ПЗ
д.т.н., професор
О. Н. Романюк
«12» березня 2024 р.

Технічне завдання
на бакалаврську дипломну роботу «Розробка рекомендаційної системи
комп'ютерних компонентів»
за спеціальністю 121 – Інженерія програмного забезпечення

Керівник бакалаврської дипломної роботи:
 д.т.н., проф. каф. ПЗ Ліщинська Л.Б.
«12» березня 2024 р.

Виконав:
 студент гр. 2ПІ-206 Карачинецький М.С.
«12» березня 2024 р.

Вінниця – 2024 року

1. Найменування та галузь застосування

Бакалаврська дипломна робота: «Розробка рекомендаційної системи комп'ютерних компонентів». Галузь застосування – маркетплейси.

2. Підстава для розробки

Підставою для виконання бакалаврської дипломної роботи (БДР) є індивідуальне завдання на БДР та наказ №80 від «11» березня 2024 р. ректора ВНТУ про закріплення тем БДР.

3. Мета та призначення розробки

Метою та призначенням розробки є створення програмного забезпечення, яке здатне ефективно аналізувати бізнес-дані та підтримувати прийняття стратегічних рішень.

4. Вихідні дані для проведення НДР

Перелік основних літературних джерел, на основі яких буде виконуватись БДР.

5. Технічні вимоги

Вихідні дані до роботи: Використати модульну архітектуру, застосувати сучасні веб-технології (HTML, CSS, JavaScript), обрати відповідні технології для реалізації серверної частини (Node.js, Python Flask або Ruby on Rails), використати бази даних (реляційні або NoSQL) для зберігання та обробки даних, забезпечити інтеграцію з API сторонніх сервісів.

6. Конструктивні вимоги

Графічна та текстова документація повинна відповідати діючим стандартам України.

7. Перелік технічної документації, що пред'являється по закінченню робіт:

1. Пояснювальна записка до БДР.
2. Технічне завдання.

3. Лістинги програми

8. Вимоги до рівня уніфікації та стандартизації

При розробці програмних засобів слід дотримуватися уніфікації і ДСТУ

9. Стадії та етапи розробки:

№ п\п	Назва етапів бакалаврської дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи
1	Аналіз стану технологій рекомендаційних систем	13.03.24 – 25.03.24
2	Порівняльний аналіз аналогів	01.04.24 – 20.04.24
3	Аналіз методів розв'язання задачі	21.04.24 – 30.04.24
4	Варіантний аналіз і обґрунтування вибору засобів для реалізації програмних засобів	01.04.24 – 07.04.24
5	Розробка модуля для створення рекомендаційної системи	07.05.24 – 09.05.24
6	Розробка модуля візуалізації для рекомендаційної системи	10.05.24 – 25.05.24
7	Тестування	26.05.24 – 29.05.24
8	Оформлення матеріалів до захисту БДР	30.05.24 – 03.06.24

10. Порядок контролю та прийняття

Виконання етапів бакалаврської дипломної роботи контролюється керівником згідно з графіком виконання роботи. Прийняття бакалаврської дипломної роботи здійснюється ДЕК, затвердженою зав. кафедрою згідно з графіком.

Додаток Б – Протокол перевірки на плагіат

65

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ БАКАЛАВРСЬКОЇ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Розробка програмного застосунку для бізнес-аналітики

Тип роботи: БДР

Підрозділ: кафедра програмного забезпечення, ФІТКІ

Науковий керівник: Ліщинська Л.Б.

Оригінальність	94,7%
Схожість	5,3%

Аналіз звіту подібності

▪ Запозичення, виявлені у роботі, оформленні коректно і не містять ознак плагіату.

☐ Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цілісності роботи і відсутності самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання.

☐ Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховання недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку

Черноволик Г.О.

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою

Unicheck

Автор роботи

Керівник роботи

Карачинецький М.С.

Ліщинська Л.Б.

Додаток В – Лістинг програми

```
# config/routes.rb
Rails.application.routes.draw do
  root 'pages#home'
  get 'pages/about'
  resources :components
  resources :recommendations
end

# app/controllers/pages_controller.rb
class PagesController < ApplicationController
  def home
  end

  def about
  end
end

# app/controllers/components_controller.rb
class ComponentsController < ApplicationController
  def index
    @components = Component.all
  end

  def show
    @component = Component.find(params[:id])
  end

  def new
```

```

    @component = Component.new
  end

```

```

  def create
    @component = Component.new(component_params)
    if @component.save
      redirect_to @component
    else
      render :new
    end
  end
end

```

```

private

```

```

  def component_params
    params.require(:component).permit(:name, :description, :price, :compatibility,
:category, :brand)
  end
end

```

```

# app/controllers/recommendations_controller.rb
class RecommendationsController < ApplicationController
  def index
    @user = current_user
    @recommendations = Recommendation.for_user(@user)
  end
end

```

```

  def create
    @user = current_user

```

```

    @component = Component.find(params[:component_id])
    @recommendation = Recommendation.new(user: @user, component:
@component)
    if @recommendation.save
      redirect_to recommendations_path
    else
      render :new
    end
  end
end
end

```

```

# app/models/component.rb
class Component < ApplicationRecord
  has_many :recommendations
  has_many :users, through: :recommendations

  validates :name, :description, :price, :compatibility, :category, :brand, presence: true
end

```

```

# app/models/user.rb
class User < ApplicationRecord
  has_many :recommendations
  has_many :components, through: :recommendations
end

```

```

# app/models/recommendation.rb
class Recommendation < ApplicationRecord
  belongs_to :user
  belongs_to :component

```

```

    scope :for_user, ->(user) { where(user: user) }
end

```

```

# app/views/layouts/application.html.erb
<!DOCTYPE html>
<html>
  <head>
    <title>Recommendation System</title>
    <%= stylesheet_link_tag 'application', media: 'all' %>
    <%= javascript_pack_tag 'application' %>
  </head>

  <body>
    <%= yield %>
  </body>
</html>

```

```

# app/views/pages/home.html.erb
<h1>Welcome to the Recommendation System!</h1>
<p>
  Here you can find the best computer components for your needs.
</p>
<%= link_to 'View Components', components_path %>
<%= link_to 'View Recommendations', recommendations_path %>

```

```

# app/views/components/index.html.erb
<h1>All Components</h1>
<ul>

```

```

    <% @components.each do |component| %>
      <li><%= link_to component.name, component %></li>
    <% end %>
  </ul>

# app/views/components/show.html.erb
<h1><%= @component.name %></h1>
<p><%= @component.description %></p>
<p>Price: <%= number_to_currency(@component.price) %></p>
<p>Compatibility: <%= @component.compatibility %></p>
<p>Category: <%= @component.category %></p>
<p>Brand: <%= @component.brand %></p>
<%= link_to 'Recommend', recommendations_path(component_id: @component.id),
method: :post %>

# app/views/recommendations/index.html.erb
<h1>Your Recommendations</h1>
<ul>
  <% @recommendations.each do |recommendation| %>
    <li><%= link_to recommendation.component.name, recommendation.component
%></li>
  <% end %>
</ul>

```