

ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ФЕДОРКА ПАВЛО ПАВЛОВИЧ

Автор цифрового
підпису Павло

УДК: 004:338.48-53:[332.122:330.341.1]

ФЕДОРКА

ДИСЕРТАЦІЯ

Дата: 2023.12.27

19:34:19 +02'00'

**ФОРМУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПЛАТФОРМИ
ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ ТУРИСТИЧНОЇ ГАЛУЗІ «РОЗУМНОГО»
РЕГІОНУ**

122 – Комп'ютерні науки

12 – Інформаційні технології

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело


Павло ФЕДОРКА

Науковий керівник: Кут Василь Іванович, кандидат технічних наук,
доцент

Ужгород – 2023

АНОТАЦІЯ

Федорка П.П. Формування інформаційно-технологічної платформи для вирішення задач туристичної галузі «розумного» регіону. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки» (12 – Інформаційні технології). – Державний вищий навчальний заклад «Ужгородський національний університет», МОН України, Ужгород, 2023.

Формування розумних міст та регіонів в Україні та закордоном генерує потребу створення інформаційно-технологічних платформ, які б забезпечували зберігання інформаційних систем та застосунків, інформаційних ресурсів та технологій, їх взаємодію, забезпечуючи комунікацію між зацікавленими сторонами.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційного дослідження; визначено мету та основні завдання дисертаційної роботи; окреслено методи дослідження та визначено наукову новизну, відображено практичне значення та апробацію результатів дослідження; представлено списки опублікованих праць за тематикою дисертаційної роботи та тез доповідей на конференціях.

У першому розділі на основі аналізу наукової літератури вивчено проблему формування розумних регіонів, яке відбувається за аналогією розумних міст. Встановлено, що розумний регіон – це комплекс населених пунктів, які об'єднує фізичні, соціально-економічні інфраструктури, інформаційні технології для вдосконалення життя мешканців. Розумні регіони слід розглядати як складні системи, в яких накопичуються великі масиви даних, органи місцевого самоврядування яких впроваджують ініціативи щодо опрацювання даних на засадах відкритості. Концепт «розумний регіон» визначає складну систему, що складається із множини

підсистем, які створюються за функціональним та територіальним принципом, і базуються на використанні інформаційних технологій, інформаційних ресурсів та інформаційних систем з метою підвищення якості життя мешканців та ефективності функціонування різних галузей економіки.

Розумний регіон – це складна система, що складається із розумних міст та розумних територіальних громад. Коли є системна взаємодія цих складових, ми можемо говорити про формування розумного регіону. В концепт «smart» вкладаємо використання інформаційних технологій, спрямованих підвищення рівня життя мешканців, зростання економічного розвитку. Така складна система, може мати підсистеми, яка реалізує певні функції. Однією із таких підсистем виступає туристична галузь. Виникає потреба підвищення технологічності функціонування підсистеми ґрунтуючись на розвитку інформаційних технологій. Потребу у використанні інформаційних технологій будемо розглядати на прикладі туристичної галузі. Саме з допомогою інформаційно-технологічної платформи здійснюється управління розумним регіоном, щоб покращити якість послуг, що пропонуються громадянам, і зробити усі процеси управління більш ефективними. Разом з тим, проведений аналіз засвідчив, що цей концепт не отримав чіткого визначення, а ґрунтується на загальному розумінні, ним послуговуються у наукових публікаціях різних галузей знань. Запропоновано трактувати концепт «інформаційно-технологічна платформа (ІТ-платформа)» як зручне середовище для створення, розгортання та управління інформаційними технологіями, інформаційними ресурсами та інформаційними системами.

Проаналізовано методи оцінювання альтернатив, визначено, що при обранні інформаційних технологій для розроблення інформаційних систем, вибір методу аналізу обумовлений необхідністю порівняння за декількома критеріями.

Сформульовано актуальну наукову задачу: створити розробникам інформаційних систем умови використання зручного інструменту, який дозволяє згенерувати науково обґрунтовані рекомендації щодо використання класів сучасних інформаційних технологій та їх реалізацій, що суттєво скоротить час на прийняття рішення.

Проаналізовано переваги та недоліки методів та метрик, що використовуються у рекомендаційних системах для генерації рекомендацій. Існує декілька підходів до генерації рекомендацій, які можуть бути використані в рекомендаційних системах. Кожен з цих підходів має свої переваги та недоліки і може бути використаний в залежності від конкретного завдання та доступних даних. Зазвичай рекомендаційні системи використовують комбінацію цих підходів для досягнення найкращих результатів. У нашому дослідженні будемо послуговуватися методом, що ґрунтуються на використанні змісту.

У другому розділі проаналізовано особливості ефективної реалізації проекту «розумний» регіон Закарпаття, який сприяє отриманню адміністративних послуг в електронному вигляді, що значно пришвидшує процедури комунікування, забезпечує громадян можливістю брати участь в управлінні регіоном та оцінювати ефективність управління, збільшуючи рівень довіри громадян до органів управління розумним регіоном за рахунок відкритості процедур отримання послуг та надання доступу до повної, достовірної і своєчасної інформації.

Відзначено величезний потенціал використання інформаційних технологій у туристичній галузі Закарпаття, адже розвинута інфраструктура чи можливість прогнозувати рівень видатків, комфорту, способу транспортування, зможе суттєво збільшити потік відпочиваючих.

Інформаційно-технологічна платформа (ІТ-платформа) «Розумний регіон Закарпаття» – це зручне середовище для створення, розгортання та

управління різноманітними програмними застосунками, яке об'єднує у собі апаратне забезпечення, операційну систему та різні компоненти програмного забезпечення. Вони розробляються для підтримки функціонування різних галузей розумного регіону, у тому числі і туристичної галузі.

Подано концептуальну модель інформаційно-технологічної платформи розумного регіону та його підсистеми – туристичної галузі у вигляді п'ятиелементного кортежу. Сформовано математичні моделі взаємозв'язків основних елементів інформаційно-технологічної платформи.

У третьому розділі проведено концептуальне моделювання рекомендаційної системи з використанням мови UML діаграм, сформульовано основні вимоги до рекомендаційної системи обрання інформаційних технологій та їх реалізацій для розроблення інформаційних систем та застосунків для інформаційно-технологічної платформи «Розумний регіон Закарпаття» та його підсистеми – туристичної галузі. Представлено розроблений метод обрання класу інформаційних технологій для розроблення інформаційних систем для інформаційно-технологічної платформи туристичної галузі. Подано приклад розрахунків обрання альтернатив для інформаційної системи для туристичної галузі з використанням методу попарних порівнянь, який покладено в основу роботи рекомендаційної системи.

Генерація рекомендацій ґрунтується на виборі альтернативи, що виконується обчисленням елементів вектора пріоритетів, які поставлено у відповідність кожній альтернативі. Експерти відіграють ключову роль при використанні методу аналізу ієрархій (MAI) для оцінки критеріїв у виборі альтернатив або рішення. Їхні знання, досвід і думки є основою для встановлення ваг критеріїв та оцінки альтернатив. Методом експертного оцінювання визначаються вагові оцінки кожної альтернативи за кожним критерієм. Оцінки експертів зважуються методом середньої арифметичної.

Альтернатива з найбільшим значенням такого елемента вважається прийнятим рішенням. Базуючись на результатах експертного оцінювання із застосуванням методу Сааті визначено найкращу реалізацію хмарних сервісів.

У четвертому розділі подано аналіз програмної реалізації рекомендаційної системи на основі розробленого методу, представлено функціонал розробленої рекомендаційної системи, описано її переваги завдяки використанню для її створення сучасних інструментів, проаналізовано результати апробації рекомендаційної системи. Вагомою перевагою рекомендаційної системи є крос-платформовість, що дозволяє уникнути проблем із необхідністю модифікації рекомендаційної системи на різні типи операційних систем (MacOS, MS Windows, Linux). Це сприятиме інтеграції рекомендаційної системи у інформаційно-технологічну платформу. Використання бібліотеки діаграм Chart.js з відкритим кодом та ліцензією MIT сприяло якісній візуалізації всіх етапів роботи рекомендаційної системи. Завдяки використанню користувачьких плагінів Chart.js система легко налаштовується для забезпечення масштабування або функцій перетягування, є можливість використання візуалізації. Досліджено, що при експлуатації рекомендаційної системи доцільно використовувати широкосмугові ортогональні кодувальні технології на основі досконалих двійкових масивів, що забезпечує можливість виявлення та виправлення помилок при передачі інформації, її надійність при використанні різних каналів обміну даними. Запропонована модель оцінки продуктивності передачі інформації каналом зв'язку для коригування помилок від впливу корельованих та некорельованих перешкод на шляхах обміну даними, яка дозволила поєднати аналітичні та модельні методи, з використанням математичних моделей аналізу властивостей коду на основі досконалих двійкових масивів.

Запропоновано метод створення інформаційної системи для прокладання маршрутів в умовах пандемії та сформовано вимоги до інформаційної системи, яка ґрунтуватиметься на його використанні. Розроблені вимоги використано для апробації розробленої рекомендаційної системи. Представлено аналіз процедури апробації рекомендації та обґрунтовано ефективність рекомендаційної системи за часовим параметром.

Ключові слова: розумний регіон Закарпаття, інформаційно-технологічна

платформа, інформаційна технологія, рекомендаційна система, інформаційні моделі, «розумний» регіон, інформаційна система, туризм, системи підтримки прийняття рішень, бронювання, COVID-19, пандемія, експертна оцінка, Карпатський регіон, маршрут.

SUMMARY

Fedorka P.P. Formation of an information technology platform for solving the problems of the tourist industry of the "smart" region. – Qualifying scientific work on manuscript rights.

Dissertation for obtaining the scientific degree of Doctor of Philosophy in specialty 122 "Computer Science" (12 - Information Technologies). – State University "Uzhhorod National University", Ministry of Education and Science of Ukraine, Uzhhorod, 2023.

The formation of smart cities and regions in Ukraine and abroad generates the need to create information technology platforms that would ensure the storage of information systems and applications, information resources and technologies, their interaction, ensuring communication between interested parties.

The introduction substantiates the relevance of the topic of the dissertation research; the purpose and main tasks of the dissertation are determined; research methods are outlined and scientific novelty is defined, the practical significance

and approbation of research results are reflected; lists of published works on the subject of dissertation work and theses of reports at conferences are presented.

In the first chapter, based on the analysis of scientific literature, the problem of the formation of smart regions, which takes place by analogy with smart cities, is studied. It has been established that a smart region is a complex of settlements that unite physical, socio-economic infrastructures, and information technologies to improve the lives of residents. Smart regions should be considered as complex systems in which large arrays of data accumulate, local governments of which implement initiatives to process data on the basis of openness. The concept of "smart region" defines a complex system consisting of a number of subsystems that are created according to the functional and territorial principle, and are based on the use of information technologies, information resources and information systems in order to improve the quality of life of residents and the efficiency of the functioning of various sectors of the economy.

A smart region is a complex system consisting of smart cities and smart territorial communities. When there is a systemic interaction of these components, we can talk about the formation of a smart region. In the concept of smart, we invest the use of information technologies aimed at improving the living standards of residents and increasing economic development. Such a complex system may have subsystems that implement certain functions. One of such subsystems is the tourism industry. There is a need to increase the technological efficiency of the functioning of the subsystem based on the development of information technologies. We will consider the need to use information technologies on the example of the tourism industry. It is with the help of the information technology platform that the smart region is managed in order to improve the quality of services offered to citizens and make all management processes more efficient. At the same time, the conducted analysis proved that this concept did not receive a clear definition, but is based on a common understanding, it is used in scientific

publications of various fields of knowledge. It is proposed to interpret the concept of "information technology platform (IT platform)" as a convenient environment for creating, deploying and managing information technologies, information resources and information systems.

The methods of evaluating alternatives were analyzed, it was determined that when choosing information technologies for the development of information systems, the choice of the analysis method is due to the need for comparison according to several criteria.

An actual scientific task has been formulated: to create conditions for the developers of information systems to use a convenient tool that allows generating scientifically based recommendations for the use of classes of modern information technologies and their implementations, which will significantly reduce the time for decision-making.

The advantages and disadvantages of methods and metrics used in recommender systems for generating recommendations are analyzed. There are several approaches to generating recommendations that can be used in recommender systems. Each of these approaches has its advantages and disadvantages and can be used depending on the specific task and available data. Typically, recommender systems use a combination of these approaches to achieve the best results. In our research, we will use the method based on the use of content.

The second chapter analyzes the features of the effective implementation of the "smart" region of Zakarpattia project, which promotes the receipt of administrative services in electronic form, which significantly speeds up communication procedures, provides citizens with the opportunity to participate in the management of the region and evaluate the effectiveness of management, increasing the level of trust of citizens in the management bodies of smart region

due to the openness of procedures for obtaining services and providing access to complete, reliable and timely information.

The huge potential of using information technologies in the tourism industry of Transcarpathia was noted, because a developed infrastructure or the ability to forecast the level of expenses, comfort, and mode of transportation will be able to significantly increase the flow of vacationers.

Information technology platform (IT platform) "Smart Region of Transcarpathia" is a convenient environment for creating, deploying and managing various software applications, which combines hardware, operating system and various software components. They are developed to support the functioning of various industries of the smart region, including the tourism industry.

A conceptual model of the information technology platform of a smart region and its subsystem – the tourism industry in the form of a five-element tuple is presented. Mathematical models of the interrelationships of the main elements of the information technology platform have been created.

In the third section, the conceptual modeling of the recommendation system using the UML diagram language was carried out, the main requirements for the recommendation system for the selection of information technologies and their implementation for the development of information systems and applications for the information technology platform "Smart Region of Zakarpattia" and its subsystem – the tourism industry were formulated. The developed method of choosing the class of information technologies for the development of information systems for the information technology platform of the tourism industry is presented. An example of calculations for choosing alternatives for the information system for the tourism industry using the method of pairwise comparisons, which is the basis of the work of the recommendation system, is presented.

The generation of recommendations is based on the choice of an alternative, which is performed by calculating the elements of the vector of priorities, which

are assigned to each alternative. Experts play a key role in using Hierarchy Analysis (HAI) to evaluate criteria in selecting alternatives or solutions. Their knowledge, experience and opinions are the basis for setting criteria weights and evaluating alternatives. The weighting of each alternative according to each criterion is determined by the expert evaluation method. Experts' ratings are weighted by the arithmetic mean method. The alternative with the highest value of such an element is considered the accepted decision. Based on the results of expert evaluation using the Saati method, the best implementation of cloud services is determined. The fourth chapter provides an analysis of the software implementation of the recommender system based on the developed method, presents the functionality of the developed recommender system, describes its advantages thanks to the use of modern tools for its creation, and analyzes the results of the approval of the recommender system. A significant advantage of the recommender system is cross-platform, which allows you to avoid problems with the need to modify the recommender system for different types of operating systems (MacOS, MS Windows, Linux). This will contribute to the integration of the recommendation system into the information technology platform. The use of Chart.js chart library with open source and MIT license contributed to the high-quality visualization of all stages of the recommender system. Thanks to the use of custom Chart.js plugins, the system is easily configured to provide zooming or drag-and-drop functions, and there is the possibility of using visualization. It has been investigated that when operating the recommendation system, it is advisable to use broadband orthogonal coding technologies based on perfect binary arrays, which provides the possibility of detecting and correcting errors during information transmission, its reliability when using different data exchange channels. The proposed model for evaluating the performance of information transmission through a communication channel for correcting errors due to the influence of correlated and uncorrelated interference on data exchange paths,

which allowed combining analytical and modeling methods, using mathematical models of analysis of code properties based on perfect binary arrays.

A method of creating an information system for route planning in pandemic conditions is proposed, and requirements for an information system based on its use are formulated. The developed requirements were used to test the developed recommendation system. The analysis of the recommendation approval procedure is presented and the effectiveness of the recommendation system based on the time parameter is substantiated.

Keywords: smart region of Transcarpathia, information technology platform, information technology, recommendation system, information models, "smart" region, information system, tourism, decision support systems, booking, COVID-19, pandemic, expert assessment, Carpathian region, route.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ:

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Pasichnyk V, Kunanets N, Artemenko O, Fedorka P, Nebesnyi R. Using mobile crowd sensing for social distancing real-time navigation. *Управління розвитком складних систем*. 2021, (47): 57–62. URL: <http://mdcs.knuba.edu.ua/article/view/249182> (Особистий внесок здобувача полягає у аналізі попередньо проведених досліджень, підготовці статті до публікації).
2. Федорка ПП, Кунанець НЕ, Кут ВІ, Клименко МВ. "Розумний регіон Закарпаття" та критерії його формування. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2023, 1(33): 60-70. URL: <https://nv.nltu.edu.ua/index.php/journal/article/view/2480/2490> (Особистий

внесок здобувача полягає у відборі сучасної наукової літератури, проведенні узагальнення та аналізу отриманих даних, підготовці статті до публікації)

3. Калинич Ю, Білак Ю, Небесний Р, Федорка П. Аналіз процесів формування симуляцій з використанням графічного процесора. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія: Інформаційні системи та мережі*. 2022, 11: 110-126. URL: <https://science.lpnu.ua/uk/sisn/vsi-vypusky/vypusk-11-2022/analiz-procesiv-formuvannya-symulyaciy-z-vykorystannyam-grafichnogo> (Особистий внесок здобувача полягає в узагальненні та аналізі отриманих результатів, підготовці статті до публікації)

4. Кунанець НЕ, Федорка ПП, Кут ВІ Формування рекомендаційної системи для «Розумного регіону» з метою обрання інформаційних технологій та їх реалізацій при створенні застосунків. Управління в організаційних системах. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Системний аналіз, управління та інформаційні технології*. 2023, 1(9): 33–40. URL: <http://samit.khpi.edu.ua/article/view/284711> (Особистий внесок здобувача полягає в узагальненні та аналізі отриманих результатів, підготовці статті до публікації)

5. Федорка ПП. Інформаційно-технологічна платформа карпатського розумного регіону: функції та особливості формування. *Наукові записки. Українська академія друкарства*. 2023, 1 (66): 92-103. URL: <http://nz.uad.lviv.ua/static/media/1-66/10.pdf> (Особистий внесок здобувача полягає у відборі матеріалів, узагальненні та аналізі отриманих результатів, підготовці статті до публікації)

6. Murr P, Yevseiev S, Milevskyi S, Melnyk M, Katsalap V, Pribyliev Y, Rzayev K, Bryla A, Shpak O, Fedorka P. Development of an error correction method using perfect binary arrays. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2023, 4 (9 (124)) : 45-53. URL:

<https://www.scopus.com/sourceid/21100450083> (Особистий внесок здобувача полягає у відборі матеріалів, узагальненні та аналізі отриманих результатів, підготовці статті до публікації)

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

7. Федорка П, Роль М. Особливості використання платформи Bigdateuber. *Національна безпека у фокусі викликів глобалізаційних процесів в економіці: матеріали IX-ої Міжнародної наукової Інтернет-конференції (Ukraine-Greece)*. ВНЗ «Національна академія управління»; 22-23 лютого 2021 р; Київ, Україна, с. 64-65. URL:https://eco-science.net/wp-content/uploads/2021/09/%E2%84%969_%D0%97%D0%B1%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA_%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D1%8F_22-23.02.2021.pdf (Особистий внесок здобувача полягає у статистичній обробці, узагальненні та аналізі отриманих результатів, підготовці тез до публікації).

8. Федорка ПП, Клименко МВ, Матяшовська БО. Використання технологій та методів bigdata в концепції розумне місто. *Національна безпека у фокусі викликів глобалізаційних процесів в економіці: матеріали X-ої Міжнародної наукової Інтернет-конференції (Ukraine-Poland)*. ВНЗ «Національна академія управління»; 28-30 червня 2021 р; Київ, Україна, с. 39-40. URL: https://eco-science.net/wp-content/uploads/2021/06/%D0%97%D0%B1%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA_%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D1%8F_28-30.06.2021.pdf (Особистий внесок здобувача полягає у статистичній обробці, узагальненні та аналізі отриманих результатів, підготовці тез до публікації).

9. Федорка П, Попович О. Дослідження способів аутентифікації користувача. *Національна безпека у фокусі викликів глобалізаційних процесів в економіці*: матеріали XIII-ої Міжнародної наукової Інтернет-конференції (Ukraine-Greece). ВНЗ «Національна академія управління»; 20-21 травня 2022 р; Київ, Україна, с. 32-34. URL:https://eco-science.net/wp-content/uploads/2022/05/%D0%97%D0%B1%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA_%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D1%8F_20-21.05.2022.pdf (Особистий внесок здобувача полягає у статистичній обробці, узагальненні та аналізі отриманих результатів, підготовці тез до публікації).

10. Безвершенко ЄІ, Клименко МВ, Федорка ПП, Мигович ВВ. Система підтримки прийняття рішень. *Національна безпека у фокусі викликів глобалізаційних процесів в економіці*: матеріали XIV-ої Міжнародної наукової Інтернет-конференції (Ukraine-Croatia). ВНЗ «Національна академія управління»; 10-11 листопада 2022 р; Київ, Україна, с. 13-16. URL: https://eco-science.net/wp-content/uploads/2022/11/%D0%97%D0%B1%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA_%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D1%8F-%E2%84%9614-%D0%B2%D1%96%D0%B4-10-11-%D0%BB%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BE%D0%BF%D0%B0%D0%B4%D0%B0.pdf (Особистий внесок здобувача полягає у статистичній обробці, узагальненні та аналізі отриманих результатів, підготовці тез до публікації).

11. Шуаїбов ОК, Федорка ПП, Балог ШШ Управління IoT за допомогою IOS девайсу. *Національна безпека у фокусі викликів глобалізаційних процесів в економіці*: матеріали XIV-ої Міжнародної наукової Інтернет-конференції (Ukraine-Croatia). ВНЗ «Національна академія управління»; 10-11 листопада 2022 р; Київ, Україна, с. 71-73. URL: <https://eco-science.net/wp->

content/uploads/2022/11/%D0%97%D0%B1%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA_%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D1%8F-%E2%84%9614-%D0%B2%D1%96%D0%B4-10-11-%D0%BB%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BE%D0%BF%D0%B0%D0%B4%D0%B0.pdf (Особистий внесок здобувача полягає у статистичній обробці, узагальненні та аналізі отриманих результатів, підготовці тез до публікації).

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

12. Поліщук В, Федорка П. Дослідження застосування регресій для прогнозування наповненості і завантаження стратегічних об'єктів інфраструктури міст. *Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті: збірник матеріалів 23 Міжнародного молодіжного форуму. ХНУРЕ; 16 – 18 квітня 2019 р; Харків, Україна, 9: 136-137. URL: <https://openarchive.nure.ua/server/api/core/bitstreams/b3c5d9c7-36f6-4499-a91c-3cae60f58522/content>* (Особистий внесок здобувача полягає у відборі сучасної наукової літератури, проведенні узагальнення та аналізу отриманих даних, підготовці статті до публікації).

13. Artemenko O, Pasichnyk V, Korz H, Fedorka P, Kis Y. Using Big Data in E-tourism Mobile Recommender Systems: a Project Approach. Ukraine. *Proceedings of the 1st International Workshop IT Project Management; 18-20 February 2020; Slavsko, Ukraine, p. 194-204. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-2565/paper17.pdf>* (Особистий внесок здобувача полягає у відборі сучасної наукової літератури, проведенні узагальнення та аналізу отриманих даних, підготовці статті до публікації).

14. Chernov S, Titov S, Chernova L, Kunanets N, Chernova L, Trushliakov E, and Fedorka P. The Project of Information System for Students

Knowledge Evaluation. *Proceedings of the 4th International Workshop IT Project Management*; May 19 2023; Warsaw, Poland, p.117-127. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3453/paper11.pdf> (Особистий внесок здобувача полягає у відборі сучасної наукової літератури, проведенні узагальнення та аналізу отриманих даних, підготовці статті до публікації).

15. Kut V, Kunanets N, Fedorka P. Conceptual and mathematical modeling of the information technology platform of the smart region. *Manažérska informatika*; July 1 2023; Bratislava, Slovakia. URL: <https://manazerskainformatika.sk/conceptual-and-mathematical-modeling-of-the-information-technology-platform-of-the-smart-region/> (Особистий внесок здобувача полягає у відборі сучасної наукової літератури, проведенні узагальнення та аналізу отриманих даних, підготовці статті до публікації).

16. Шпак О, Федорка П, Пригара М. Розумні міста та інтернет речей: вплив розробок у сфері ІТ на розвиток міст і покращення якості життя. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2023, 3(25): 114-128. URL: <https://journals.uran.ua/itssi/article/view/290907> (Особистий внесок здобувача полягає в узагальненні та аналізі отриманих результатів, підготовці статті до публікації)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	23
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ПРОБЛЕМ РОЗРОБКИ МОДЕЛЕЙ І ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ СТВОРЕННЯ СИСТЕМ «РОЗУМНИЙ РЕГІОН».....	29
1.1. Дослідження концепту «розумний регіон»	29
1.2. Концепт «інформаційно-технологічна платформа»	33
1.3. Інформаційно-технологічне забезпечення туристичної галузі	38
1.4. Методологічні основи аналізу варіабельних альтернатив класів інформаційних технологій	43
1.5. Ширококутові ортогональні кодувальні технології.....	53
1.6. Постановка задачі дослідження.....	56
Висновки до 1 розділу	58
РОЗДІЛ 2. ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЄКТУ «РОЗУМНИЙ РЕГІОН ЗАКАРПАТТЯ»	61
2.1. Передумови розроблення проекту	61
2.2. Інформаційно-технологічна платформа «Розумний регіон Закарпаття»	68
2.3. Концептуальна модель інформаційно-технологічної платформи «Розумного регіону Закарпаття»	70
Висновки до 2 розділу	87
РОЗДІЛ 3. МОДЕЛІ ТА ПРОЦЕДУРИ ГЕНЕРУВАННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙ ВАРІАБЕЛЬНИХ АЛЬТЕРНАТИВ	88
3.1. Концептуальне моделювання рекомендаційної системи.....	88
3.2. Генерування рекомендацій з використанням методу аналізу ієрархій	104
3.3. Модель формування безпечних маршрутів в умовах карантину..	113
3.4. Процедура симуляції візуалізації рекомендацій.....	123

Висновки до 3 розділу	126
За допомогою симуляції аналізується, як змінюється вигляд графіків з часом, проводиться анімаційний супровід, що дозволяє відслідковувати динаміку даних та результатів розрахунків.	127
РОЗДІЛ 4. ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ЗАСТОСУВАННЯ РОЗРОБЛЕНОГО МЕТОДУ ТА ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ ЗАСОБІВ	128
4.1. Характеристика використаних інструментів та функціоналу рекомендаційної системи	128
4.2. Розроблення рекомендаційної системи для організації туристичних маршрутів в умовах карантину	140
4.3. Визначення оптимального маршруту з уникненням натовпу	145
4.4. Перевірка ефективності функціональності рекомендаційної системи з використанням теорії матричних ігор	148
4.5. Аналіз переваг рекомендаційної системи	157
4.6. Оцінка ефективності розробленої моделі формування туристичних маршрутів в умовах карантину	160
4.7. Експериментальна верифікація моделі вибору класів інформаційних технологій для вирішення задач туристичної галузі «Розумного регіону Закарпаття»	165
Висновки до 4 розділу	174
ВИСНОВКИ	175
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	178
ДОДАТКИ.....	197

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

OECD / ОЕСР	Organisation for Economic Co-operation and Development/ Організація економічного співробітництва та розвитку
UN-HABITAT	UN-Habitat (The United Nations Human Settlements Programme)/ Програма ООН з населених пунктів
ITU /MCE	International Telecommunication Union/ Міжнародна спілка електрозв'язку
ЄЕК ООН	Європейська економічна комісія ООН
ЄС	Європейський союз
IoT	Internet of Things/ Інтернет речей
ADDA	Abu Dhabi Digital Authority/ Цифрова влада Абу-Дабі
SP	Silicon Park/ Dubai Digital Park/ Силіконовий Парк/ Дубайський Технологічний Парк
DSO	Dubai Silicon Oasis/ Дубайський Кремнієвий Оазис
EFTPOS	Electronic funds transfer at point of sale/ Електронний переказ коштів у торговій точці
EIP АНА	European Innovation Partnership on Active and Healthy Ageing/ Європейське інноваційне партнерство з активного та здорового старіння
IT-платформа	Інформаційно-технологічна платформа
IT	Інформаційні технології
RFID	Radio-Frequency IDentification/ Радіочастотна ідентифікація
WSN	Wireless Sensor Networks/ Бездротова сенсорна мережа

ДПП	Державно-приватне партнерство
BLE	Bluetooth Low Energy/ Bluetooth з низьким енергоспоживанням
AWS	Amazon Web Services/ Амазон Веб Сервіс
PaaS	Platform as a service/ Платформа як послуга
SaaS	Software as a service/ Програмне забезпечення як послуга
IaaS	Infrastructure as a service/ Інфраструктура як послуга
CLI	Command Line Interface/ Інтерфейс командного рядка
GCP	Google Cloud Platform/ Google Хмарна Платформа
LAN	Local area network/ Локальні комп'ютерні мережі
CSMA/CD	Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection/ Багаторазовий доступ із визначенням несучої з виявленням колізій
USB	Universal Serial Bus/ Універсальна Послідовна Шина
Wi-Fi	Wireless Fidelity/ Бездротова правдивість відтворення
WPA	Wi-Fi Protected Access/ Захищений доступ Wi-Fi
GSM	Global System for Mobile Communications/ Глобальна система мобільного зв'язку
SIM	Subscriber Identity Module/ Модуль Ідентифікації Абонента
VoIP	Voice over Internet Protocol/ Голос через Інтернет-протокол
GPS	Global Positioning System/ Глобальна Система

	Позиціонування
GIS	Географічна інформаційна система
DApps	Decentralized applications/ Децентралізовані додатки
HDFS	Hadoop Distributed File System/ Розподілена файлова система Hadoop
RDD	Resilient Distributed Datasets/ Відмовостійкі розподілені набори даних
СППР	Системи підтримки прийняття рішень
GPU	General purpose computing on graphics processors/ Обчислення загального призначення на графічних процесорах
MVC	Model-view-controller / Модель-вид-контролер
UI	User Interface/ Інтерфейс для користувача
DOM	Document Object Model/ Об'єктна Модель Документа
npm	Node Package Manager/ Менеджер Пакетів Вузлів
JWT	JSON Web Token/ Веб-токен JSON
ЕП	Електронний підпис
MCS	Mobile Crowd Sensing/ Мобільне зондування натовпу

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми дослідження. У сучасному суспільстві для формування розумного регіону генерується набір технологічних інструментів і рішень, спрямованих на забезпечення комфортного проживання його мешканців, якості їх життя, ефективної комунікації, розвитку інфраструктури, транспорту, економіки, науки, технології тощо. Розумні ініціативи спрямовані на покращення систем і структур регіону. Важливим напрямом формування розумного регіону є створення системно виваженої інформаційно-технологічної платформи, що сприятиме покращенню інтеграції всіх учасників та їх взаємодії в багатьох сферах. «Розумний регіон» розглядається як екосистема і фокусується на забезпеченні соціальних благ, економічного зростання та створенні нових можливостей, ґрунтуючись на використанні інформаційних технологій, оскільки саме вони можуть забезпечити надійними рішеннями, які приносять користь громадянам

Розроблення інформаційних технологій, що сприяють набуттю статусу «розумного» у інфраструктурних проектах, надають містам поштовх до розвитку та удосконалення стратегічного міського планування, яке може допомогти кращому функціонуванню міста в цілому. Цей досвід поступово поширюється на інноваційний розвиток регіонів і обумовлює актуальність дисертаційних досліджень.

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є розроблення методів і засобів виконання процедур вибору класів інформаційних технологій для побудови інформаційно-технологічної платформи туристичної галузі розумного регіону. Досягнення цієї мети забезпечить скорочення часу на реалізацію проектів розроблення інформаційних систем туристичного профілю.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- проаналізувати підходи до формування інформаційно-технологічної платформи та «розумного» регіону;
- сформулювати концепти «розумний регіон», «інформаційно-технологічна платформа» та визначити їх взаємозв'язок;
- сформувати концептуальну модель інформаційно-технологічної платформи туристичної галузі;
- розробити модель взаємодії елементів інформаційно-технологічної платформи туристичної галузі;
- розробити модель вибору класів інформаційних технологій з використанням методів експертного оцінювання та аналізу ієрархій;
- розробити модель формування туристичних маршрутів в умовах карантину;
- обґрунтувати доцільність використання широкосмугових ортогональних кодувальних технологій на основі досконалих двійкових масивів при експлуатації розробленої рекомендаційної системи;
- виконати експериментальну верифікацію розробленої моделі для вибору класів інформаційних технологій для вирішення задач туристичної галузі «Розумного регіону Закарпаття».
- побудувати архітектуру рекомендаційної системи вибору класу інформаційних технологій для створення інформаційно-технологічної платформи туристичної галузі.

Об'єктом дослідження є процеси аналізу та оцінювання класів інформаційних технологій для побудови інформаційно-технологічної платформи туристичної галузі.

Предметом дослідження є методи та засоби обрання класів інформаційних технологій для формування інформаційно-технологічної платформи туристичної галузі.

Методи дослідження: Для розв'язання поставлених в дисертаційній роботі завдань використані наступні методи: теорії рекомендаційних систем для побудови моделей архітектури, методи класифікації для здійснення віднесення інформаційних технологій до певних класів, системний підхід, об'єктно-орієнтовані методи аналізу та синтезу програмних продуктів, уніфіковану мову моделювання UML (Unified Modeling Language), метод експертного оцінювання, метод аналізу ієрархій, кількісних метрик ефективності інформаційних технологій.

Наукова новизна отриманих результатів.

У результаті проведення дослідження отримано такі нові результати:

вперше запропоновано:

формулювання концепту «розумний регіон» як складної системи, що ґрунтується на використанні інформаційних технологій, та аналіз вимог до проекту його реалізації у Закарпатті, що забезпечує засади розроблення дорожньої карти трансформації транскордонних територій у «розумний» анклав, пріоритетним завданням якої є створення інформаційно-технологічної платформи;

інформаційну модель вибору класу сучасних інформаційних технологій з урахуванням їх варіабельності, яка на відміну від існуючих підходів, використовує методи експертного оцінювання та аналізу ієрархій, що дозволяє зменшити час на процедуру їх відбору в процесі розроблення інформаційних систем;

архітектуру рекомендаційної системи для реалізації процесу вибору класу інформаційних технологій із використанням розробленої інформаційної технології, що сприяє автоматизації процедури обрання та скорочує час для їх розроблення;

модель взаємодії елементів інформаційно-технологічної платформи з використанням ансамблю методів, що дозволяє формувати її функціональні можливості в залежності від задач, які необхідно вирішувати;

модель формування туристичних маршрутів в умовах карантину, що дозволяє побудувати безпечні маршрути, які прокладаються з врахуванням мінімізації комунікації;

використання широкосмугових ортогональних кодувальних технологій на основі досконалих двійкових масивів при експлуатації розробленої рекомендаційної системи, що на відміну від існуючих підходів, сприятиме підвищенню рівня захисту інформації в системі.

удосконалено:

концептуальну модель інформаційно-технологічної платформи туристичної галузі, яка включає множину класів інформаційних технологій, середовище, множину інформаційних ресурсів, технології управління, функціональність, подану як сукупність агентів, що розташовані на інформаційно-технологічній платформі, що на відміну від існуючих забезпечує системний підхід до її побудови.

Практична значущість результатів дослідження – побудова концептуальної моделі інформаційно-технологічної платформи для супроводу процесів, що протікають у регіоні, з метою перетворення його на «розумний». Розроблена рекомендаційна система вибору класів інформаційних технологій для інформаційно-технологічної платформи, модель формування туристичних маршрутів в умовах пандемії.

При роботі над дослідженням було суттєво розвинуто процедури розроблення інформаційних технологій для регіону, що сприяють набуттю ним статусу «розумного», надають містам поштовх до розвитку та удосконаленню стратегічного міського планування, яке може допомогти кращому функціонуванню міста в цілому, а надалі розвивати і концепцію

«розумного» регіону загалом. Результати наукових досліджень впроваджені у навчальний процес факультету інформаційних технологій ДВНЗ «Ужгородський національний університет» для формування змісту навчальних курсів щодо формування інформаційно-технологічних платформ та рекомендаційних систем для студентів спеціальностей ІТ галузі, а також в навчальний процес Карпатського університету імені Августина Волошина. Результати дисертаційних досліджень впроваджені у Синевирській Об'єднаній територіальній громаді для розширення можливостей використання вже існуючих технологій та сервісів, які на базовому рівні сприятимуть покращенню галузі туризму та дозволять даний ОТГ розвиватись в напрямку smart-технологій при розробленні та апробації комплексів організаційних, технічних, методичних трансформацій, що підтверджено відповідними актами.

Особистий внесок здобувача. Усі наукові результати дисертаційної роботи отримані автором самостійно. У друкованих працях, опублікованих у співавторстві, здобувачеві належить: у публікації [128] аналіз особливостей технологій IoT; у публікації [151] проведений аналіз особливості кожного із способів аутентифікації користувачів; у статті [145] аналіз процедур віртуальної симуляції як важливої частини моделювання багатьох інформаційних систем; у публікації [137] визначення послуг, які надаються з використанням платформи UBER, можливості удосконалення її роботи на основі рішення BigData, яке забезпечує надійність даних, масштабованість та зручність у використанні; у тезах [136] дослідження особливості систем підтримки прийняття рішень; у статті [129] аналіз технології опрацювання великих даних; у статті [130] проведений аналіз сучасних досліджень щодо використання великих даних у туристичній галузі; у статті [154] проведене дослідження особливостей прокладання маршрутів в умовах карантину; у статті [162] проведений аналіз стану дослідження проблеми в Україні та за

рубежем; у статті [163] дослідження можливості використання характерних рис концептуальної біматричної гри при обранні альтернативи; у статті [164] проведений ґрунтовний огляд досліджень, спрямованих на формування розумних міст, як прототипів розумних регіонів та формування критеріїв їх оцінювання; у статті [165] проведені розрахунки за методом аналізу ієрархій за визначеними критеріями оцінювання реалізацій хмарних технологій; у публікації [166] аналіз результатів дослідження прогнозування наповненості деяких об'єктів інфраструктури міст.

Апробація матеріалів дисертації. Результати дисертаційної роботи доповідались на конференціях: Радіоелектроніки та молодь у XXI столітті: Міжнародного молодіжного форуму. ХНУРЕ 2019; 1st International Workshop IT Project Management, 2020; IX-ої Міжнародної наукової Інтернет-конференції (Ukraine-Greece). ВНЗ «Національна академія управління», Київ 2021; Ukraine; X-ої Міжнародної наукової Інтернет-конференції (Ukraine-Poland). ВНЗ «Національна академія управління», Київ 2021; 4th International Workshop IT Project Management, Poland 2023. Також результати доповідались на семінарах кафедри інформаційних управляючих систем та технологій Державного вищого навчального закладу «Ужгородський національний університет».

Публікації. За результатами виконаних досліджень опубліковано 16 наукових праць, із них 6 статей – у фахових виданнях України, 1 публікація – у періодичному виданні, проіндексованому у наукометричній базі Scopus, 10 – у збірниках наукових праць конференцій, серед яких 2 публікації, що проіндексовані у наукометричній базі Scopus.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 174 найменувань та 20 додатків, основний текст складає 154 сторінок, рисунків 23, таблиць 7.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ПРОБЛЕМ РОЗРОБКИ МОДЕЛЕЙ І ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ СТВОРЕННЯ СИСТЕМ «РОЗУМНИЙ РЕГІОН»

У першому розділі проведено аналіз актуальних наукових досліджень та інформаційних технологій розроблення рекомендаційних систем та формування інформаційно-технологічних платформ для туристичної галузі. Здійснено постановку завдання дослідження, а також подано трактування концептів «розумний регіон» та «інформаційно-технологічна платформа», проаналізовано існуючі підходи до їх формування. У даному розділі проаналізовано методи, що використовуються у рекомендаційних системах для генерації рекомендацій. Визначено їх особливості, для прийняття рішення щодо використання в рекомендаційній системі.

1.1. Дослідження концепту «розумний регіон»

Перш ніж проаналізувати концепт «розумний регіон», звернемося до досліджень «розумного міста», яке є співзвучним поняттям та було певним прототипом для розумного регіону. Тематика сучасних досліджень, спрямованих на формування «розумного» міста, розробляється провідними закордонними науковцями, серед яких Б. Кохен [1], Куртіт К., Нійкамп П. [2], Р. Джиффінджер[3], Кавада Маріанна, Хант Декстер і Роджерс Кріс [4], які зробили внесок у формування концепції, розроблення її компонентів та інтерпретацію визначень. Глобальний бюджет «розумних» міст та «розумних» регіонів за прогнозами має досягнути до 2027 року близько \$463.9 млрд. [5].

Терміни «розумне місто» чи «розумний регіон» стали поширеними як у повсякденному житті, так і в науковій літературі. Разом з такими інноваціями як е-уряд, телемедицина, безпілотні транспортні засоби в низці країн, в

Україні ще й застосунок «ДІА», ці терміни окреслюють і інноваційний напрям досліджень. Для отримання статусу «розумний» регіон у ньому передбачається вирішення багатьох задач, спрямованих на розвиток територій, що об'єднуються у інноваційні регіони. До прикладу у Великобританії за даними наукових досліджень вісім з десяти людей живуть у містах, які намагаються створювати для громадян належні умови з меншими витратами [6]. Дослідники переконують, що сучасним містам життєво необхідно досягати статусу «розумності», завдяки «розумному» плануванню розвитку міста, агломерації, цілого регіону, впровадженню Smart-технологій, забезпечуючи раціональніше використання матеріальних ресурсів та спрямування їх на максимальну віддачу [7]. Фактично, вимір пов'язаний з інформаційними системами і інформаційними технологіями виражений як ключовий, у якому місто повинно розвиватися, щоб вважатися «розумним» [8-12]. Зокрема, можна виділити роботи таких вчених, як С.А. Чукут, В.І. Дмитренко [13], І.А. Жукович [14], Луніна В. Ю. [15]. Водночас вбачаємо необхідним більш активного дослідження теми, оскільки процес розбудови розумних міст в Україні вже розпочався, а академічний сектор має бути одним з провідних учасників процесу. Нині бракує систематизації закордонного досвіду й пропозицій для українських міст, вироблених з урахуванням національних особливостей [16]. Дослідження, пов'язані із «розумним» регіоном і за кордоном, і Україні лише розпочинаються. Публікацій за цією темою надзвичайно мало і у них описуються лише практичні кроки із створення регіонів із статусом розумний. Серед публікацій слід відзначити роботи [17-20-22]. Щоправда акцент більше ставиться на електронне урядування. Першочергово доцільно звернутися до досліджень, які проводилися на території менш розвинутих країн, а потім проаналізуємо праці науковців Європи та Арабських країн, де успіх і моделі «розумних міст» та «розумних регіонів» підкріпленні реальними

фінансовими потоками, що є необхідною умовою впровадження концепції та інноваційного розвитку [24]. Метою проекту «Економічний розвиток Абу-Дабі до 2030 року» [28] є здобуття містом статусу розумного. Проект покликаний створити технології, які дозволяють керувати інфраструктурою міста за допомогою інформаційних технологій та Інтернету речей. Проект «Silicon Park» (SP) покликаний створити умови для перетворення Дубая на розумне місто [12]. Аналогічний підхід можна використати для визначення поняття «розумний регіон».

Проект «Розумний Лондон» [25] був запропонований Борисом Джонсоном, під час перебування на посаді мера Лондона в період (4 травня 2008 — 6 травня 2016). Проект «Розумний Лондон» призначений для мешканців, підприємств, дослідників, інвесторів столиці [26], також зосереджені на тому, як розумні міста можуть контролювати свої IoT-пристрої на основі їх поведінки в мережі для підвищення безпеки. Аналогічні дослідження важливі і для розумного регіону [174]. Сфера досліджень IoT і розумних регіонах все ще розвивається. Автори книги «Від Інтернету речей до розумних міст: сприятливі технології» [27] розгорнули цю тему.

Європейський досвід впровадження «розумних технологій», розглянемо на прикладі напрацювань, запроваджених у італійській столиці Рим. Автори статті «Що означає розумний регіон для регіону Scenic Rim» [29] вважають, що для того, щоб досягти статусу розумного регіону, необхідне вирішення ряду проблем, пов'язаних з використанням інформаційних технологій та опрацюванням даних, що допоможуть розкрити потенціал регіону, створюючи таким чином нові можливості для зайнятості населення та зростання темпів його розвитку. Концепт «розумний регіон» визначає складну систему, що складається із множини підсистем, які створюються за функціональним та територіальним принципом, і базуються на використанні інформаційних технологій, інформаційних ресурсів та

інформаційних систем з метою підвищення якості життя мешканців та ефективності функціонування різних галузей економіки.

Розумний регіон – це комплекс населених пунктів, які об'єднують фізичні, соціально-економічні інфраструктури, інформаційні технології для вдосконалення життя мешканців. Розумні регіони вирізняються якістю послуг, що надаються громадянам, високим рівнем залучення громади до економічного розвитку міста, створенням фізичних, соціальних, економічних та технологічних інфраструктур для інновацій та покращення послуг для громадян. Розумні регіони слід розглядати як складні системи, в яких накопичуються великі масиви даних, органи місцевого самоврядування яких впроваджують ініціативи щодо опрацювання даних на засадах відкритості. Розумний регіон забезпечує інноваційні ініціативи на основі великих даних та використання інформаційних технологій в інституційному контексті для вирішення проблем урбанізації, з якими стикаються сучасні регіони. Сьогодні не виникає сумнівів щодо багатовимірної ролі технології та інновації в регіонах та їх впливу на формування майбутнього міст. Сучасні інформаційні технології надають великі можливості для регіонів. Інформаційні технології ефективні в поєднанні з інституційними інноваціями і інноваційними змінами управління, планування. Зрозуміло, що інформаційні технології та інформаційні системи лежать в основі викликів у розумних регіонах, слугуючи допоміжною інфраструктурою або платформою цифрових інновацій.

Розумний регіон – це складна система, що складається із розумних міст та розумних територіальних громад. При наявності системної взаємодія цих складових, ми можемо говорити про формування розумного регіону. В концепт смарт вкладаємо використання інформаційних технологій, спрямованих підвищення рівня життя мешканців, зростання економічного розвитку. Така складна система, може мати підсистеми, яка реалізує певні

функції. Однією із таких підсистем виступає туристична галузь. Виникає потреба підвищення технологічності функціонування підсистеми ґрунтуючись на розвитку інформаційних технологій. Потребу у використанні інформаційних технологій будемо розглядати на прикладі туристичної галузі (див. додаток Р) та необхідності формування інформаційно-технологічної платформи для неї.

1.2. Концепт «інформаційно-технологічна платформа»

На сьогоднішній день усталеного визначення інформаційно-технологічної платформи (ІТ платформи) не сформовано. На думку дослідників, ІТ-платформи можуть включати в себе різноманітні технології, такі як віртуалізація, облікові записи користувачів, безпеку даних, аналітику даних, розподілений доступ до даних, управління процесами у різних галузях діяльності розумного регіону. Вони можуть бути розроблені для підтримки функціонування певних видів програмних продуктів, наприклад, веб-застосунків, мобільних застосунків або інформаційних систем.

Саме з використанням інформаційно-технологічної платформи відбувається функціонування розумного регіону, оскільки, в першу чергу сприяє покращенню якості послуг, що пропонуються громадянам. ІТ-платформи дозволяють створювати, тестувати, впроваджувати та керувати програмними додатками в зручний спосіб, що сприяє підвищенню продуктивності та зниженню витрат на розробку та експлуатацію програмного продукту. Також вони можуть допомогти забезпечити стандартизацію технологій, що дозволяє зменшити складність та збільшити ефективність розробки інформаційних систем. Р. Фішман відзначає, що в процесі розвитку інформаційних технологій концепт «інформаційно-технологічна платформа» все частіше розглядається як технологічний тренд,

який забезпечує основу для розгортання значної кількості застосунків та бізнес-процесів [30]. Низка дослідників імплементувала цей концепт у ряд академічних дисциплін. Дослідники Масачусетського університету Т. Айзенманн та ін. [31] вважають платформу засобом, що дозволяє об'єднати функціональні можливості розробленого застосунку із цільовою метою застосунків, представлених в множині застосунків, що розташовані на платформі, яка забезпечує спільне їх використання. Такий підхід сприяє економії часу та обсягу хмарних сховищ [31]. М. Кусумано [32] вважає, що технологічна платформа для екосистеми – це набір спільних основних технологій і технологічних стандартів, що лежать в основі організаційної сфери і підтримують спільне створення цінностей через спеціалізацію та додаткові пропозиції [32; 33]. Т. Левелин А. Еркко, Д. Ганн [34] вважають, що технологічні платформи – це не стільки продукти, скільки процеси чи послуги, які сприяють зростанню продуктивності економіки.

Дослідники трактують концепт платформа як сукупність продуктів, процесів і послуг. Р. Ріп та Мангематин трактують концепт «технологічна платформа» як продукт кумулятивних інвестицій у науково-дослідні розробки, які створюють сімейства технологічних варіантів [35]. Такий підхід перегукується з трактуванням Т. Куна [36], а також Б.Кіма [37], які вважають, що набір основних технологій дозволяє впроваджувати та стимулювати інновації [37]. С. Велвінг та К. Кларк [38] вважали проекти платформи орієнтованими на потреби основної групи клієнтів, призначеними для легкої модифікації шляхом додавання, заміни та видалення функцій. Поняття «інформаційно-технологічна платформа», пов'язане з інформаційними технологіями, є широким і охоплює низку елементів. Такі платформи набувають все більшого інноваційного значення та використовуються в багатьох сферах економіки та повсякденного життя. Разом з тим, цей концепт не отримав чіткого визначення, а ґрунтується на

загальному розумінні, ним послуговуються у як у наукових публікаціях, так і в виробничих цілях. Концепт «платформа» поширився як метафора в галузі управління [42-44]. Варіанти змістового навантаження концепту використовуються як синоніми (наприклад, організація платформи, інвестиції в платформу, технологічна платформа, технологія платформи, платформа продукту, платформа ланцюга поставок, процес розроблення платформи, галузева платформа тощо) [34, 57]. Т. Сімсон вважає, що платформа містить сімейство продуктів, які підтримують ефективну розробку варіантів продукту для вирішення різних проблем [45, 46]. Концепт «інформаційно-технологічна платформа» потребує чіткого окреслення, визначення ознак, що його характеризують. С. Ціборра [53] описує «організацію платформи» як єдину здатну гнучко реструктурувати свої ресурси та можливості в нові організаційні структури у відповідь на нові бізнес-можливості та виклики, що створені технологічними розривами. Організація платформи рекомбінує можливості організації, для спільного узгодження процесів організації [34], перебудови можливостей, пов'язаних з її структурами [53-55]. Модульну платформу визначається як сукупність загальних технологічних елементів сімейства продуктів, таких як технологія основного ядра [60]. Проте більшість визначень ґрунтуються на архітектурі [61, 62], включаючи такі особливості, як загальна структура [63], центральний дизайн продукту [64] та інтерфейси компонентів [65]. Ці точки зору підкреслюють переваги платформ, що забезпечується технологічною архітектурою продукту та виражаються через модульність, підключення та стандартні інтерфейси. Найпоширенішим визначенням платформи є визначення, подане у роботах [42, 66-70], які вважають її сукупністю активів, які спільно використовуються набором продуктів. Платформи розглядаються як центральна точка контролю в рамках технологічної бізнес-системи [33]. При цьому генерується поняття «галузевої платформи»[42]. Праці Т.

Брезнага та С. Грінштайна [73] і А.Гавера та М.Кусумано [74] лягли в основу наступних досліджень, хоча ряд з них присвячені архітектурі [75, 76], конкурентній стратегії створення інформаційних систем [77, 79] доданий вартості [80], проте заклали важливі теоретичні основи в галузях інформаційних технологій[81-85]. Дослідження Фаррелла та Салонера [78] про вплив сумісності на стандартизацію продуктів, роботах Т.Брешан та С.Грайнштайн [73] з приводу інформаційної галузі, роботах А. Гавела та З.Гендерсона [86], напрацюваннях Cisco [87], статтях Р.Гаруда, С.Жашна, Р.Туршера [88]. Відсутнє чітке визначення платформи, яка забезпечувало концептуальні межі цього поняття, оскільки його зміст складніший за просте об'єднання програмних продуктів. Одні дослідники трактують концепт платформи як набір компонентів (Т.Бреснаган та С. Гренштайн) [73], систему, що складається із окремо розроблених частин технології (М.Кусумано та А.Гавер) [33] або як підсистему в технологічній системі, що постійно розвивається (А. Гавер та Р. Гендерсон[86]). С.Болдуін і К.Кларк [89] роблять акцент на дизайні архітектури, інтерфейсах і модульності, важливості контролю ресурсів, доцільності повторного використання колекцій та інтерфейсів [69,93, 95-98]. ІТ-платформи є спільною основою для програмних продуктів, які часто взаємодіють із базовою технологічною основою для додавання функціональності [99]. Л.Томас та група дослідників [100] представили огляд літератури щодо трактування платформ, виділяючи чотири різні типи: організаційні платформи, платформи сімейства продуктів, ринкові посередницькі платформи та екосистемні платформи. Кожен з цих типів вирізняється певною логікою. Дослідження ІТ-платформи було притаманне широкому спектру дослідницьких проектів, таких як інвестиції в ІТ платформи [102], управління ІТ платформами [103] та ефективність ІТ платформ [104]. Проте, як вже зазначалося, незважаючи на значну кількість досліджень ІТ-платформ, не було сформовано її концептуального

визначення. Визначення концепту «платформа» сильно відрізняються між собою. Наприклад, А. Гавер [105] визначає платформи як «технологічні будівельні блоки, що забезпечують важливу функцію інформаційної системи – яка діє як основа, ґрунтуючись на якій можна розробляти продукти, технології чи послуги», «конфігурації апаратного забезпечення, операційної системи, програмної основи або будь-якого іншого загального об'єкту, на якому зав'язано ряд запусків компонентів або служб» на думку К. Донерс, С. Паувелс, Ж.Лоісен [106]. ІТ-платформу визначають з розставленням різних акцентів, зокрема як технологічний набір, на якому можуть працювати додатки [30], база кодів, що зазнає постійного для розвитку [108], дво- чи багатосторонній ринок, що забезпечується технологіями [109]; або технологічна бізнес-інфраструктура, що забезпечує діяльність підприємств [111]. Р. Суддабі відзначає необхідність комплексного підходу до подання концепції ІТ-платформи, оскільки вона є основою для побудови теорій про ІТ-платформи [113, 111, 116-118]. Таким чином, у науковій літературі зустрічається різний підхід до формулювання концепту «інформаційно-технологічна платформа». Зведений перелік формулювання концепцій представлено у дослідженнях [114] та [102]. Платформи визначаються як набір компонентів, що використовують спільно множину продуктів, функціональність яких можна розширити за допомогою програм [121, 124, 125]. Р. Сун, С.Грегор, Б. Кетінг [114] подали детальний аналіз визначення концепту ІТ платформ, сформованого різними дослідниками. Найкомплекснішим є визначення ІТ-платформи, запропоноване Р. Сун, С. Грегор, Б. Кетінг [114]: ІТ-платформа – це складна система з технологічною базою, на якій додаткові складові можуть взаємодіяти, дотримуючись стандартів і дозволяючи транзакції між зацікавленими сторонами. Інформаційно-комунікаційна платформа формується із окремих програмних застосунків, інформаційних технологій та інформаційних ресурсів. Таким

чином концепт «інформаційно-технологічна платформа», тісно пов'язаний з інформаційними технологіями, хоча охоплює множину компонентів.

Разом з тим цей концепт не отримав чіткого визначення, а ґрунтується на загальному розумінні, ним послуговуються у наукових публікаціях різних галузей знань. На основі аналізу наявних визначень пропонуємо трактувати концепт «інформаційно-технологічна платформа (ІТ-платформа)» як зручне середовище для створення, розгортання та управління інформаційними технологіями, інформаційними ресурсами та інформаційними системами.

1.3. Інформаційно-технологічне забезпечення туристичної галузі

Для проведення дослідження як прикладну предметну галузь обрано туристичну, на її прикладі продемонструємо використання методів та розроблення засобів формування інформаційно-технологічної платформи. Проте, слід відзначити, що це могла б бути будь-яка інша галузь. Оскільки зосередились на туристичній галузі, проаналізуємо дослідження, в яких представлено результати розроблення інформаційних систем та технологій для туристичної галузі. Концепт інформаційна система трактується у різних інформаційних джерелах з певною інваріантністю. Найпоширенішим є таке визначення концепту інформаційні системи – «сукупність засобів збору, зберігання, передачі, опрацювання інформації в певній предметній галузі для досягнення поставленої мети»[39]. Проте найємнішим і найточнішим є таке визначення цього концепту «Інформаційна система це певний набір інформаційних технологій, що в комплексі зорієнтовані на досягнення системної мети, виконуючи задані функції та пропонуючи при цьому споживачам якісні інформаційні продукти та послуги», подане у вступному слові серії підручників «Комп'ютинг» її редактором В.Пасічником [40, С.9].

У публікації [41] розглядається робота рекомендаційної системи на основі вмісту, тобто такої системи, яка рекомендує товар користувачеві на основі його опису і профілю користувача. Автори відзначають, що рекомендаційна система, що генерує рекомендації на основі контенту, може використовуватися в різних областях, починаючи від рекомендацій веб-сторінок, новинних статей, туристичних фірм. Хоча деталі різних систем відрізняються, системи рекомендацій на основі вмісту однотипні, ґрунтуючись загалом на описі предметів, які можуть бути рекомендовані, та даних профілю користувача, який описує уподобання. У рекомендаційній системі використовується алгоритм порівняння рекомендованих елементів із профілем користувача. При розробленні сучасних рекомендаційних систем, заснованих на великих даних, стикаються з розрідженістю, масштабованістю і різноманітністю [47]. Найчастіше у туристичній галузі використовуються інформаційні системи бронювання, які сприяють можливості замовити «проживання в готелі, оренду автомобіля, замовити круїзну поїздку, отримати інформацію про місце перебування, курси валют, погодні умови, автобусне та залізничне сполучення» [48]. На ринку є достатньо пропозицій інформаційних систем управління туристичним підприємством з різними конфігураціями, але схожим функціоналом, з використанням різних інформаційні технології [49]. Практично всі вони взаємодіють з веб-сайтом, через який встановлюється зв'язок із базами даних, присутніми в інтернет мережі. Розробники спрямують їх діяльність на середні туристичні агентства[49].

Застосування різних інформаційних рішень у туристичній галузі спрямоване насамперед на підвищення якості обслуговування клієнтів [50]. Такі програми забезпечують складання та розробку довідкових баз з різними даними (клієнтів, партнерів, готелів, ресторанів, транспорту), а також відповідають за стан і облік платежів, приймання замовлень та їх

опрацювання, роботу з клієнтами, формування внутрішнього документообігу та бухгалтерії, аналіз отриманих даних і створення звітів тощо. У статті [51] відзначено, що «розробка програми туру – це складний процес», ефективно вирішення якого здійснюється з використанням інформаційно-пошукових систем, якими можуть послуговуватись туристи та співробітники туристичного бізнесу. Дослідники переконують [56], що у туристичних компаній України найпоширенішими є такі застосунки, як Amadeus і Sabre, що дозволяють максимально ефективно використовувати їх для роботи на європейському та американському туристичних ринках.

Результати дослідження [57] показали, як розвиток Інтернету суттєво змінив ринкові умови туристичних організацій, що використовують нові інструменти управління туризмом. Це дозволяє взаємодіяти між туристичними організаціями та користувачами і, як наслідок, змінює весь процес розвитку туризму. Еволюція інформаційних систем туристичної галузі через злиття та поглинання різними розробниками, докладно розглядають проблеми таких систем від авіакомпаній до бронювання у готельній індустрії [59]. У статті [23] розглянуто структуру сучасної системи інформаційних технологій, що використовується в туристичній індустрії. Підкреслюється, що використання інформаційних технологій у кожному окремому сегменті індустрії туризму, наприклад у готелях, бронюванні квитків, створенні спеціалізованих туристичних продуктів, взаємопов'язане з усіма іншими галузями. Авторами відзначено, що на даний момент існує велика різноманітність систем бронювання для туроператорів та кілька типових підходів до побудови системи бронювання для туроператорської компанії.

Величина зростання туризму в найближчі роки принесе як можливості, так і проблеми на ринки, особливо у внутрішньому та зовнішньому обміні інформацією в галузі. Інформаційні технології на підтримку індустрії

туризму охоплюють не лише підтримуючі технології для комунікації, але маркетинг туристичних послуг і варіюються від використання Інтернету для надання інформації до нових моделей прийняття туристичних рішень та інвестицій [101].

Дослідники переконують, що виконання завдань розробленою рекомендаційною системою для оренди серверів та доменів TMD Hosting у повному обсязі зможе продемонструвати можливості контентної фільтрації [122]. Запропонована рекомендаційна система може бути впроваджена в компаніях, де вже використовуються сервери на базі системи керування вмістом TMD Hosting, або для системних адміністраторів, які обслуговують групу серверів та доменів. Автори статті [123] відзначають, що рекомендаційні системи широко використовувалися як засіб ущільнення інформації, пропонування конкретних рекомендацій туристам відповідно до їх запитів. Нові мобільні рекомендаційні системи адаптовані до потреб користувачів і рекомендують мультимедійний контент, контекстно-залежні послуги тощо. Нові розробки в галузях мобільних застосунків, бездротових мереж, веб-технологій та соціальних мереж сприяють можливості надати дуже точні та ефективні туристичні рекомендації, ґрунтуючись на особистих уподобаннях користувача, соціальних та екологічних контекстуальних параметрах. У статті проведено класифікацію рекомендаційних систем для туристичної галузі та на основі системного підходу проаналізовано сучасний стан їх використання та послуги, що надаються. Автори статті [91] зосереджуються на аналізі функціоналу рекомендаційної системи для туристичної галузі та конкретних вимогах до неї. У статті проаналізовано новий підхід до створення рекомендаційних систем, який спрямований на усунення конкретних обмежень із застосування домену, та створення рекомендацій, які релевантні потребам туристів. При цьому проілюстровано запропонований підхід до рекомендації на конкретному прикладі та

проведене порівняння підходу з іншими з використанням методу найближчого сусіда.

Розроблювана рекомендаційна система [92] заснована на контент-орієнтованій фільтрації. Кожен користувач зіставляється з тим контентом, який йому подобався та були обрані для вивчення. Мета контент-орієнтованих методів – створити «профіль» для кожного користувача і кожного твору. Найважливішу роль відіграють атрибути об'єктів (метадані), що використовуються для побудови списку рекомендацій. Крім того, можливо витягувати такі характеристики, як оцінка настроїв і оцінки TF-IDF з описів об'єктів. Для рекомендаційної системи це означає необхідність отримання та розмітки певної кількості описів для створення моделі аналізу, яка потім буде використовуватися для нових описів і визначати, чи рекомендувати той чи інший об'єкт. Дані, що використовуються для навчання моделі, повинні бути повними та коректними. Якщо немає потрібної кількості таких даних, вирішується задача кластеризації. Проведений аналіз дозволяє стверджувати про відсутність систем аналогів. Коротко проаналізуємо наявні методи обрання альтернатив. При обранні методу важливо враховувати характер проекту, його обсяг і складність. Ось декілька методів [102], які можна використовувати у цьому випадку:

Метод аналізу ієрархій (MAI). MAI може бути корисним для вибору інформаційних технологій, оцінюючи їх за кількома критеріями, такими як продуктивність, безпека, масштабованість та інші. Надає можливість побудувати ієрархію критеріїв і порівнювати альтернативи.

Метод аналізу мультиплікативних оцінок (MAUT). MAUT дозволяє оцінити альтернативи за багатьма критеріями, додатково враховуючи їх ваги. Вибір технологій можна здійснити на основі їх відповідності вимогам проекту.

Метод зіставної оцінки (SMA). При обмежених ресурсах і пошуку швидкого способу вибору технологій, SMA дозволяє порівняти альтернативи на основі їх загальної привабливості.

Метод TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution). TOPSIS може бути використаний для вибору технологій, порівнюючи їх із ідеальним рішенням. Цей метод допомагає знайти найближчий варіант до ідеального.

Метод ELECTRE (Elimination and Choice Translating Reality). ELECTRE враховує важливість критеріїв і дозволяє здійснювати відсів альтернатив, що не відповідають вимогам проекту.

Метод багатокритеріальної оптимізації (MCDA). Якщо в проекті є багато критеріїв, MCDA може допомогти вибрати оптимальне рішення.

Вибір методу аналізу залежить від складності проекту та обсягу роботи, яку можна вкласти в процес вибору інформаційних технологій. При обранні інформаційних технологій для розроблення інформаційних систем, вибір методу аналізу обумовлений необхідністю порівняння за декількома критеріями.

1.4. Методологічні основи аналізу варіабельних альтернатив класів інформаційних технологій

Існує декілька підходів до генерації рекомендацій, які можуть бути використані в рекомендаційних системах. Ось деякі з них:

- *Фільтрування на основі популярності (Popularity-Based Filtering)*.

Цей підхід рекомендує користувачам те, що є популярним серед широкого кола користувачів. Метод фільтрування на основі популярності (Popularity-Based Filtering) – це метод рекомендації, який базується на популярності об'єктів (наприклад, продуктів, статей, фільмів тощо) серед

користувачів. Цей метод не використовує персоналізованих рекомендацій, а, натомість, просто рекомендує користувачам найпопулярніші об'єкти на основі загального попиту або рейтингів [127].

Формула для цього методу виглядає так:

$$P_i = \frac{N}{N_i},$$

де:

P_i – популярність об'єкта i ; N_i – кількість взаємодій або оцінок, які отримав об'єкт i ; N – загальна кількість взаємодій або оцінок для всіх об'єктів.

Ця формула розраховує популярність кожного об'єкта на основі того, скільки разів цей об'єкт був оцінений або взаємодіяв з користувачами. Об'єкти з більшими значеннями P_i вважаються більш популярними і можуть бути рекомендовані користувачам. Цей метод не враховує індивідуальні вподобання користувачів і рекомендує найпопулярніші об'єкти на загальному рівні. Він може включати такі поняття, як:

Популярність об'єкта (P). Це може бути кількість переглядів, кількість продажів або будь-який інший показник, що вказує на популярність об'єкта. Рейтинг об'єкта (R). Якщо доступні рейтинги користувачів, це може бути середній рейтинг об'єкта. Поріг популярності (T). Це може бути встановлений поріг, який визначає, які об'єкти вважатимуться достатньо популярними для рекомендації. Застосування методу може виглядати наступним чином: Визначення популярності (P) для кожного об'єкта в системі; Визначення рейтингу (R) для кожного об'єкта, якщо ця інформація доступна; Вибір об'єктів, які задовольняють певний поріг популярності (T); Рекомендація користувачеві об'єктів, які вважаються достатньо популярними. Цей метод досить простий у використанні, але він не надає персоналізованих рекомендацій. Він підходить для випадків, коли важко

отримати персональну інформацію про користувачів, і коли популярність об'єктів може служити хорошим показником їхньої привабливості.

- *Фільтрування на основі спільності (Collaborative Filtering)*. Використовує інформацію про взаємодії користувачів з ресурсами для рекомендацій. Існують два підвиди цього методу: фільтрування на основі спільних інтересів (User-Based) і фільтрування на основі спільних ресурсів (Item-Based). Метод фільтрування на основі спільності (Collaborative Filtering) базується на математичних і статистичних методах для прогнозування і рекомендацій об'єктів, що сподобаються користувачеві, на основі даних про попередні взаємодії користувачів з об'єктами. Цей метод ґрунтується на використанні:

Матриці користувачів і об'єктів (User-Item Matrix), в якій рядки представляють користувачів, а стовпці – об'єкти. Кожна комірка матриці може містити рейтинг або інший показник взаємодії користувача з об'єктом.

Математичних моделей прогнозування (Mathematical Models). Використовуються різні математичні моделі, такі як методи регресії, матричні розклади, методи кластеризації, які допомагають виявити закономірності в даних і здійснити прогнози на основі історичних взаємодій користувачів.

Метрик схожості (Similarity Metrics), що визначають ступінь схожості між користувачами або об'єктами. Зазвичай використовуються косинусна схожість, пірсоновський коефіцієнт кореляції тощо.

Функціях оцінки (Scoring Functions), що визначають, як обчислюється рейтинг рекомендованого об'єкта для користувача.

Функціях ваги (Weighting Functions), що враховують значущість користувачів або об'єктів у рекомендаціях.

Методах визначення сусідів (Neighbor Methods), що використовуються для рекомендацій на основі подібності між користувачами або об'єктами. Для

цих методів існує кілька різних формул, в залежності від конкретного методу, таких як колаборативний або контент-базований підхід. Нижче наведено приклади основних формул для обчислень за такими методами.

Міра подібності користувачів (User-Based Similarity) може визначатися через коефіцієнт кореляції Пірсона (Pearson Correlation Coefficient) чи коефіцієнт косинусної схожості (Cosine Similarity).

Коефіцієнт кореляції Пірсона (Pearson Correlation Coefficient):

$$\text{sim}_{u,v} = \frac{\sum(r_{u,i} - \bar{r}_u)(r_{v,i} - \bar{r}_v)}{\sqrt{\sum(r_{u,i} - \bar{r}_u)^2 \sum(r_{v,i} - \bar{r}_v)^2}}$$

де: $\text{sim}_{u,v}$ – міра подібності між користувачами u і v ; $r_{u,i}$ – оцінка, яку користувач u надав об'єкту i ; \bar{r}_u – середнє значення оцінок користувача u .

Коефіцієнт косинусної схожості (Cosine Similarity):

$$\text{sim}_{u,v} = \frac{\sum r_{u,i} r_{v,i}}{\sqrt{\sum r_{u,i}^2 \sum r_{v,i}^2}}$$

де параметри та змінні визначені аналогічно.

Коефіцієнт кореляції Пірсона (Pearson Correlation Coefficient) та коефіцієнт косинусної схожості (Cosine Similarity) також можуть використовуватися для визначення подібності між об'єктами i і j . Використовуючи формули можна визначити, наскільки подібні користувачі або об'єкти на основі їхніх оцінок або властивостей. Міри подібності використовуються в методах фільтрування на основі сусідів для визначення найбільш схожих користувачів або об'єктів для рекомендацій. Метод фільтрування на основі спільності зазвичай використовується для створення персоналізованих рекомендацій, але він вимагає наявності історичних даних про взаємодії користувачів з об'єктами.

- *Методи, що ґрунтуються на використанні змісту (Content-Based Methods)*. Рекомендації генеруються на основі аналізу характеристик ресурсів і порівняння їх з інтересами користувача. Цей підхід допомагає

вирішувати проблему "проблеми холодного старту", коли новий користувач або ресурси не мають відомих взаємодій. Методи, що ґрунтуються на використанні змісту (Content-Based Methods), використовують математичний апарат для порівняння характеристик об'єктів (наприклад, текстового опису, ключових слів, жанру, категорій тощо) з профілем користувача, щоб зробити рекомендації. Векторне подання об'єктів і профілів користувачів передбачає, що текстовий або інший зміст об'єктів і профілів користувачів перетворюється на векторну форму, де кожна ознака або термін відповідає певному вимірюваному параметру. Таке векторне подання дозволяє обчислити схожість між об'єктами і профілями користувачів за допомогою математичних операцій (наприклад, косинусна схожість). Для визначення схожості між об'єктом і профілем користувача використовуються різні математичні метрики, включаючи косинусну схожість, різницю між векторами, нормалізовані оцінки тощо. У методах, що ґрунтуються на використанні змісту, можуть використовуватися функції ваги для визначення важливості різних ознак об'єктів і профілів користувачів. Оцінка схожості зазвичай здійснюється за допомогою оцінок важливості і вагових коефіцієнтів. Для рекомендацій формується профіль користувача, який може включати в себе вагові оцінки об'єктів і ознак, які були визначені як важливі для користувача. За допомогою математичних методів обчислюється прогноз оцінки користувача для об'єкта на основі схожості і вагових оцінок. За допомогою математичних алгоритмів вибираються та ранжуються об'єкти для рекомендацій. Загалом, в методах, що ґрунтуються на використанні змісту, використовується векторна математика, метрики схожості та вагові оцінки для забезпечення персоналізованих рекомендацій на основі змісту об'єктів і профілів користувачів.

- *Глибинне навчання* (Deep Learning) передбачає використання нейронних мереж для аналізу великих обсягів даних та генерації

персоналізованих рекомендацій. Моделі глибокого навчання можуть враховувати складні залежності між користувачами і ресурсами. Метод глибокого навчання (Deep Learning) базується на використанні штучних нейронних мереж, і включає в себе багато математичних аспектів. Глибоке навчання використовує нейронні мережі для моделювання складних залежностей між вхідними і вихідними даними. Це включає в себе різні типи штучних нейронних мереж, такі як зворотні зв'язки (рекурентні) мережі, згорткові мережі, та інші [125].

Для навчання нейронних мереж використовуються різні методи оптимізації, включаючи стохастичний градієнтний спуск (Stochastic Gradient Descent) та його модифікації. Розрахунок градієнтного спуску та оптимізаційних алгоритмів грає важливу роль у навчанні нейронних мереж. Для передачі сигналів і обчислення ваги мережі використовуються функції активації. Популярні функції активації включають, зокрема, ReLU (Rectified Linear Unit). Загальний процес навчання включає в себе обчислення втрат (функція втрати) та використання градієнту для корекції ваг нейронів. Глибокі нейронні мережі створюють глибокі представлення даних, що дозволяє моделювати складні залежності в даних. Використовується регуляризація для запобігання перенавчанню і включає в себе методи, такі як випадкове вимкнення (dropout) та L_1 та L_2 регуляризація.

Для визначення наскільки добре модель вирішує завдання використовуються функції втрати, такі як середньоквадратична помилка (MSE) для задач регресії. Середньоквадратичні помилки (Mean Squared Error, MSE) обчислюються за формулою:

$$\text{MSE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2,$$

де: MSE – середньоквадратична помилка; n – кількість спостережень (сума розраховується від $i=1$ до n); y_i – фактичні значення або спостережені дані; \hat{y}_i – прогнозовані значення.

MSE використовується для вимірювання середнього квадратичного відхилення прогнозованих значень від фактичних значень в наборі даних. Чим менше значення MSE, тим краще модель прогнозує дані. Перехресна ентропія (Cross-Entropy) надає можливість порівняти два розподіли ймовірностей, яка зазвичай позначається як $H(p,q)$, де p – фактичний розподіл, а q – розподіл:

$$H(p, q) = - \sum p(i) \log(q(i)),$$

де: $H(p,q)$ – перехресна ентропія між фактичним розподілом p і передбаченим розподілом q ; i – індекс різних можливих подій або класів; $p(i)$ – ймовірність події i у фактичному розподілі; $q(i)$ – ймовірність події i у передбаченому розподілі.

Ця метрика часто використовується для оцінки якості класифікаційних моделей, таких як моделі машинного навчання, і допомагає виміряти, наскільки добре передбачені ймовірності відповідають фактичним даним. У задачах класифікації, менше значення перехресної ентропії вказує на кращу якість передбачення моделі. Розрахунок зворотнього розповсюдження помилки (Backpropagation) є важливим для навчання нейронних мереж і оновлення їх ваг після кожної ітерації. Глибинне навчання використовує цей математичний апарат для навчання нейронних мереж, що може бути використано для різних завдань, таких як розпізнавання образів, опрацювання природних мов, генерування рекомендацій, автономне навчання і багато інших.

- *Гібридні системи* (Hybrid Recommender Systems) комбінують різні підходи для покращення якості рекомендацій. Гібридні системи забезпечують кращу якість рекомендацій, оскільки комбінують переваги різних методів і ураховують їх обмеження. Математичний апарат гібридних систем допомагає об'єднати ці методи для досягнення кращих результатів у завданні рекомендації [124].

- *Згорткові моделі* (Convolutional Models) та *Рекурентні моделі* (Recurrent Models) використовуються для аналізу послідовностей даних, таких як відвідуваність сторінок в мережі або перегляди відео. Згорткові моделі використовуються в глибокому навчанні для опрацювання вхідних даних, зокрема для аналізу зображень, звуку, тексту та інших видів інформації. Моделі базуються на основних концепціях:

Згортках (Convolutions) – математична операція, яка використовується для взяття зважених сум значень у певній області вхідних даних. Вони визначаються ядром (фільтром), яке ковзається по вхідному сигналу, обчислюючи скалярний добуток ядра і відповідних значень вхідних даних.

Пулінгу (Pooling) – це математична операція, яка використовується для зменшення просторового розміру вхідних даних шляхом обчислення статистичних характеристик (наприклад, максимуму) для кожного підгрупи даних. Зазвичай використовується пулінг за максимумом або середнім значенням.

Функції активації (Activation Functions), такі як ReLU (Rectified Linear Unit), Sigmoid, або Tanh, використовуються для введення нелінійності в модель. Вони використовуються для трансформації вагованих сум на виході згорткових шарів.

Зв'язних шарах (Fully Connected Layers), що використовуються для підсумовування інформації з попередніх шарів та роблять остаточні прогнози або рішення на основі вихідних даних.

Загальної функції втрати (Loss Function), яка використовується для навчання моделі та визначає, наскільки прогнози моделі відрізняються від очікуваних значень. Різні завдання (наприклад, класифікація або регресія) можуть використовувати різні функції втрати.

Оптимізаційних алгоритмах, що використовуються для навчання параметрів моделі, таких як стохастичний градієнтний спуск (SGD), Adam, RMSprop та інші. Ці алгоритми використовуються для підлаштування параметрів моделі з метою зменшення функції втрати. Регуляризація може використовуватися для запобігання перенавчанню, така як випадковий відпад (Dropout), L_1 або L_2 регуляризація. Згорткові моделі дозволяють ефективно аналізувати інформацію у великих масивах даних, зокрема для завдань з опрацювання зображень, тексту, аудіо та інших видів даних. Метод рекурентних моделей (Recurrent Models) використовує рекурентні нейронні мережі (RNNs) та їх варіації для різних завдань, таких як опрацювання послідовностей, прогнозування часових рядів, робота з текстами та багато інших задач, які мають послідовну структуру. В основі RNNs лежать принципи роботи зі змінними часу та послідовностями даних. Основною ідеєю RNNs є використання рекурентних нейронів, які здатні зберігати інформацію про попередні стани та використовувати цю інформацію для опрацювання нових вхідних даних в послідовних часових кроках. RNNs використовують активаційні функції, які регулюють вихідні значення нейронів на кожному кроці. Зазвичай використовуються активаційні функції, такі як гіперболічний тангенс (tanh) або сигмоїдна функція. Модель RNN має параметри, які підлаштовуються під час навчання для досягнення оптимальних результатів. Це включає ваги та зсуви нейронів, які регулюють вплив вхідних даних на внутрішні стани моделі. Навчання RNNs включає в себе використання алгоритму зворотнього поширення помилки для оптимізації параметрів моделі. Для навчання та оцінки RNNs

використовуються функції втрати, які допомагають визначити, прогнози моделі і їх відмінності від фактичних значень вихідних даних. В деяких випадках використовують багатосарові RNNs для покращення роботи з складними послідовностями даних.

- *Персоналізовані моделі* (Personalization Models) враховують контекст і індивідуальні особливості користувача, такі як вік, інтереси, історія перегляду тощо. Метод персоналізованих моделей використовує математичний апарат, який включає в себе різні методи машинного навчання та статистичного аналізу для створення моделей, які призначені для персоналізованої рекомендації контенту користувачам. Основні аспекти цього методу:

1. Матричні розклади (Matrix Factorization), які використовуються для розкладання матриць взаємодії між користувачами і об'єктами (наприклад, фільми, товари) на декілька менших матриць, які можуть бути використані для передбачення рейтингів або відгуків користувачів.

2. Алгоритми колаборативного фільтрування (Collaborative Filtering Algorithms), що використовуються для аналізу взаємодії між користувачами та об'єктами. Основними є методи на основі спільності та моделей [126].

3. Функції схожості (Similarity Functions), що визначають, наскільки схожі об'єкти чи користувачі за різними аспектами. Це може включати обчислення косинусної схожості, евклідової відстані, та інших метрик схожості.

4. Оцінювання прогнозів (Rating Prediction), що використовуються для передбачення рейтингів, які користувачі могли б виставити об'єктам. Включає в себе використання різних регресійних моделей та методів передбачення.

5. Функції втрати (Loss Functions), що використовуються для навчання персоналізованих моделей і визначають, наскільки прогнози моделі відрізняються від фактичних рейтингів користувачів.

6. Завдання ранжування (Ranking Tasks), що враховують порядок пропозицій користувачам.

7. Оптимізація параметрів (Parameter Optimization), яка використовуються для навчання персоналізованих моделей, зокрема, таких як стохастичний градієнтний спуск, які допомагають підлаштувати параметри моделі для досягнення оптимальних результатів.

8. Метод персоналізованих моделей, що базується на комбінації цих методів та алгоритмів, які дозволяють побудувати модель, яка краще враховує індивідуальні вподобання та потреби кожного користувача при рекомендації контенту.

Кожен з цих підходів має свої переваги та недоліки і може бути використаний в залежності від конкретного завдання та доступних даних. Зазвичай рекомендаційні системи використовують комбінацію цих підходів для досягнення найкращих результатів. У нашому дослідженні будемо послуговуватися методом, що ґрунтується на використанні змісту.

1.5. Ширококутні ортогональні кодувальні технології

Безпекову компоненту рекомендаційної системи доцільно забезпечити з використанням досконалих двійкових масивів [167] – двовимірних масивів розміром $N_1 \times N_2$:

$$H(N_1, N_2) = \|h_{i,j}\|,$$

де $h_{i,j} \in \{+1, -1\}$ – елементи досконалих двійкових масивів; $i = \overline{0, N_1 - 1}$ – кількість рядків; $j = \overline{0, N_2 - 1}$ – кількість стовпців;

Зазначені масиви мають ідеальну двовимірну періодичну автокореляційну функцію:

$$R(N_1, N_2) = \|r_{m,n}\| = \begin{cases} N_1 * N_2, & \text{коли } m = n = 0; \\ 0, & \text{коли } m \neq n. \end{cases}$$



Рис. 1.1. Принцип модуляції інформації на основі циклічного обертання ідеальних двійкових масивів

Елементи двовимірної періодичної автокореляційної функції розраховуються за формулою:

$$r_{m,n} = \sum_{i=0}^{N_1-1} \sum_{j=0}^{N_2-1} h_{i,j} h_{i+m,j+n}.$$

Кожен досконалий двійковий масив повідомлення N (size $N \times N$) – $H^{(0)}(N) = h_{i,j}^{(0)}$, який ми будемо називати опорним (генеруючим) масивом, генерує клас еквівалента досконалих двійкових масивів – клас $E(N)$ [168], за допомогою операцій циклічного обертання вздовж рядків і (або) стовпців, загальна кількість згенерованих масивів становить:

$$\Psi^{E(N)} = N^2.$$

Наприклад, для класу $E(N) - H^{(E)}(N) = h_{i,j}^{(E)}$ можна отримати з еталонного досконалого двійкового масиву шляхом виконання операції циклічного обертання рядків (L_{k_1}) еталонного досконалого двійкового масиву на k_1 рядків вниз і операція циклічного повороту стовпців (Q_{k_2}) опорного досконалого двійкового масиву по k_2 стовпчиків праворуч [169]:

$$H^{E(N)} = L_{k_1} H^{(0)}(N) Q_{k_2}$$

або

$$H(N_1, N_2) = \|h_{i,j}\|.$$

Наприклад, для еталонного досконалого двійкового масиву:

$$H^{(0)}(6) = \left\{ \begin{array}{cccccc} + & + & + & + & + & - \\ + & - & + & + & - & + \\ - & + & - & + & - & - \\ + & + & - & - & + & + \\ - & + & - & + & - & - \\ - & + & + & + & + & - \end{array} \right\}$$

Генерує еквівалентну суму досконалого двійкового масиву класу $\Psi^{E(6)}=36$. Результати дослідження коригувальної здатності двовимірного повідомлення під дією пакетних помилок довжиною $t_n=18$ представлені в табл. 1.1.

Дійсно, якщо розмір пакета помилок збільшити на одиницю, то в критичних позиціях відношення основного піку до максимального піку стає рівним одиниці: B_m/B_{\max} , таким чином буде невизначеність у роботі декодера. З аналізу даних табл. 1.1, легко побачити, що $E(8)$ – повідомлення також виправляє значну частину більшої довжини помилки пакета $t_n > 18$.

Таблиця 1.1

Принцип роботи двовимірного декодера – повідомлення кореляційного типу під дією пакетних помилок

Номер пакета	B_m/B_{\max}							
1–8	28/16	28/20	28/20	28/20	28/20	28/24	28/20	28/20
9–16	28/20	28/20	28/16	28/16	28/16	28/16	28/12	28/16
17–24	28/16	28/16	28/16	28/16	28/16	28/16	28/16	28/16
25–32	28/20	28/20	28/20	28/20	28/20	28/20	28/24	28/24
33–40	28/20	28/20	28/20	28/24	28/24	28/20	28/20	28/20
41–48	28/20	28/20	28/20	28/20	28/16	28/20	28/24	28/24
49–56	28/20	28/16	28/16	28/16	28/16	28/16	28/16	28/12
57–64	28/12	28/12	28/12	28/12	28/16	28/16	28/12	28/16

Для порівняння зазначимо, що найближчим (63,6) повідомленням максимальної довжини надійно виправляє всі помилки пакету розміру $t_n=15$ [170], тоді як показало моделювання повідомлень з мажоритарним декодуванням, лише частину структур більших пакетів ($t_n>15$) можна виправити.

1.6. Постановка задачі дослідження

Розумний регіон є складною системою, яка формується з множини підсистем, однією з яких є туристична галузь. Для формування розумного регіону доцільно створити інформаційно-технологічну платформу. Інформаційно-технологічна платформа постійно поповнюється інформаційними системами, які розробляються з використанням певного класу інформаційних технологій. Один із модулів інформаційно-

технологічної платформи складається із інформаційних систем для туристичної галузі, для якої характерне використання широкого спектру інформаційних систем, тому її доцільно обрати як предметну область для демонстрації процедури формування платформи. Для скорочення трудомісткості процедури обрання класу інформаційних технологій, а потім обґрунтованого обрання реалізацій цієї технології для створення інформаційних систем, доцільно розробити зручний інструмент та обрати метод оцінювання.

Таким чином, сформульовано актуальну наукову задачу: створити розробникам інформаційних систем умови використання зручного інструменту, який дозволяє згенерувати науково обґрунтовані рекомендації щодо використання класів сучасних інформаційних технологій та їх реалізацій, що суттєво скоротить час на прийняття рішення. Розглянемо вирішення цієї наукової задачі покроково:

Крок 1. Проаналізувати підходи до формування інформаційно-технологічної платформи та «розумного» регіону;

Крок 2. Сформулюємо концепти «розумний регіон», «інформаційно-технологічна платформа» та визначити їх взаємозв'язок;

Крок 3. Проаналізуємо особливості реалізації проекту «Розумний регіон Закарпаття», визначимо дорожню карту його реалізації.

Крок 4. Сформулюємо концептуальну модель інформаційно-технологічної платформи «розумного регіону» та його туристичної галузі. Сформулюємо вимоги до інформаційно-технологічної платформи розумного регіону.

Крок 5. Побудуємо моделі взаємодії елементів інформаційно-технологічної платформи туристичної галузі.

Крок 6. Розробимо інформаційну технологію обрання класів інформаційних технологій та їх реалізацій та рекомендаційної системи на її основі для ефективної побудови інформаційно-технологічної платформи.

Крок 7. Обґрунтуємо доцільність використання широкосмугових ортогональних кодувальних технологій на основі досконалих двійкових масивів при експлуатації розробленої рекомендаційної системи.

Крок 8. Для проведення апробації роботи розробленої рекомендаційної системи сформуємо вимоги до інформаційної системи обрання туристичних маршрутів в умовах пандемії та сформуємо математичну модель прокладання таких маршрутів.

Крок 9. Проаналізуємо переваги використання розробленої рекомендаційної системи з обрання класів інформаційних технологій за часовим параметром.

Висновки до 1 розділу

Концепція «розумне місто» активно розвивається, провідні технологічні компанії зосереджуються на розробленні технологічних компонент, які є ключовим елементами цієї концепції, серед яких системи, які заклали основу розвитку великого міста, такі як енергія, вода та транспорт.

Тематика сучасних досліджень, спрямованих на формування «розумного» міста, розробляється провідними закордонними науковцями, серед яких Б. Кохен, Куртіт К., Нійкамп П., Р. Джиффінджер, Кавада Маріанна, Хант Декстер і Роджерс Кріс, які зробили внесок у формування концепції, розроблення її компонентів та інтерпретацію визначень.

В Україні дослідження цієї тематики не такі поширені, проте більшість наукових праць пов'язана з електронним урядуванням, що є лише одним з

компонентів «розумного» міста. Зокрема, можна виділити роботи таких вчених, як С.А. Чукут, В.І. Дмитренко, І.А. Жукович, Луніна В. Ю.

Формування розумних регіонів відбувається за аналогією розумних міст. Ці ключові питання визначають майбутні тренди розвитку розумного регіону, відкривають можливості для їх досліджень.

Розумний регіон – це комплекс населених пунктів, які об'єднує фізична, соціально-економічна інфраструктура, інформаційні технології для вдосконалення життя мешканців. Розумні регіони вирізняються якістю послуг, що надаються громадянам, високим рівнем залучення громади до економічного розвитку міста, створенням фізичних, соціальних, економічних та технологічних інфраструктур для інновацій та покращення послуг для громадян та гостей регіону.

Концепт «розумний регіон» визначає складну систему, що складається із множини підсистем, які створюються за функціональним та територіальним принципом, і базуються на використанні інформаційних технологій, інформаційних ресурсів та інформаційних систем з метою підвищення якості життя мешканців та ефективності функціонування різних галузей економіки.

Проведений аналіз основних підходів та умов формування інформаційно-технологічних платформ засвідчив, що вони дозволяють створювати, тестувати, впроваджувати та керувати програмними продуктами в зручний спосіб, що своєю чергою сприяє підвищенню продуктивності та зниженню витрат на розробку та експлуатацію програмного забезпечення, дотриманню випробуваних технологій задля зменшення складності та збільшення ефективності розроблення програмного забезпечення.

ІТ-платформу визначають з розставленням різних акцентів, зокрема як технологічний набір, на якому можуть працювати додатки, база кодів, що зазнає постійного для розвитку, дво- чи багатосторонній ринок, що

забезпечується технологіями; або технологічна бізнес-інфраструктура, що забезпечує діяльність підприємств.

Вважаємо, що концепт «інформаційно-технологічна платформа (ІТ-платформа)» слід трактувати як зручне середовище для створення, розгортання та управління інформаційними технологіями, інформаційними ресурсами та інформаційними системами.

Сформульовано актуальну наукову задачу: створити розробникам інформаційних систем умови використання зручного інструменту, який дозволяє згенерувати науково обґрунтовані рекомендації щодо використання класів сучасних інформаційних технологій та їх реалізацій, що суттєво скоротить час на прийняття рішення.

Проаналізовано основні методи, які використовуються для генерування рекомендацій, особливості їх формалізації та використання.

Аналіз методів генерування рекомендацій дозволив визначитись із методом, який використано при розробленні рекомендаційної системи – методом, що ґрунтуються на використанні змісту.

РОЗДІЛ 2. ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЄКТУ «РОЗУМНИЙ РЕГІОН ЗАКАРПАТТЯ»

У другому розділі проаналізовано особливості реалізації проекту «розумний регіон Закарпаття», спрямованого на перетворення прикордонного об'єднання межуючих територій різних країн на осередок взаємодії та комфортного проживання мешканців та туристів. Цьому сприятиме формування інформаційно-технологічної платформи, на яку покладатиметься завдання консолідації інформаційних систем та застосунків, що забезпечують ефективне функціонування регіону, та їх взаємодію. Подано концептуальну модель інформаційно-технологічної платформи розумного регіону та його структурного компонента – туристичної галузі. Представлено модель взаємодії складових елементів інформаційно-технологічної платформи.

2.1. Передумови розроблення проекту

Сформувавши концепцію розумного регіону у попередньому розділі проаналізуємо особливості розроблення проектів «розумний регіон, які реалізуються за аналогією «розумне місто», що спрямовані на покращення умов життя населення міста, послуговуються двома підходами: районно-орієнтованим та загальноміським (панурбаністичний підхід) [131-135]. Ці підходи доцільно використовувати при реалізації проектів розумних регіонів. Оскільки реалізація проектів «розумний регіон» в Україні відбуватиметься вперше, розроблення концепту «розумний регіон» потребує генерації вимог до проекту його реалізації у Закарпатті, що забезпечує засати розроблення дорожньої карти трансформації транскордонних територій у «розумний» анклав.

На основі проведеного аналізу у попередньому розділі сформуємо ряд важливих концепцій, які будуть важливими для розвитку розумного регіону Закарпаття. З огляду на своє географічне розташування та історію етно-культурних зв'язків Закарпаття має величезний потенціал до розвитку багатьох галузей та втіленню напрацювань, що сприяють досягненню регіоном статусу «розумного». До прикладу, географічний центр Європи знаходиться в с. Ділове, Рахівського району створює природні можливості формування пріоритетних напрямів розвитку регіону:

1) логістичного хабу товарів, вантажів і перевезень (зокрема під час війни з росією);

2) туристичного бізнесу, який має бути туристо-орієнтованим, конкурентоспроможним, а головне фінансово посильним навіть для бюджетного туриста, оскільки Карпатський край, один із наймальовничіших куточків нашої держави;

3) створення ІТ кластеру.

Від початку повномасштабного вторгнення російських збройних сил на територію України спостерігається тенденція міграції всіх видів бізнесу – починаючи від невеликих кав'ярень, і закінчуючи великими ІТ-компаніями, які були вимушені релокуватися із тимчасово окупованих територій в західну частину України і Карпатський регіон. Аналіз даних, пошук і впровадження найновіших ідей, концептів, стартапів для розвитку розумного регіону Закарпаття дозволить нам підняти на якісно новий рівень стандарти життя людей цієї агломерації, рівень освіти, медицини, добробуту всіх мешканців краю. На сьогодні потенціал Закарпаття, як перлини Карпатського регіону, не розкрито, а він надзвичайно великий, адже саме у ці складні часи воєнної економіки, дана територія може спокійно перетворитися на «силіконову/кремнієву» долину України. Сусідство області із 4-ма незалежними державами, які є членами ЄС, дає потужний поштовх і

можливості розвитку технологій, експорту матеріальних і нематеріальних благ. Також перехід на європейські стандарти якості товарів і послуг, імплементації найкращих технологій, зокрема ІТ, дозволить створити найсприятливіший інвестиційний клімат для стартапів, наукових досліджень чи евакуації вже існуючих бізнес структур. Формування «Розумного регіону Закарпаття» повинно створити найсприятливіший ґрунт для впровадження передових досягнень ІТ-індустрії в усі галузі його розвитку з метою забезпечення розвитку регіону з врахуванням потреб його багатонаціональних мешканців. Основні цілі проекту «Розумний регіон Закарпаття» подано на рис. 2.1.



Рис. 2.1. Дерево цілей проекту «Розумний регіон Закарпаття»

Тому логічним для досягнення поставленої мети є використання кращих зразків і напрацювань міст та регіонів, що вже досягнули статусу

розумного і мають досвід у впровадженні та застосуванні на практиці різних технологічних розумних рішень [166]. Для реалізації таких амбітних цілей, як вже зазначалося, необхідне розроблення інформаційно-технологічної платформи, яка б забезпечувала функціонування «Розумного регіону Закарпаття», що сприятиме:

- впровадженню цифрових технологій, нових цифрових методів та моделей розроблених для муніципалітетів, інших органів державного управління, приватних компаній і громадян з метою перетворення їх в єдину команду для надання клієнтам комплексних послуг легким і ефективним способом;

- використанню методів збору даних, аналізу операції, технологій опрацювання великих даних та інновацій для стимулювання економічного розвитку та його зростання, створення більшої кількості робочих місць, збільшенню обсягів виробництва у регіоні;

- використанню відкритих даних, що є важливим фактором конкурентоспроможності регіону, що дозволило розставляти пріоритети, визначати які дані є необхідними для вирішення проблем зростання регіону, розроблення довгострокових перспективних планів інвестування в інфраструктуру;

- забезпеченню зручної комунікації влади з мешканцями, організаціями з державного та приватного секторів;

- розгортання технологій розумного туризму, який передбачає створення розумного та зручного середовища для відвідувачів міста, включаючи візи, авіарейси та послуги розумного готелю.

Інформаційно-технологічна платформа агрегує розрізнені набори даних, сприяє їх ефективному опрацюванню і спільному створенню послуг для задоволення потреб мешканців та гостей регіону. Інформаційно-технологічна платформа розумного регіону Закарпаття має задовольняти

різні вимоги, щоб забезпечити ефективний та інноваційний розвиток регіону. Ось деякі важливі вимоги, які можуть бути враховані при розробленні такої платформи (див. додаток Р):

Гнучкість та масштабованість. Платформа повинна бути гнучкою та легко масштабованою для впровадження нових технологій та розвитку регіону.

Забезпечення доступу до даних. Платформа має забезпечити доступ до різноманітних даних, включаючи дані про інфраструктуру, середовище, громадський транспорт, соціальні показники тощо.

Інтеграція даних. Платформа повинна підтримувати інтеграцію даних з різних джерел, щоб забезпечити повноту та достовірність інформації.

Аналіз даних. Платформа має надавати інструменти для аналізу даних, включаючи інструменти машинного навчання та штучного інтелекту.

Забезпечення безпеки. Захист даних та інформаційної системи повинен бути високим пріоритетом, оскільки регіон має працювати з чутливою інформацією.

Підтримка мобільних, хмарних та IoT технологій. Платформа повинна бути готовою для використання мобільних пристроїв, хмарних технологій та об'єктів Інтернету речей (IoT) для збору, зберігання та передачі даних [174].

Відкритість та дотримання стандартів. Важливо використовувати відкриті стандарти для забезпечення сумісності та можливості обміну даними з іншими системами.

Взаємодія з громадою. Платформа повинна підтримувати взаємодію з громадою та забезпечувати доступ громадськості до даних та інформації.

Спільна робота. Платформа повинна сприяти спільній роботі місцевих влад, громади, бізнесу та інших учасників регіону.

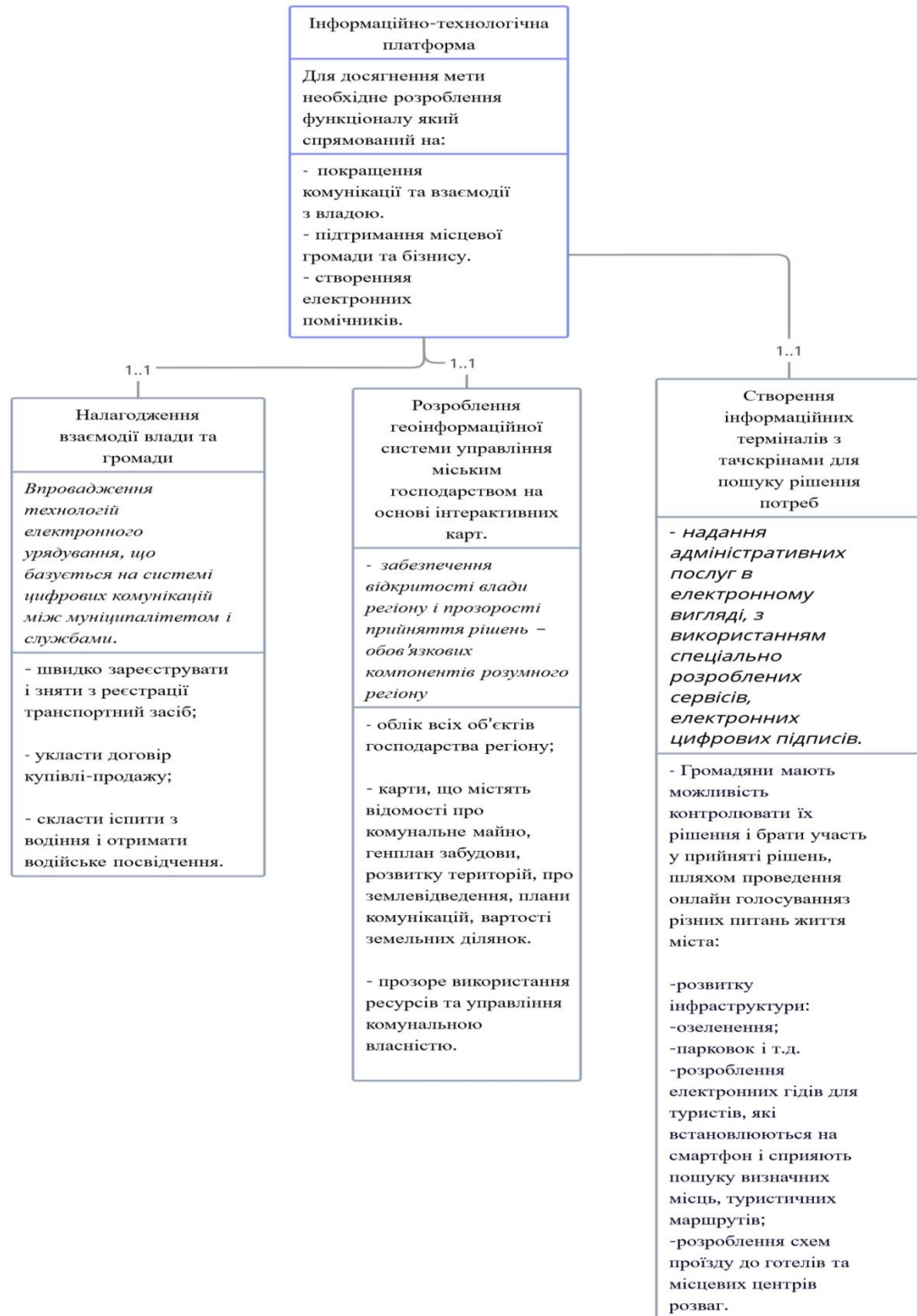


Рис. 2.2. Вимоги до інформаційно-технологічної платформи «Розумний регіон Закарпаття».

Постійна підтримка і розвиток. Розроблення платформи має бути постійною, з урахуванням новітніх технологій (див. додаток Р) та потреб

регіону. Це загальні вимоги, і конкретна інформаційно-технологічна платформа може бути розроблена з урахуванням специфічних потреб та завдань розумного регіону Закарпаття. На основі вищезазначеного можемо конкретизувати вимоги до інформаційно-технологічної платформи, які подані на рис. 2.2. Щодо Закарпаття можна також зазначити величезний потенціал туристичної галузі, адже розвинута інфраструктура чи можливість прогнозувати рівень видатків, комфорту, способу транспортування, зможе суттєво збільшити потік відпочиваючих у «Розумному регіоні Закарпаття». Впровадження інформаційних технологій через окремі менші кроки інформатизації, що стосуватимуться соціального сектору, сприятливого інвестиційного клімату і водночас розвитку загальної інфраструктури, мають стати тою запорукою успіху, яка надасть величезний поштовх до інтелектуального та соціально-економічного розвитку всього регіону [164].

Проект формування «Розумного регіону Закарпаття» покликаний:

- ✓ Створити та широко поширювати відкриті дані для мешканців регіону.
- ✓ Збільшити кількість мешканців регіону, які використовують цифрові технології для доступу до інформації про нього.
- ✓ Залучити довгострокові інвестиції в інфраструктуру регіону.
- ✓ Створити сховища даних регіону на розробленій інформаційно-технологічній платформі.

Такий підхід сприятиме зростанню інвестиційної привабливості регіону і підвищенню рівня життя його мешканців. Цей напрям дослідження корелюється із цільовою політикою держави останніх років, спрямованою на децентралізацію, тобто на відхід від практики, коли єдиний центр управління диктує у якому саме напрямі має розвиватися певний регіон, який є туристично привабливим. Досягнення таких цілей ґрунтується на використанні інформаційно-технологічної платформи.

2.2. Інформаційно-технологічна платформа «Розумний регіон Закарпаття»

Як вже зазначалося, реалізація проєктів розумний регіон потребує розгортання інформаційно-технологічної платформи. Розглянемо її функціональність (рис. 2.3).

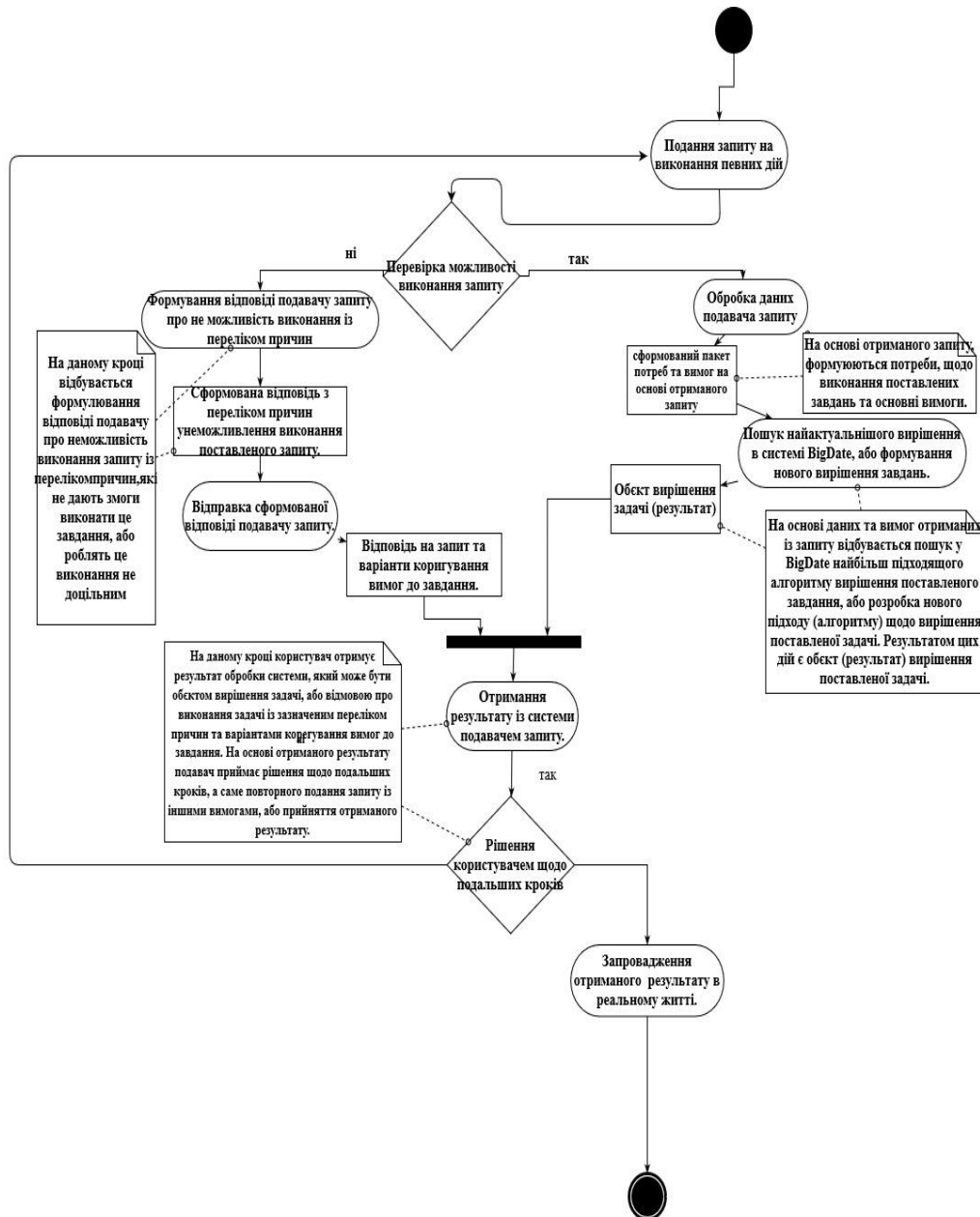


Рис. 2.3. Фрагмент діаграми діяльності інформаційно-технологічної платформи «Розумний регіон Закарпаття»

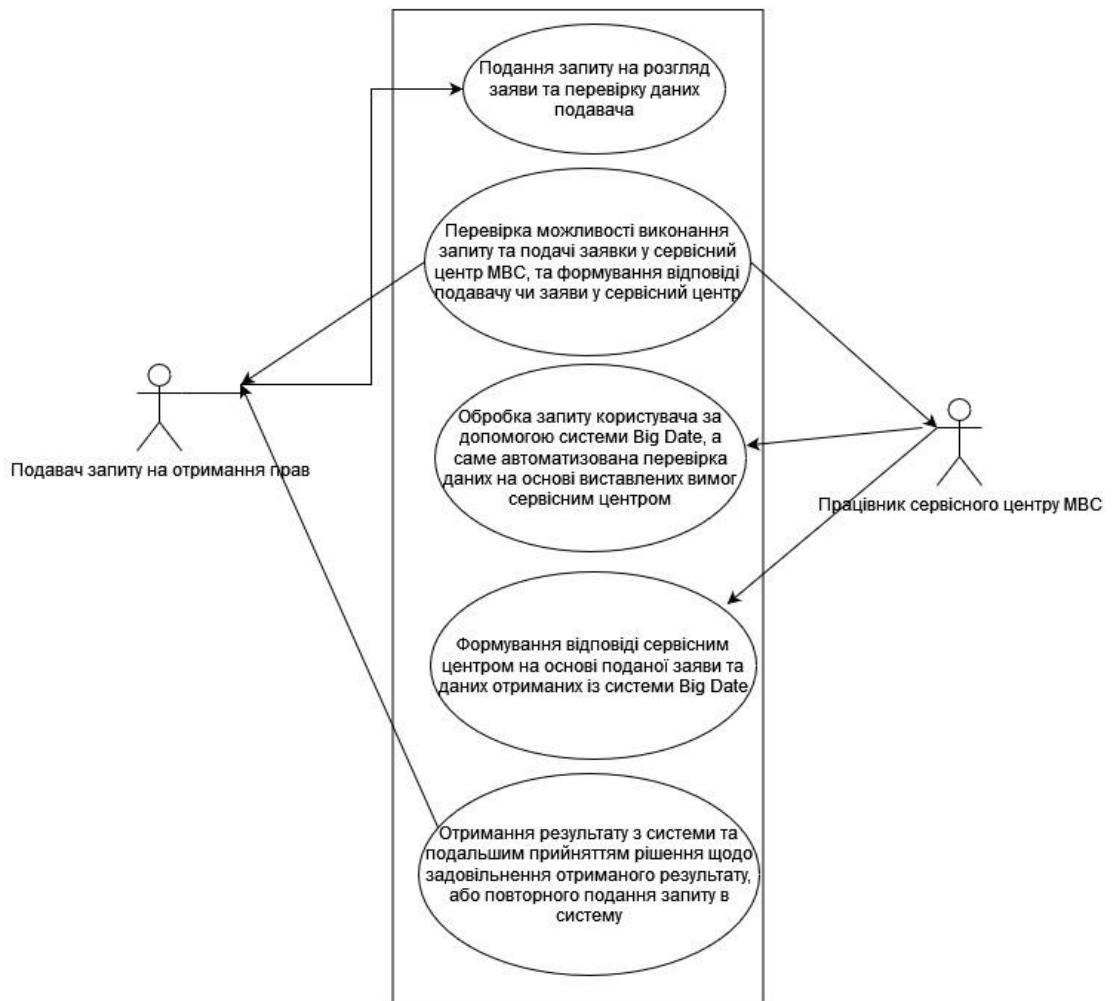


Рис. 2.4. Діаграма використання одного з модулів інформаційно-технологічної платформи «Розумний регіон Закарпаття»

Інформаційно-технологічна платформа (ІТ-платформа) «Розумний регіон Закарпаття» – це зручне середовище для створення, розгортання та управління різноманітними програмними застосунками, яке об'єднує у собі апаратне забезпечення, операційну систему та різні компоненти програмного забезпечення (див. додаток Р). Вони розробляються для підтримки функціонування різних галузей розумного регіону. ІТ-платформа дозволяє створювати, тестувати, впроваджувати та керувати програмними додатками в

зручний спосіб. Також вони можуть допомогти забезпечити стандартизацію технологій, що дозволяє зменшити складність та збільшити ефективність розробки програмного забезпечення. Виходячи із концепту «інформаційно-технологічна платформа (ІТ-платформа)», поданого у першому розділі, трактуватимемо його як зручне середовище для створення, розгортання та управління інформаційними технологіями (див. додаток Р), інформаційними ресурсами та інформаційними системами.

2.3. Концептуальна модель інформаційно-технологічної платформи «Розумного регіону Закарпаття»

Концептуальну модель інформаційно-технологічної платформи можна подати у вигляді п'ятиелементного кортежу:

$$ITP = \{S, E, R, M, F\}$$

Можемо формалізувати кожен елемент інформаційно-технологічної платформи (ІТ-платформи) за допомогою математичного виразу. Ось приклади для кожного елемента:

S (Множина класів інформаційних технологій): $S = \{IT_1, IT_2, IT_3, \dots\}$.

E (Середовище): $E = \{ENV_1, ENV_2, ENV_3, \dots\}$

Для формування безпечного середовища інформаційно-технологічної платформи доцільно використовувати широкосмугові ортогональні кодувальні технології на основі досконалих двійкових масивів, що забезпечує можливість виявлення та виправлення помилок при передачі інформації.

R (множина інформаційних ресурсів (бази даних, сховища даних, кіоски даних, вітрини даних, озера даних, озера сховищ даних, фабрики даних, простори даних), що дозволяє інформаційно підтримувати процеси, які протікають у складній системі «розумний регіон»): $R = \{RES1, RES2, RES3, \dots\}$

M (Технології управління): $M = \{MGMT_1, MGMT_2, MGMT_3, \dots\}$

F (Функціональність, множина суб'єктів (агентів), що розташовані на інформаційно-технологічній платформі. В ролі агентів виступають інформаційні системи, що забезпечують функціонування регіону. Поєднання цих складових дозволяє створювати нові інформаційні системи для потреб розумного регіону.): $F = \{FUNC_1, FUNC_2, FUNC_3, \dots\}$

Кожен елемент можна формалізувати за допомогою конкретних деталей, описів або характеристик. Вирази можуть бути складнішими, якщо потрібно деталізувати кожен елемент відповідно до конкретного контексту чи об'єкта дослідження.

Якщо конкретизувати предметну область інформаційно-технологічної платформи, як інструмент розвитку туристичної галузі розумного регіону, то можна сформулювати визначення більш конкретною моделлю:

IT_Platform_Tourism = (S_Tourism, E_Tourism, R_Tourism, M_Tourism, F_Tourism),

де:

S_Tourism – Множина інформаційних технологій, специфічних для туристичної галузі;

E_Tourism – Середовище, створене для зручності та ефективності в галузі туризму;

R_Tourism – Інформаційні ресурси, пов'язані з туристичними об'єктами, послугами та подіями;

M_Tourism – Механізми управління, призначені для ефективного управління туристичними ресурсами та інформаційними системами;

F_Tourism – Функціональність, яка надає інформаційну підтримку для туристичних послуг, підвищення зручності та ефективності туристичного досвіду, інформаційні системи та мобільні застосунки.

Ця модель дозволяє більш конкретно описати інформаційно-технологічну платформу для туристичної галузі розумного регіону та виділити її складові частини, що сприятиме її побудові та створенню релевантних інформаційних систем як її складових. Зважаючи на подане визначення, можна виразити кожен складову окремо.

Множина інформаційних технологій для туристичної галузі:

$$S_Tourism = \{IT_1, IT_2, IT_3, \dots\},$$

IT-платформа (туристична) = (Мобільні додатки + Веб-сайти туристичних агентств + Геолокаційні технології + Системи онлайн-бронювання + Соціальні медіа + Технології розпізнавання зображень + Аналітика та Big Data + Штучний інтелект + VR і AR технології + Блокчейн).

Ця модель включає основні інформаційні технології, які використовуються для створення і управління інформаційними системами та ресурсами в туристичній галузі розумного регіону. Можна розширити цю модель, включаючи більше конкретних технологій та інструментів, які застосовуються в кожному конкретному випадку.

Інформаційно-технологічне середовище функціонування галузі туризму подамо наступним чином:

$$E_Tourism = Environm; R_Tourism = \{Resource_1, Resource_2, Resource_3, \dots\}$$

Середовище функціонування галузі туризму може бути сформульоване як інтегрована система інформаційних технологій, платформ, та додатків, спрямованих на поліпшення зручності та ефективності функціонування галузі туризму. Вона включає в себе мобільні застосунки, веб-сайти туристичних агентств, геолокаційні технології, системи онлайн-бронювання, соціальні медіа, технології розпізнавання зображень, інструменти аналітики та опрацювання Big Data [129,130], системи штучного інтелекту, віртуальної та доповненої реальності, технології блокчейн, а також інші інноваційні рішення, які сприяють поліпшенню туристичних послуг, оптимізації процесів бронювання та підвищенню якості обслуговування в туристичній галузі.

Це середовище є складовим і основотвірним елементом інформаційно-технологічної платформи, яка об'єднує туристів, туристичних операторів, готелі, ресторани та інших гравців галузі для спільного вдосконалення та оптимізації туристичного обслуговування та надання послуг. Модель середовища можна подати наступним чином[173]:

$$S = \{IT_1, IT_2, IT_3, \dots, IT_n\},$$

де S – множина інформаційних технологій для туристичної галузі,

$IT_1, IT_2, IT_3, \dots, IT_n$ – конкретні інформаційні технології, що включають в себе мобільні додатки, веб-сайти туристичних агентств, геолокаційні технології, системи онлайн-бронювання, соціальні медіа [128], технології розпізнавання зображень, аналітику та Big Data, штучний інтелект, віртуальну та доповнену реальність, технології блокчейн та інші інноваційні рішення.

Модель представляє множину інформаційних технологій, які використовуються для поліпшення та оптимізації туристичного досвіду та обслуговування в галузі туризму. $E_Tourism = Environment$.

Інформаційні ресурси, пов'язані з туристичними об'єктами, послугами та подіями:

$$M_Tourism = \{Management_1, Management_2, \dots\}$$

Множину інформаційних ресурсів, пов'язаних з туристичними об'єктами, послугами та подіями, можна сформулювати так:

$$IR = \{IR_1, IR_2, IR_3, \dots, IR_n\},$$

де IR – множина інформаційних ресурсів, пов'язаних з туристичними об'єктами, послугами та подіями,

$IR_1, IR_2, IR_3, \dots, IR_n$ – конкретні інформаційні ресурси.

Ці ресурси можуть включати в себе веб-сайти туристичних об'єктів, додатки для мобільних пристроїв, бази даних про туристичні послуги, інформаційні брошури, соціальні медіа-платформи, онлайн-платформи для бронювання, відгуки користувачів, відеоматеріали, фотографії та інші джерела інформації, що стосуються туристичних об'єктів, подій та послуг в розумному регіоні. Модель відображає множину доступних інформаційних ресурсів, які можуть бути використані для інформаційного забезпечення туристичних об'єктів, туристів та послуг у розумному регіоні. $R_Tourism = \{Resource_1, Resource_2, Resource_3, \dots\}$

Технології ефективного управління туристичними ресурсами та інформаційними системами подаємо такою моделлю: $M_Tourism = \{Management_1, Management_2, \dots\}$.

Модель функціональності, яка надає інформаційну підтримку туристичних послуг, сприяє підвищенню зручності та ефективності туристичного обслуговування: $F_Tourism = Functionality$

Модель множини засобів ефективного управління туристичними ресурсами та інформаційними системами можна сформулювати так:

$$M = \{M_1, M_2, M_3, \dots, M_n\},$$

де M – множина засобів для забезпечення ефективного управління туристичними ресурсами та інформаційними системами;

$M_1, M_2, M_3, \dots, M_n$ – конкретні технології та інструменти управління.

Ці засоби можуть включати методи планування розвитку туристичних ресурсів, інформаційних систем і технологій, моніторинг та аналіз використання ресурсів, системи звітності та контролю, стратегії розвитку, методи управління ризиками, методи оцінки ефективності, а також інші інструменти і процеси, що сприяють забезпеченню ефективного управління туристичними ресурсами та інформаційними системами в розумному регіоні. Ця модель відображає множину засобів, які використовуються для планування, управління та контролю розвитку туристичних ресурсів та інформаційних систем у розумному регіоні. $F_Tourism = Functionality$. Отже, кожна складова може бути виражена окремою моделлю, як показано вище, які є складовими загальної моделі інформаційно-технологічної платформи для туристичної галузі розумного регіону.

Взаємозв'язки між елементами інформаційно-технологічної платформи можна подати за допомогою математичного апарату, використовуючи графи, матриці та математичні функції. Представимо деяку множину моделей, які дозволяють представити взаємозв'язки її елементів. Використовуючи граф, де вершини представляють елементи (інформаційні технології, туристичні ресурси), а ребра – взаємозв'язки між ними промодельюємо їх через ваги ребер, які можуть вказувати на силу взаємозв'язку. Створимо матрицю взаємозв'язків між елементами платформи, де рядки і стовпці відповідають елементам, а елементи матриці вказують на наявність або силу взаємозв'язку між елементами, а значення в кожній комірці матриці відображають

взаємозв'язки або ступінь схожості між цими елементами. У таблиці 2.1 приклад, як може виглядати початкова матриця взаємозв'язків між деякими елементами платформи [173].

Таблиця 2.1

Початкова матриця взаємозв'язків між деякими елементами платформи

	Елемент 1	Елемент 2	Елемент 3	Елемент 4
Елемент 4	1	0,8	0,2	0,6
Елемент 2	0,8	1	0,4	0,7
Елемент 3	0,2	0,4	1	0,3
Елемент 4	0,6	0,7	0,3	1

Елемент 1 – ресурси; Елемент 2 – технології; Елемент 3 – системи; Елемент 4 – середовище. У цій матриці значення від 0 до 1 вказують на ступінь схожості між відповідними парами елементів. Якщо значення близьке до 1.0, це означає велику схожість між елементами, а якщо значення близьке до 0.0, це означає низьку схожість. Таку матрицю доцільно використовувати при побудові рекомендаційної системи та для аналізу взаємозв'язків між її елементами при побудові інформаційних систем для інформаційно-технологічної платформи.

Використовуючи функції схожості для визначення ступеня схожості між інформаційними технологіями або ресурсами створюємо математичні моделі, які описують поведінку і взаємозв'язки між елементами. Модель вибору туру дозволяє прослідкувати взаємозв'язки між інформаційними технологіями та користувачами. Математичні моделі можуть бути використані для опису поведінки платформи у контексті побудови інформаційних систем. Однією з поширених математичних моделей, яку доцільно використовувати для цього є модель факторизації матриці. Модель

факторизації матриці використовується для представлення взаємодій між користувачами та об'єктами (інформаційними технологіями або ресурсами) шляхом розкладання на добуток двох матриць – одна матриця відображає властивості інформаційної системи, інша – властивості інформаційних технологій. Цей підхід дозволяє моделювати та передбачати взаємодії між користувачами та об'єктами на платформі. Математично, ця модель може бути виражена так [173]:

$$R \approx UV^T,$$

де: R – матриця взаємодій між користувачами та об'єктами (наприклад, оцінками користувачів для об'єктів); U – матриця властивостей користувачів (фактори користувачів); V – матриця властивостей об'єктів (фактори об'єктів); T – оператор транспонування матриці V . Метою цієї моделі є знаходження факторів користувачів та об'єктів, які найкраще пояснюють спостережувані взаємодії в матриці R .

Знання цих факторів може бути використане для рекомендацій, передбачення дій користувачів або оптимізації інформаційних систем, розташованих на інформаційно-технологічній платформі. Зазвичай, ця модель оптимізується за допомогою методів машинного навчання, таких як методи найменших квадратів, градієнтний спуск тощо. Залежно від конкретної задачі та характеру взаємозв'язків, можна вибрати зручний математичний інструмент для формалізації цих взаємозв'язків.

Функції схожості використовуються для визначення ступеня схожості між об'єктами, такими як інформаційні технології або ресурси в рекомендаційних системах. Ці функції оцінюють схожість на основі різних атрибутів або характеристик об'єктів. Вважаємо доцільним використання косинусної схожості для порівняння інформаційних ресурсів та інформаційних технологій. Нехай у нас є декілька інформаційних ресурсів (R_1, R_2, R_3) та декілька інформаційних технологій (T_1, T_2, T_3). Ми можемо

визначити, наскільки інформаційні ресурси схожі на інформаційні технології на основі їх характеристик. Для цього ми можемо представити кожен інформаційний ресурс і інформаційну технологію у вигляді векторів, де кожен компонент вектора відповідає певній характеристиці. Наприклад, можна використовувати такі характеристики, як тема, обсяг, популярність тощо. Потім ми можемо обчислити косинусну схожість між кожною парою інформаційних ресурсів та інформаційних технологій. Формула косинусної схожості виглядає так:

$$(A, B) = (A \cdot B) / (||A|| * ||B||),$$

де: A та B – це вектори, які представляють два об'єкти (наприклад, інформаційний ресурс і інформаційну технологію); $(A \cdot B)$ – скалярний добуток (процедура, що обчислюється як сума добутків відповідних компонентів двох векторів); $||A||$ та $||B||$ – довжини векторів A та B , обчислені за допомогою евклідової норми, і вони представляють собою квадратний корінь суми квадратів всіх компонентів відповідного вектора.

Метод косинусної схожості дозволяє визначити ступінь схожості між двома векторами. Чим ближчий результат до 1, тим більша схожість. Якщо вектори A та B ідентичні, то схожість буде дорівнювати 1. Якщо вони абсолютно різні, то схожість буде дорівнювати 0. Після обчислення косинусної схожості для всіх можливих пар об'єктів, ми можемо визначити, які інформаційні ресурси схожі на певні інформаційні технології на основі кута між їх векторами. Чим менший кут (більша косинусна схожість), тим вища схожість. Наприклад, якщо косинусна схожість між R_1 і T_1 дорівнює 0,9, то це означає, що інформаційний ресурс R_1 схожий на інформаційну технологію T_1 . Ми можемо послуговуватися цими результатами для надання рекомендацій користувачам, які використовують певні інформаційні технології, схожі на ті, які використовуються іншими користувачами. Ця формула дозволяє обчислити косинус кута між векторами A і B , і вона може

бути використана для визначення ступеня схожості між двома об'єктами. Чим ближче значення косинусної схожості до 1, тим вища схожість між об'єктами. Цю модель доцільно використовувати при створенні інформаційних систем як складових інформаційно-технологічної платформи. Сприяє відслідковуванню схожості між інформаційними ресурсами, які необхідно опрацьовувати з її використанням.

Схожість Джакара дозволяє вимірювати схожість між множинами об'єктів. Вона обчислює спільність об'єктів у множинах відносно їх об'єднання. Формула схожості Джакара між двома множинами A і B виглядає так:

$$(A, B) = |A \cap B| / |A \cup B|,$$

де: A і B – це множини елементів (наприклад, інтереси користувачів або характеристики технологій); $|A|$ – це кількість елементів в множині A ; $|B|$ – це кількість елементів в множині B ; $|A \cap B|$ – це кількість спільних елементів між множиною A і множиною B ; $|A \cup B|$ – це кількість унікальних елементів, що входять в обидві множини A і B [173].

У випадку створення рекомендаційних систем для інформаційно-технологічної платформи, можна використовувати цей метод для порівняння схожості між інтересами користувачів та характеристиками інформаційних технологій. Нехай маємо двох користувачів, які обирають інформаційні технології для розроблення туристичних застосунків. Користувач A обрав технології {GPS, Мобільний додаток, Розпізнавання обличчя}, а користувач B обрав {GPS, Мобільний додаток, Аналітика даних}. Давайте розрахуємо схожість Джакара між їхніми виборами:

$A \cap B = \{\text{GPS, Мобільний додаток}\}$ (спільні елементи) $A \cup B = \{\text{GPS, Мобільний додаток, Розпізнавання обличчя, Аналітика даних}\}$ (усі унікальні елементи). Тепер розрахуємо схожість Джакара: $(A, B) = |A \cap B| / |A \cup B| = 2$

$/4 = 0.5$. Отже, схожість Джакара між користувачами А і В становить 0.5, що вказує на помірну схожість їхніх виборів технологій для туристичних послуг.

Евклідова відстань дозволяє обчислити відстань між точками в просторі, представляючи характеристики об'єктів. Чим менше відстань, тим більша схожість. Формула Евклідової відстані між двома точками А і В в n -вимірному просторі виглядає так: $(A, B) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (A_i - B_i)^2}$, де: А і В – це n -вимірні вектори, які представляють об'єкти (наприклад, користувачі або інформаційні технології); A_i і B_i – це координати відповідних точок А і В в i -му вимірі; n – це кількість вимірів або характеристик.

Також доцільним є використання Евклідової відстані. Нехай маємо двох користувачів і характеристики обраних ними інформаційних ресурсів:

Користувач А: {0.2, 0.4, 0.1, 0.7, 0.5} Користувач В: {0.4, 0.6, 0.2, 0.6, 0.8}

Тепер розрахуємо Евклідову відстань між ними за допомогою формули:

$$(A, B) = \sqrt{(0.2 - 0.4)^2 + (0.4 - 0.6)^2 + (0.1 - 0.2)^2 + (0.7 - 0.6)^2 + (0.5 - 0.8)^2}$$
$$(A, B) \approx \sqrt{0.04 + 0.04 + 0.01 + 0.01 + 0.09} \approx \sqrt{0.19} \approx 0.44$$

Отже, Евклідова відстань між користувачами А і В становить приблизно 0.44. Це вказує на середню відстань між характеристиками вибраних інформаційних ресурсів.

Коефіцієнт кореляції Пірсона дозволяє виміряти ступінь лінійного взаємозв'язку між двома наборами даних. У рекомендаційних системах він може бути використаний для оцінки схожості між користувачами або об'єктами на основі їхніх рейтингів або характеристик. Такий підхід доцільно використовувати у рекомендаційних системах туристичних фірм.

Формула коефіцієнта кореляції Пірсона для двох змінних X і Y виглядає так:

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \sum(y_i - \bar{y})^2}},$$

де: X_i і Y_i – це значення змінних X і Y в спостереженнях i ; \bar{x} і \bar{y} – середні значення змінних X і Y .

Значення коефіцієнта кореляції Пірсона лежать в діапазоні від -1 (повна антикореляція) до 1 (повна кореляція), де 0 вказує на відсутність кореляції.

Приклад використання коефіцієнта кореляції Пірсона:

Розглянемо двох користувачів, які оцінювали одні й ті ж екскурсійні тури:

Користувач А: екскурсійний тур 1: 5; екскурсійний тур 2: 4; екскурсійний тур 3: 3. Користувач В: екскурсійний тур 1: 4; екскурсійний тур 2: 3; екскурсійний тур 3: 5. Спочатку знайдемо середні оцінки для кожного користувача. $\bar{A} = \frac{5+4+3}{3} = 4$; $\bar{B} = \frac{4+3+5}{3} = 4$.

Тепер розрахуємо коефіцієнт кореляції Пірсона між користувачами А і В за допомогою формули:

$$r = \frac{(5-4)(4-4) + (4-4)(3-4) + (3-4)(5-4)}{\sqrt{(5-4)^2 + (4-4)^2 + (3-4)^2} \sqrt{(4-4)^2 + (3-4)^2 + (5-4)^2}}$$

$$r = \frac{0-1+1}{\sqrt{0+0+1} \sqrt{0+1+1}} = \frac{0}{\sqrt{1} \sqrt{2}} = 0$$

Отже, коефіцієнт кореляції Пірсона між користувачами А і В дорівнює 0, що вказує на відсутність кореляції в їхніх оцінках. Ці функції допомагають визначити ступінь схожості між інформаційними технологіями або ресурсами. Вони можуть використовуватися для розрахунку рекомендацій на основі схожості між користувачами або об'єктами. Такий підхід дозволяє формувати інформаційно-технологічну платформу розумного регіону та його підсистеми – туристичної галузі задаючи різні параметри.

Використовуючи ансамбль перерахованих методів можемо досліджувати та моделювати взаємозв'язки між елементами інформаційно-технологічної платформи, що стає підґрунтям при створенні інформаційних систем, як її складових елементів.

Модель взаємодії між складовими інформаційно-технологічної платформи S (Множина класів інформаційних технологій), E (Середовище), R (множина інформаційних ресурсів), M (Технології управління) та іншими факторами можемо подати наступним чином:

1. Вибір класу інформаційних технологій S залежить від характеристик середовища E , тобто вибір технології може бути обмеженим стабільністю та безпекою середовища.
2. Використання конкретних інформаційних ресурсів R може бути обмеженим вибором технологій S .
3. Впровадження технологій S може вимагати застосування методів управління M .
4. Вибір технологій S також може впливати на продуктивність системи і її можливості.

При цьому враховуємо, що складові елементи характеризуються такими параметрами: S – клас інформаційних технологій, включаючи типи технологій і їх продуктивність; E – характеристики середовища, такі як стабільність та безпека; R – множина інформаційних ресурсів, які доступні для використання; M – технології управління, включаючи методи і процедури.

Таким чином, взаємодія між цими складовими інформаційно-технологічної платформи включає багато факторів, серед яких вимоги до середовища, доступні ресурси, методи управління та характеристики вибраних технологій. Ця модель може використовуватися для прийняття рішень щодо вибору технологій та управління ресурсами в інформаційно-

технологічній платформі, враховуючи багато факторів, які впливають на її функціонування.

Модель можна подати системою рівнянь, які описують взаємозв'язки між різними складовими інформаційно-технологічної платформи S, E, R, M та іншими факторами. Якщо необхідно врахувати вибір технологій S в залежності від характеристик середовища E, то можемо визначити рівняння або функцію, яка описує цей вибір. Тобто, ми можемо визначити, як стабільність та безпека середовища впливають на вибір певних класів інформаційних технологій. Аналогічно, для інших взаємозв'язків, таких як використання ресурсів R, впровадження технологій S і вплив методів управління M, можна створити відповідні математичні моделі, рівняння або функції, які описують ці залежності. Загалом, систему рівнянь можна використовувати для аналізу та моделювання взаємодії між різними складовими інформаційно-технологічної платформи та іншими факторами, що впливають на її роботу.

Сформуємо рівняння, яке відображає вибір технологій S в залежності від характеристик середовища E, може бути лінійне рівняння або функція з певними параметрами. Нехай x представляє вибір технологій S, і y представляє характеристики середовища E. Ми хочемо визначити, як вибір технологій S залежить від характеристик середовища E. Один із способів цього досягти – використовуючи лінійну функцію:

$$x = a \cdot y + b,$$

де x – вибір технологій S, y – характеристики середовища E, а a і b – параметри, які слід підібрати на основі дослідження та аналізу взаємозв'язків.

Ця лінійна функція дозволяє визначити, як змінність y в характеристиках середовища E впливає на вибір технологій S. Коефіцієнти a і b можуть визначатися шляхом статистичного аналізу даних або експертної оцінки. Ці взаємозв'язки можуть бути складнішими. Зважаючи на взаємозв'язок між

використанням ресурсів R , впровадженням технологій S і впливом методів управління M , можна використовувати лінійні рівняння для опису цих залежностей. Така математична модель може виглядати наступним чином:

Нехай: R -використання ресурсів; S – впровадження технологій; M – вплив методів управління; x – показник або рівень впровадження технологій S ; y – показник використання ресурсів R ; z – показник впливу методів управління M .

Зважаючи на використання ресурсів R , впровадження технологій S , і вплив методів управління M , можна розглядати багато різних взаємозв'язків між цими факторами, зокрема використовуючи лінійний вплив ресурсів. Припустимо, що використання ресурсів R впливає на вибір технологій S лінійно. Тоді рівняння може мати вигляд:

$$S=a \cdot R+b,$$

де S – вибір технологій, R – використані ресурси, a і b – параметри моделі.

Для врахування експоненційного впливу технологій використаємо рівняння:

$$S=ea \cdot M-1,$$

де S – вибір технологій, M – методи управління, a – параметр моделі.

Розглядаючи ситуацію, де рівень вибору технологій S залежить від кількості ресурсів R , але з логістичним нахилом. Рівняння може бути таким:

$$S=1+e^{-a \cdot (R-b)K},$$

де S – вибір технологій, R – кількість ресурсів, K – насиченість вибору технологій, a і b – параметри моделі.

Вплив методів управління M на вибір технологій S може бути описаний лінійним рівнянням:

$$S=a \cdot M+b,$$

де S – вибір технологій, M – методи управління, а i b – параметри моделі.

Для врахування взаємозв'язків між використанням ресурсів R , впровадженням технологій S і впливом методів управління M , можемо визначити вплив використання ресурсів R і впровадження технологій S на результати застосування методів управління M . Нехай R представляє використання ресурсів, S – впровадження технологій, і M – результати застосування методів управління. Один з способів моделювання цих залежностей – використання лінійної регресії:

$$M=a \cdot R+b \cdot S+c,$$

де M – результати застосування методів управління, R – використання ресурсів, S – впровадження технологій, a , b , c – параметри, які визначають вплив R та S на M .

Ця модель описує, як змінність у використанні ресурсів R і впровадженні технологій S впливає на результати застосування методів управління M . Коефіцієнти a , b , і c можуть бути визначені шляхом аналізу даних або експертної оцінки. У ситуаціях, коли залежності можуть бути більш складними, для їх моделювання можуть використовуватися більш складні функції та методи.

Дослідження взаємозв'язків між елементами інформаційно-технологічної платформи дозволяє формувати вимоги до проектування інформаційних систем та формування інформаційних ресурсів необхідних туристичній галузі. ІТ-платформа «Розумний регіон Закарпаття» дозволяє керувати доступом користувачів до різних її функцій та інформаційних ресурсів, інформаційних систем та інформаційних технологій.

Інформаційно-технологічна платформа розумного регіону це зручний інструмент подання інформації про регіон для туристів, розташування застосунків для туристичної галузі. Інформаційно-технологічна платформа

сприятиме ефективному прийняттю рішень завдяки консолідації інформаційних систем та застосунків для забезпечення функціонування розумного регіону. Проектування платформи має здійснюватися на основі переходу до об'єктно-орієнтованої системи підтримки прийняття рішень та включення до її складу інформаційно-комунікаційної платформи розумний регіон з метою побудови інтегрованої системи [136]. Системи прийняття рішень активно використовуються у розумних містах та розумних регіонах у багатьох галузях. Не становить винятку туристична галузь, яка активно послуговується для організації перевезення пасажирів платформою Uber [137, 138]. Сховище даних платформи UBER ефективно використовується як «озеро даних», накопичуючи всі неопрацьовані дані, а також виконуючи моделювання та їх опрацювання.

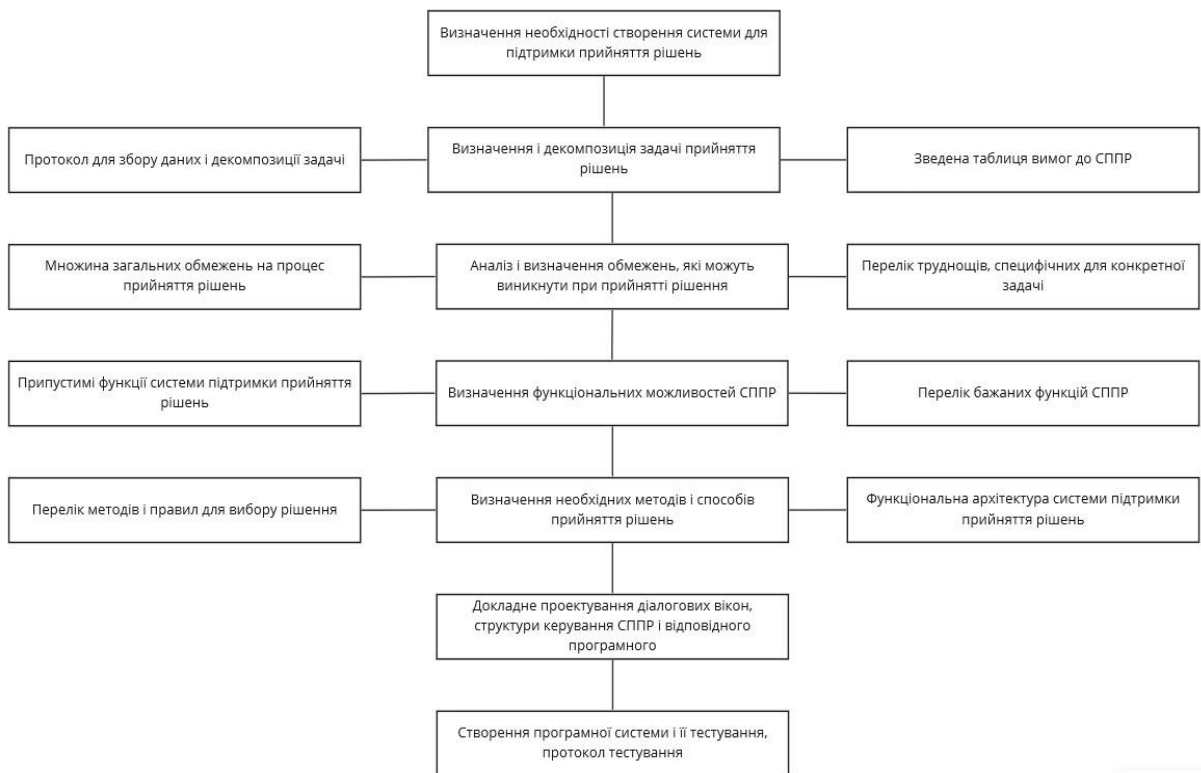


Рис. 2.5. Когнітивний процес проектування СППР

Система підтримки прийняття рішень як складова інформаційно-технологічної платформи використовуються і у туристичній галузі для забезпечення їх потреб щодо обрання маршруту для подорожей, і взаємодіє з іншими системами для надання допомоги туристам у процесі прийняття рішень [136].

Висновки до 2 розділу

При розробленні проектів розумний регіон за аналогією проектів «розумне місто», спрямованих на покращення умов життя населення міста, доцільно послуговуватися двома підходами: районно-орієнтованим та загальноміським. В основу проектів «розумний регіон» покладено здобутки і напрацювання ІТ та Smart-технологій.

Інформаційно-технологічні платформи (ІТ-платформа) «Розумний регіон Закарпаття» та туристичної галузі – це зручні середовище для створення, розгортання та управління різноманітними програмними застосунками, яке об'єднує у собі апаратне забезпечення, операційну систему та різні компоненти програмного забезпечення.

Концептуальну модель інформаційно-технологічної платформи подано у вигляді п'ятиелементного кортежу – $ІТР = \{S, E, R, M, F\}$. Формалізовано кожен її елемент.

Використовуючи ансамбль методів та систему рівнянь можемо досліджувати та моделювати взаємозв'язки між елементами інформаційно-технологічної платформи, що стає підґрунтям при створенні інформаційних систем, як її складових елементів.

РОЗДІЛ 3. МОДЕЛІ ТА ПРОЦЕДУРИ ГЕНЕРУВАННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙ ВАРІАБЕЛЬНИХ АЛЬТЕРНАТИВ

У третьому розділі проведено концептуальне моделювання рекомендаційної системи з використанням мови UML діаграм, сформульовано основні вимоги до рекомендаційної системи обрання інформаційних технологій та їх реалізацій для розроблення інформаційних систем та застосунків для інформаційно технологічної платформи «Розумний регіон Закарпаття». Представлено розроблену інформаційну технологію обрання класу інформаційних технологій для розроблення інформаційних систем для інформаційно-технологічної платформи туристичної галузі з використанням методів експертного оцінювання та аналізу ієрархій. Подано приклад розрахунків обрання альтернатив для інформаційної системи для туристичної галузі з використанням методу попарних порівнянь, який покладено в основу роботи рекомендаційної системи.

3.1. Концептуальне моделювання рекомендаційної системи

Одним із елементів інформаційно-технологічної платформи є програмний застосунок – рекомендаційна система, яка допомагає обирати класи інформаційних технологій, їх реалізації для створення інформаційних систем та застосунків з врахуванням функціональних завдань, які з їх допомогою вирішуватимуться, зокрема, для туристичної галузі.

Генерація рекомендацій у рекомендаційних системах – це важлива задача, яка допомагає користувачам знаходити цікавий для них контент, товари або інформацію, тобто зробити правильний вибір.

У розроблювальній рекомендаційній системі використовуються методи, що ґрунтуються на використанні змісту (Content-Based Methods),

проводячи аналіз характеристик інформаційних технологій і порівняння їх з потребами розробника. Вибір припав на метод аналізу ієрархій.

Розроблена інформаційна технологія оцінювання класів інформаційних технологій на основі методів експертного оцінювання та попарних порівнянь, яка покладена в основу роботи рекомендаційної системи і полягає у наступних етапах:

1. Збір даних про вимоги до інформаційних систем і класи інформаційних технологій. Спочатку відбувається збір даних про вимоги до інформаційної системи для туристичної галузі та класів інформаційних технологій. Це може бути історія розробок інформаційних систем, використання інформаційних технологій при попередніх розробках тощо.

2. Експертне оцінювання. Формуються критерії оцінювання класів інформаційних технологій та їх реалізацій. Створюється група експертів для проведення оцінювання класів інформаційних технологій за сформованими критеріями. Проводиться перетворення вербальної (якісної) оцінки у числові або ваги.

3. Створення матриці парних порівнянь. На основі зібраних даних створюється матриця порівнянь, в якій кожна пара об'єктів має числову оцінку або вагу, що вказує на певні переваги.

4. Порівняння об'єктів: Використовуючи матрицю порівнянь методом аналізу ієрархій проводимо розрахунки.

5. Ранжування об'єктів. На основі проведених розрахунків схожості відбувається ранжувати об'єкти. Об'єкти, що отримують вищі рейтинги або ваги, включаються у рекомендації, що згенеровані користувачу.

6. Формування списку рекомендацій. Остаточний список рекомендацій формується на основі ранжування об'єктів. Користувачеві представляються ті об'єкти, які мають найвищі рейтинги або ваги.

7. Візуалізація результатів. Рекомендації удосконалюються шляхом візуалізації отриманих результатів.

Метод попарних порівнянь це ефективний підхід для створення рекомендаційної системи, особливо у випадках, коли є достатньо даних про об'єкти. Метод аналізу ієрархій розроблений Томасом Л. Сааті [140] і від тоді вдосконалювався. Метод аналізу ієрархій передбачає виділення трьох складових: кінцевої мети або проблеми, яку необхідно вирішити, можливі рішення, які називаються альтернативами, і критерії, за якими відбуватиметься оцінювання альтернатив. Метод забезпечує раціональну структуру для прийняття рішення шляхом кількісного визначення критеріїв та альтернативних варіантів.

Експерти порівнюють важливість критеріїв шляхом попарного порівняння. Оцінювання спершу проводиться вербально, яке згодом результати оцінювання перетворюється в вагові коефіцієнти, які можна порівняти. Це кількісне оцінювання відрізняє метод аналізу ієрархій від інших методів, які дозволяють генерувати рекомендації для прийняття рішень. На останньому етапі процесу обчислюються числові пріоритети для кожного з альтернативних варіантів.

Користувачами рекомендаційної системи переважно будуть 6 акторів [141]: Власник продукту; Експерт; Проектний менеджер; Інженер із забезпечення якості; DevOps-інженер; Розробник.

Робота рекомендаційної системи відбувається за наступним методом:

Крок 1. Реєстрація користувачів, яка дозволяє користувачам створювати облікові записи з унікальними ідентифікаторами та паролями для авторизації (див. додаток Є).

Крок 2. Авторизація та автентифікація користувачів, які дозволяють користувачам авторизуватися на сайті та проводити автентифікацію з

використанням засобів, таких як токени, сесійні ключі тощо тощо (див. додаток Є, додаток Ж).

Крок 3. Внесення даних про сформовані замовником вимоги до застосунку.

Крок 4. Підбір інформаційної технології для розроблення застосунку.

Крок 5. Підбір реалізацій обраної інформаційної технології.

Крок 6. Проведення експертного оцінювання на основі аналізу коментарів на офіційних сайтах розробників за стосунків (див. додаток З).

Крок 7. Генерування рекомендацій з використанням методу аналізу ієрархій.

Крок 8. Візуалізація результатів. Для успішного створення інформаційно-технологічної платформи для розумного регіону Закарпаття, зокрема для модулів, призначених для туристичної галузі, що поєднуюватиме різні застосунки, як допоміжний інструмент розробляється рекомендаційна система, яка допомагає обирати ефективні інформаційні технології для кожного з них в залежності від завдань, які ним вирішуватимуться.

Основний успішний сценарій:

- Проектний менеджер (Project manager) аналізує вимоги щодо застосунку, отримані від замовника.
- Проектний менеджер (Project manager) формулює завдання для DevOps-інженерів.
- DevOps-інженер розпочинає процес обрання інформаційних технологій для майбутньої інформаційної системи, щоб розробникам (Developer) і тестувальникам (Quality assurance engineer) було зручно ним користуватися.
- DevOps-інженер вносить дані вимоги до майбутнього застосунку у ІТП, яка проводить їх аналіз і генерує рекомендації щодо обрання

інформаційних технологій для його реалізації. А в межах кожного класу інформаційних технологій кращі реалізації.

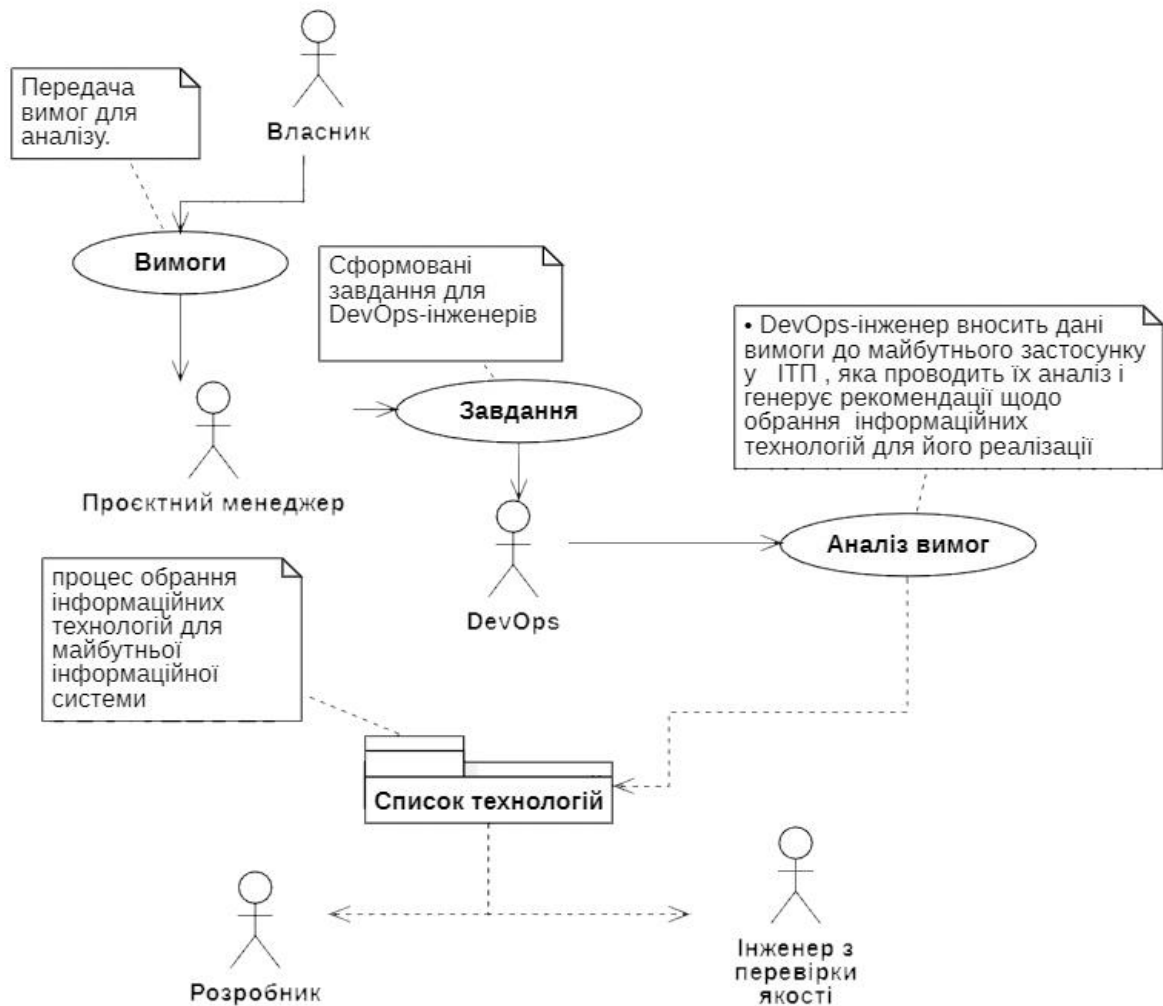


Рис. 3.1. Діаграма варіантів використання проекту рекомендаційної системи

У випадку коли Замовник змінює свої вимоги в ході розробки програми:

- Замовник (Product owner) звертається до Проектного менеджера (Project manager) з новими вимогами.

- Проектний менеджер (Project manager) виконує перевірку архітектури ПЗ згідно нових завдань і знову формулює детальні завдання для DevOps-інженера.

- DevOps-інженер підбирає інформаційні технології і їх реалізації згідно із новими завданнями від Проектного менеджера (Project manager).

1. Пост-умови (postconditions):

- З використанням рекомендованих інформаційних технологій та реалізацій розроблено застосунок

- Всі вимоги замовника виконані

2. Спеціальні СВ:

- Необхідно створити зручний інтерфейс із можливістю його локалізації.

- Потрібно створити документацію на інформаційно-технологічну платформу

3. Список необхідних технологій та додаткових пристроїв:

- інформаційно-технологічна платформа має бути розроблена як Web-орієнтована система або мобільний застосунок.

- має бути підписка на преміум версії реалізацій від різних фірм, створення діаграм (Lucidchart) та інших платних продуктів.

Перший крок варіанту використання полягає у тому, що актор Власник продукту (Product owner) із стереотипом «Business Actor» замовляє створення певного застосунку application (Start a project) в актора Проектного менеджера (Project manager). Актор DevOps пов'язаний з актором Project manager за допомогою відношення узагальнення. Актор Project manager може додати завдання (Add a task), змінити статус виконання завдання (Change status a task), додати під завдання завдань (Add a sub task) або редагувати завдання, якщо воно не правильно побудоване (Hotfix). Варіанти використання «Add a task», «Change status a task», «Add a sub task»

включають у себе (пов'язані відношенням включення) варіант використання «A result» (тобто перевірити результат виконання завдання), які може виконати лише «Project Manager».

В свою чергу, варіант використання «A result» включає у себе (пов'язаний відношенням включення) варіанти використання «Who made this task?», «Is it important task?» та «Check a result», які теж може виконати лише Project manger.

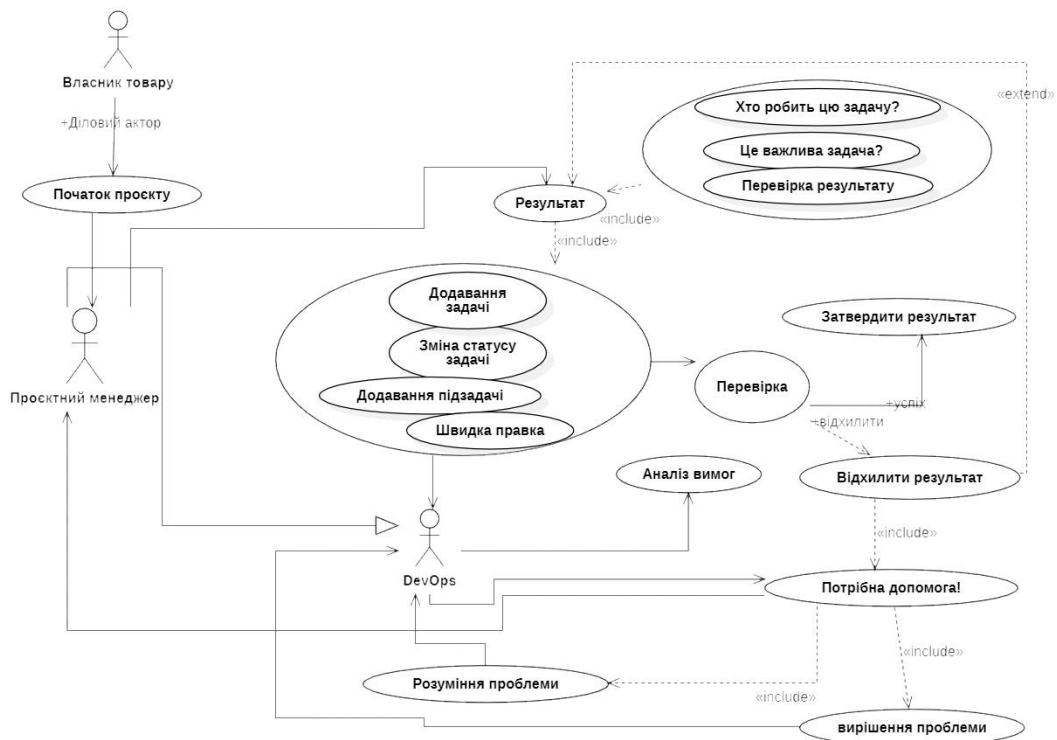


Рис. 3.2. Діаграма варіантів використання

Після проведення перевірки основним варіантом використання для Project manger є «Approve a result», якщо результати success. Але у випадку незадовільних результатів перевірки Project manger має варіанти використання «Reject a result» та надати допомогу «Need help!», які пов'язані із варіантом використання «A result» відношенням розширення. Варіант використання «Reject a result» має спрацювати у випадку, коли помилки у виконання завдання або даних про завдання не значні і можуть бути легко

виправлені. Варіант використання «Need help!» має спрацьовувати, коли Актор DevOps має значні проблеми із виконанням завдання, які потребують втручання Project manager. Цей варіант використання включає у себе (пов’язаний відношенням включення) варіанти використання «Understand the problem» та «Solve the problem».

1. Product Owner замовляє застосунок у Project Manager (startProject).
- 2-3. За допомогою додатку Project Manager створює завдання «Створити інфраструктуру для проекту» для DevOps.
- 4-5-6. DevOps бачить завдання, переводить його у статус «IN PROCESS», Project Manager це підтверджує.
- 7-8. DevOps виконує завдання, протягом якого створює інфраструктуру, яку можна використовувати Programmer .
- 9-10-11. DevOps переводить завдання у статус «Done», та створює комент для Programmer, Project Manager підтверджує це.

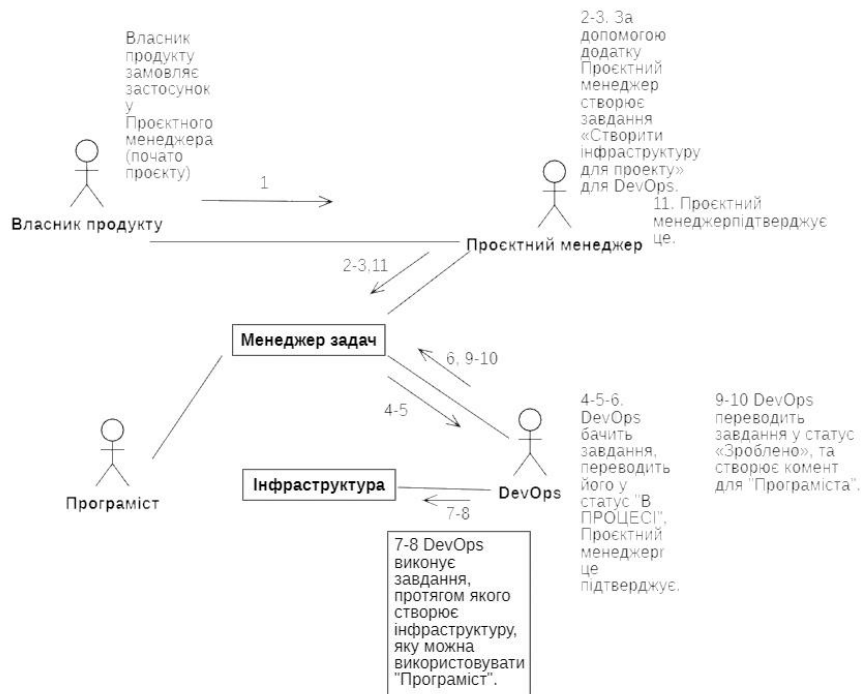


Рис. 3.3. Діаграми кооперації

1. Product Owner замовляє застосунок у Project Manager.
2. Product Owner створює спеціальне завдання для Project Manager.
3. Project Manager створює завдання для DevOps.
- 4-5. DevOps бачить завдання, переводить його у статус «IN PROGRESS», Project Manager це підтверджує.
- 6-7. DevOps виконує завдання, протягом якого створює інфраструктуру для Programmer.
- 8-9. DevOps переводить завдання у статус «Done», Project Manager підтверджує це і створюється наступне завдання.

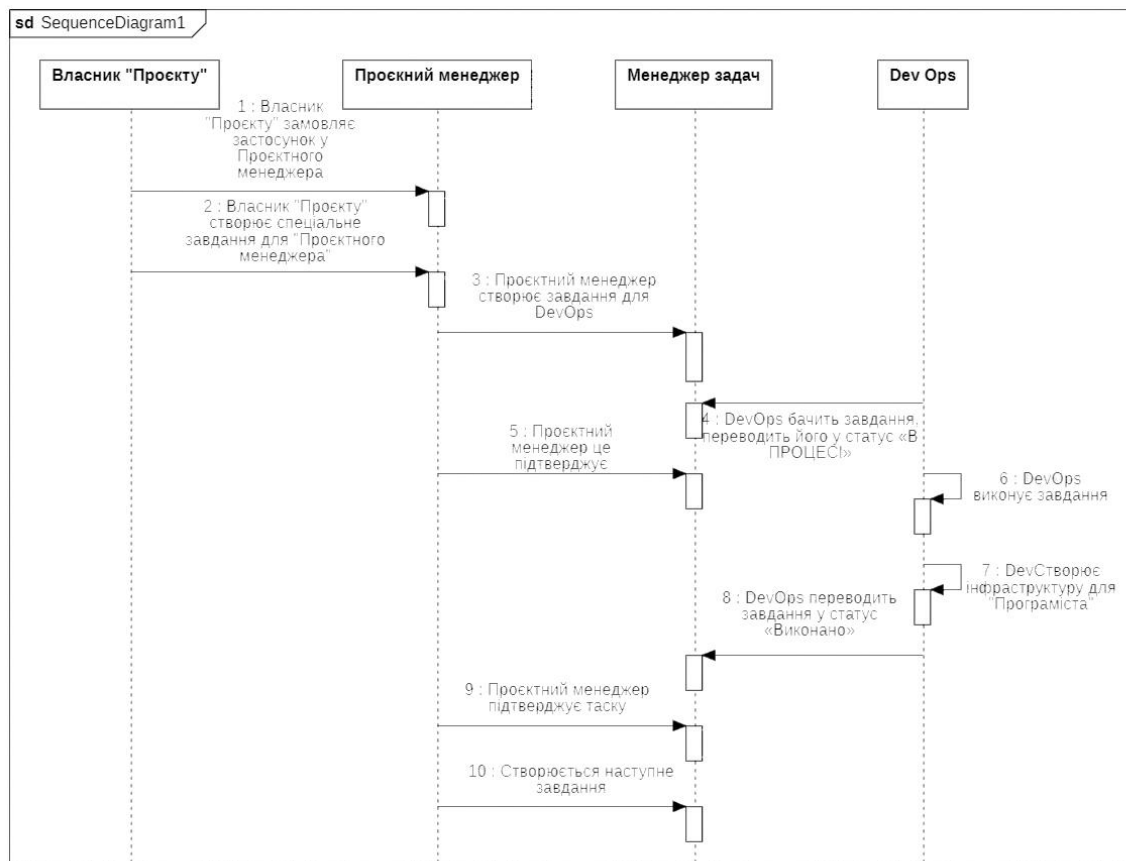


Рис. 3.4. Діаграми послідовності для проектованої системи

1. Project Manager отримує замовлення від Product Owner.
2. Project Manager створює завдання для DevOps.

3. Після виконання завдання DevOps то Project Manager має перевірити правильність його виконання і підтвердити (якщо все правильно) або відхилити (якщо щось не правильно) дію над цим завданням.

4. У разі відхилення дії Project Manager чекає на виправлення завдання і потім підтверджує дію.

5. Після виконання завдання Project Manager має перевірити правильність його виконання і підтвердити (якщо все правильно) або відхилити (якщо щось не правильно) дію над цим завданням.

6. У разі відхилення дії Project Manager чекає на виправлення завдання і потім підтверджує дію.

7. Після виконання завдання Project Manager має перевірити правильність його виконання і підтвердити (якщо все правильно) або відхилити (якщо щось не правильно) дію над цим завданням.

8. У разі відхилення дії Project Manager чекає на виправлення завдання і потім підтверджує дію.

9. Після виконання всіх завдань DevOps Project Manager генерує завдання для команди.

Діаграма є сукупність компонентів з різними стереотипами і залежностей між ними. На діаграмі відображено компонент з назвою: Main.exe, для якого задано стереотип EXE. Він пов'язаний залежністю із компонентом з назвою: Boards для якого вибрано стереотип Main Program. Компонент Boards пов'язаний залежністю із компонентом з назвою: Tasks, що, у свою чергу пов'язаний з компонентом з назвою: Tasks Database для якого задано стереотип Database

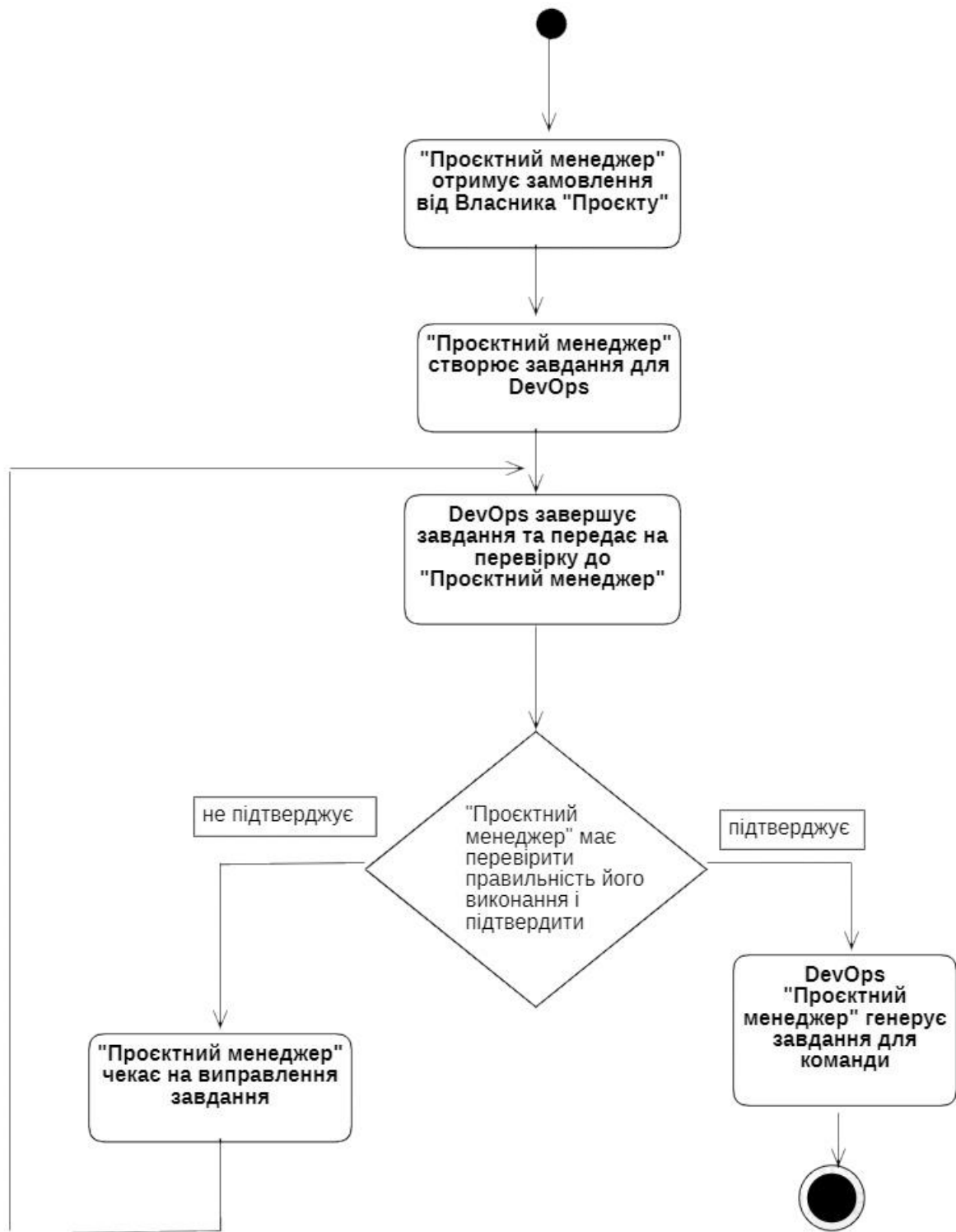


Рис. 3.5. Діаграма активностей

На діаграмі також існує компонент назвою: Team Members, для якого задано стереотип Task Specification. З цим компонентом пов'язаний Main.exe, а Team Member пов'язаний залежностями із компонентами з назвами: Project Manager, DevOps, для яких задати стереотип Task Body.

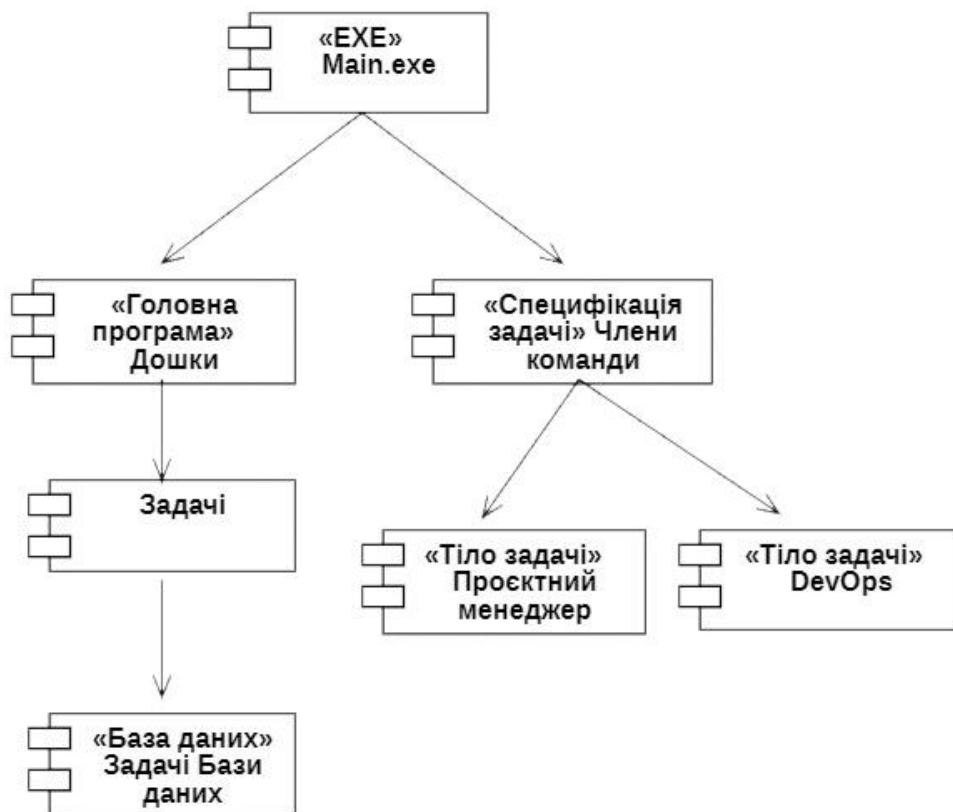


Рис. 3.6. Діаграма компонентів

Для уникнення суб'єктивізму процедури обрання інформаційних технологій та їх реалізацій для розроблення інформаційних систем було вирішено використати метод аналізу ієрархій.

Аналіз концептуальної моделі проекту рекомендаційної системи згенерував потребу внесення деяких змін, тоді було розроблено діаграму діяльності рекомендаційної системи, яка створює рекомендації щодо обрання інформаційних технологій та їх реалізацій з використанням методу аналізу

ієрархій, що дало можливість сформулювати вимоги до рекомендаційної системи.

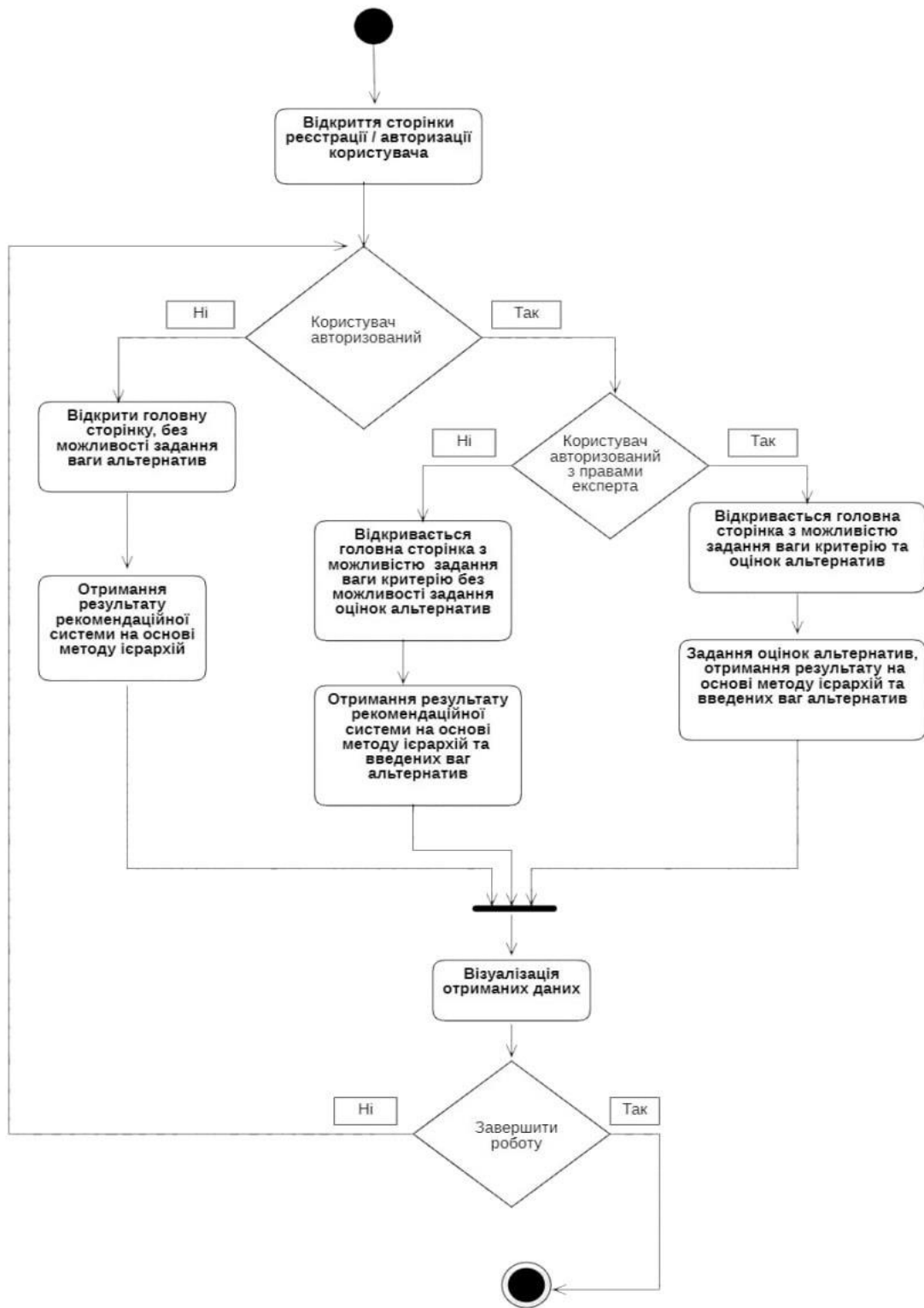


Рис. 3.7. Діаграма діяльності розробленої рекомендаційної системи.

Первинні вимоги до рекомендаційної системи:

Персоналізація. Система повинна здати змогу користувачам отримувати рекомендації, які відповідають їхнім унікальним потребам і інтересам.

Точність. Рекомендації повинні бути якісними і точними. Це означає, що система повинна мінімізувати помилки в рекомендаціях.

Відсутність суб'єктивності. Рекомендації не повинні ґрунтуватися на суб'єктивних оцінках адміністраторів системи, а повинні базуватися на об'єктивних даних про користувачів.

Масштабованість. Система повинна бути здатною обробляти великий обсяг даних і користувачів, забезпечуючи високу продуктивність.

Забезпечення конфіденційності. Система повинна гарантувати конфіденційність особистих даних користувачів і не передавати ці дані третім сторонам.

Зручність взаємодії. Інтерфейс системи повинен бути зручним для користувачів, щоб вони легко могли взаємодіяти з рекомендаціями.

Актуальність. Рекомендації повинні бути актуальними і відповідати поточним потребам користувачів.

Розширюваність. Система повинна бути здатною до розширення і модифікації, щоб враховувати змінні умови і вимоги користувачів.

Зворотний зв'язок. Система повинна надавати можливість користувачам виразити свою думку про рекомендації і надати відгуки.

Підтримка різних типів рекомендацій. Система повинна бути здатною надавати рекомендації різних типів, такі як особисті товари, контент, послуги тощо.

Адаптивність. Система повинна вміти адаптуватися до змін у поведінці користувачів і змінних умов.

Навчання і покращення. Система повинна мати можливість навчатися на даних та постійно покращувати рекомендації.

Можливість інтеграції з іншими системами. Система повинна бути здатною інтегруватися з іншими інформаційними та технологічними системами.

Моніторинг та аналіз результатів. Система повинна надавати інструменти для моніторингу та аналізу результатів рекомендацій.

Ці вимоги допоможуть створити рекомендаційну систему, яка задовольняє потреби користувачів і допомагає вирішувати завдання обрання інформаційних технологій методом аналізу ієрархій.

При цьому функціонал рекомендаційної системи має задовольняти такі вимоги:

1. Користувачу рекомендаційної системи має надаватися можливість завантажувати вимоги до інформаційної системи, яку розроблятиме для інформаційно-технологічної платформи.

2. Система повинна поповнювати базу даних класів інформаційних технологій та їх реалізацій методом парсингу.

3. Користувач з допомогою системи запрошує експертів для проведення експертного оцінювання.

4. Користувачу надається можливість познайомитись із результатами експертного оцінювання та проведеними обчисленнями за методом аналізу ієрархій.

5. Користувач отримує обґрунтовані рекомендації щодо обрання класу інформаційних технологій на першій ітерації та рекомендації їх реалізацій (сервісів) на другій ітерації.

Другорядні вимоги до рекомендаційної системи можемо окреслити таким чином:

Швидкість роботи. Система повинна надавати рекомендації користувачам настільки швидко, наскільки це можливо, для забезпечення зручності користувачів.

Вартість розробки і підтримки. Розробка та підтримка системи повинні бути фінансово обґрунтованими.

Інтерфейс користувача. Інтерфейс системи повинен бути здатний до зручної взаємодії з користувачами та бути естетично прийнятним.

Сумісність із платформами. Система повинна бути сумісною з різними платформами і пристроями (мобільні пристрої, веб-сервери, десктопні додатки тощо).

Можливість налаштування. Користувачі або адміністратори повинні мати можливість налаштовувати параметри рекомендацій відповідно до своїх потреб.

Захист даних і безпека. Система повинна забезпечувати високий рівень безпеки і захисту конфіденційності особистих даних користувачів.

Підтримка різних мов і локалізація. Система повинна бути здатною працювати в різних мовах та культурних контекстах.

Розширюваність і підтримка нових джерел даних. Система повинна бути гнучкою і дозволяти додавати нові джерела даних для покращення рекомендацій.

Забезпечення підтримки користувачів. Система повинна мати механізми підтримки і вирішення проблем користувачів.

Відкритий вихідний код. В деяких випадках, вимоги до відкритого вихідного коду можуть бути важливими для спільноти розробників та дослідників.

Інтеграція з іншими системами і API. Система повинна бути здатною інтегруватися з іншими системами та використовувати API для обміну даними.

Моніторинг і аналіз продуктивності. Система повинна забезпечувати можливість моніторингу та аналізу її власної продуктивності та результатів рекомендацій.

Видання інформації про статистику. Система повинна надавати статистичну інформацію щодо роботи та взаємодії користувачів з рекомендаціями.

Аналіз взаємодії користувачів з рекомендаціями. Система може забезпечувати можливість аналізу та вивчення взаємодії користувачів з рекомендаціями для покращення їх якості.

Візуалізація результатів. Користувач отримує можливість візуалізації рекомендацій

Ці другорядні вимоги визначають додаткові аспекти, які можуть бути важливими для проекту рекомендаційної системи обрання класів інформаційних технологій методом аналізу ієрархій.

3.2. Генерування рекомендацій з використанням методу аналізу ієрархій

Розглянемо генерування рекомендацій системою на прикладі реалізацій класу хмарних технологій. Переваги кожної реалізації оцінюються за різними критеріями. Досягнення мети полягає у виборі однієї з альтернатив на основі множини сформульованих критеріїв. Вибір альтернативи виконується обчисленням елементів вектора пріоритетів, які поставлено у відповідність кожній альтернативі. Альтернатива з найбільшим значенням такого елемента вважається прийнятним рішенням.

При проведенні попарних порівнянь реалізацій хмарних технологій визначається, який із двох порівнюваних об'єктів важливіший. Міра переваги об'єкта A_i над об'єктом A_j виражається елементом матриці a_{ij} . Матриця

парних порівнянь [A] має властивість зворотної симетрії і виконується умова:

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}.$$

Використанню метода аналізу ієрархій передуює експертне оцінювання реалізацій за низкою критеріїв. Експерти відіграють ключову роль при використанні Методу аналізу ієрархій (МАІ) для оцінки критеріїв у виборі альтернатив або рішення. Їхні знання, досвід і думки є основою для встановлення ваг критеріїв та оцінки альтернатив. Роль експертів включає наступні аспекти:

Визначення критеріїв: Експерти визначають критерії, які слід враховувати при виборі альтернатив. Це може включати такі критерії, як продуктивність, вартість, безпека, масштабованість тощо. Експерти визначають, які аспекти є важливими для конкретного проекту.

Порівняння критеріїв: Експерти порівнюють критерії між собою і визначають їх вагу відносно один одного. Наприклад, якщо продуктивність важливіша за вартість, експерти встановлюють відповідну вагу критерію продуктивності.

Оцінка альтернатив: Експерти оцінюють альтернативи відповідно до визначених критеріїв. Їхні оцінки можуть бути числовими або якісними (наприклад, "дуже високий", "високий", "середній" і так далі).

Узгодження вибору: Експерти можуть обговорювати і узгоджувати свої оцінки та ваги критеріїв. Цей процес допомагає забезпечити консенсус серед експертів і зробити кінцевий вибір більш об'єктивним.

Аналіз чутливості: Експерти можуть також допомогти в оцінці чутливості результатів до зміни ваг критеріїв або оцінок альтернатив. Це допомагає виявити, наскільки стійкий є вибір до змін в початкових даних.

Роль експертів в МАІ важлива, оскільки їхні знання та досвід допомагають зробити об'єктивний та обґрунтований вибір альтернатив. Вони

допомагають враховувати різноманітні аспекти проекту та роблять МАІ потужним інструментом для прийняття рішень. Для прикладу обрано порівняння реалізацій хмарних технологій AWS, Azure, Google. Для прикладу використаємо невелику кількість експертів, хоча обмежень на кількість оцінок експертів у рекомендаційній системі немає, проте у роботі не вважаємо доцільним збільшувати вибірку. Розрахунки є демонстративними.

Нехай задані множина альтернатив $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ і універсальна множина критеріїв їх оцінювання $K = \{K_1, K_2, \dots, K_m\}$, з вагами $V = \{V_1, V_2, \dots, V_m\}$. Необхідно визначити множину найкращих альтернатив (множина може складатись із одної альтернативи) на основі інформації, отриманої від експертів.

Оскільки кожна з інформаційних технологій має свої реалізації, множина альтернатив матиме підмножини. Таким чином, множину альтернатив представимо сукупністю підмножин. $A_1 = \{A_{11}, A_{12}, \dots, A_{1m}\}$. $A_2 = \{A_{21}, A_{22}, \dots, A_{2k}\}$. При цьому утворені підмножини не обов'язково будуть однорідними. Кількість реалізацій у кожній інформаційній технології може розрізнятися. Разом з тим, альтернативи кожної з них оцінюються однією і тією ж самою наперед заданою множиною критеріїв.

Нехай кожен експерт, враховуючи власні знання і пріоритети, оцінює всі альтернативи з множини A за відповідною групою критеріїв K_1, K_3, K_5 . Позначимо H оцінки альтернатив за критерієм експертом. H_{111} – оцінка першої альтернативи за першим критерієм першим експертом. Аналогічно позначимо решту оцінок. Множина оцінок першої альтернативи за першим критерієм кожним із експертів виглядатиме так $HA_1 = \{H_{111}, H_{112}, \dots, H_{11f}\}$. Множина оцінок другої альтернативи за першим критерієм кожним із експертів виглядатиме так $HA_2 = \{H_{211}, H_{212}, \dots, H_{21f}\}$.

Оцінювання класів інформаційними технологіями проводиться групою експертів $E = \{e_1; e_2; \dots; e_s\}$. Кожному експерту поставимо у відповідність

його коефіцієнт компетентності – вагу $C = \{C_1, C_2, \dots, C_z\}$, яка задається на основі введених в систему даних про експерта (у розробленій рекомендаційній системі присвоюється на основі кількості проектів, у яких брав участь експерт). Кожен експерт висловлює своє бачення у вигляді деякої оцінки - k_i , $i = \overline{1, n}$; n – кількість запрошених до оцінювання експертів. Причому, k_i – може представляти собою агреговане значення, що було отримано на основі опрацювання системи критеріїв. Також, у даному дослідженні ніяких обмежень на оцінки k_i не ставляться. Тобто, дані оцінки можуть бути якісні, кількісні чи гібридні. Вся процедура отримання оцінок покладена на системного аналітика, що налаштовує всі процеси формування інформаційно-технологічної платформи для вирішення задач туристичної галузі «розумного» регіону. Для використання узагальненої оцінки ними класів інформаційних технологій, а в наведеному нижче прикладі реалізацій хмарних технологій, проводиться процедура усереднення їх оцінювання. Для цього використовуємо метод середніх арифметичних. Наприклад:

1) прораховуємо середнє арифметичне оцінок експертів:

$$\bar{k} = \frac{\sum_{i=1}^n k_i}{n}$$

де \bar{k} – середнє арифметичне оцінок, виставлених групою експертів; k_i – оцінка i -го експерта, $i = \overline{1, n}$; n – кількість експертів.

2) заносимо усереднені дані в таблицю. Візуалізуємо результати розкиду оцінок.

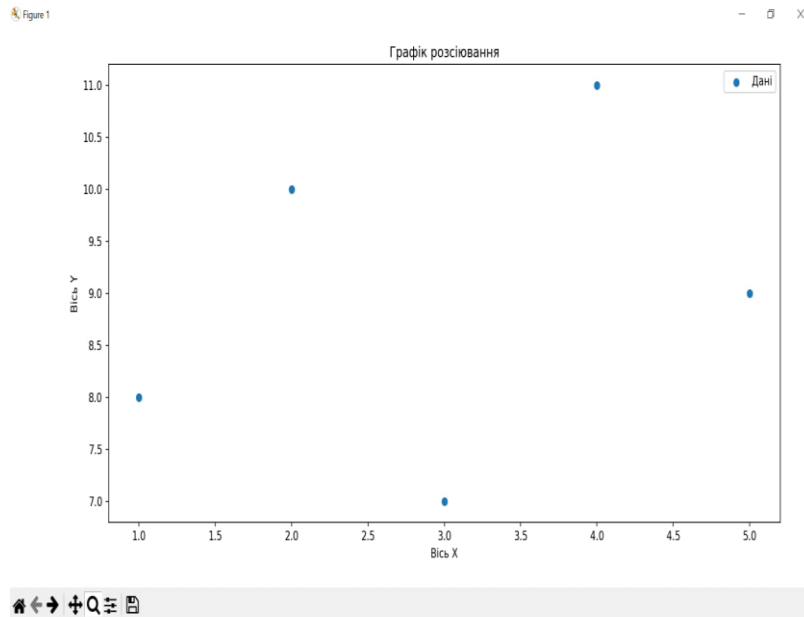


Рис 3.8. Графік розсіювання думок експертів

Шкала експертних оцінок або ступенів важливості – для парних порівнянь при оцінюванні переваги одного об'єкта над іншим використовуватимемо в межах від 1 до 9.

Приклад експертного оцінювання для спрощення подамо на малій вибірці, хоча функціонал рекомендаційної системи дозволяє проводити розрахунки на вибірках великої розмірності.

Базуючись на результати експертного оцінювання визначимо найкращу реалізацію хмарних сервісів із застосуванням методу Сааті. Перший крок МАІ полягає в декомпозиції та представленні задачі в ієрархічній формі.

На рисунку 3.9 наведено побудовану ієрархію цілей для вибору кращої реалізації хмарних технологій для розроблення застосунку для інформаційно-технологічної платформи «Розумний регіон Закарпаття» [165].

Ми розглядаємо домінуючі ієрархії, які будуються з вершини через проміжні рівні (критерії, від яких залежать наступні рівні) до найнижчого рівня, який складає перелік альтернатив. Ієрархія вважається повною, якщо кожен елемент заданого рівня функціонує як критерій для всіх елементів

рівня, що стоїть нижче. Закон ієрархічної безперервності вимагає, щоб елементи нижчого рівня були попарно зрівняні відносно елементів наступного рівня і т.д. до вершини ієрархії.

Застосовуючи метод аналізу ієрархій сформувавши трирівневу структуру. Верхній рівень займає ціль, яка складатиме основу рекомендації, що генеруватиме рекомендаційна система, другий рівень формує множина критеріїв, за якими здійснюється вибір альтернативних реалізацій хмарних технологій для розроблення застосунку.

Самі ж альтернативи реалізацій утворюють нижній рівень ієрархічної структури. Дерево цілей подано на рис. 3.9. Генерування рекомендації полягає у виборі однієї з можливих альтернатив на основі побудови вектора пріоритетів. Пріоритет оцінюється як дійсне число, яке ставиться у відповідність кожній альтернативі. Альтернатива з найвищим пріоритетом і буде основою рекомендації, яку генеруватиме система.

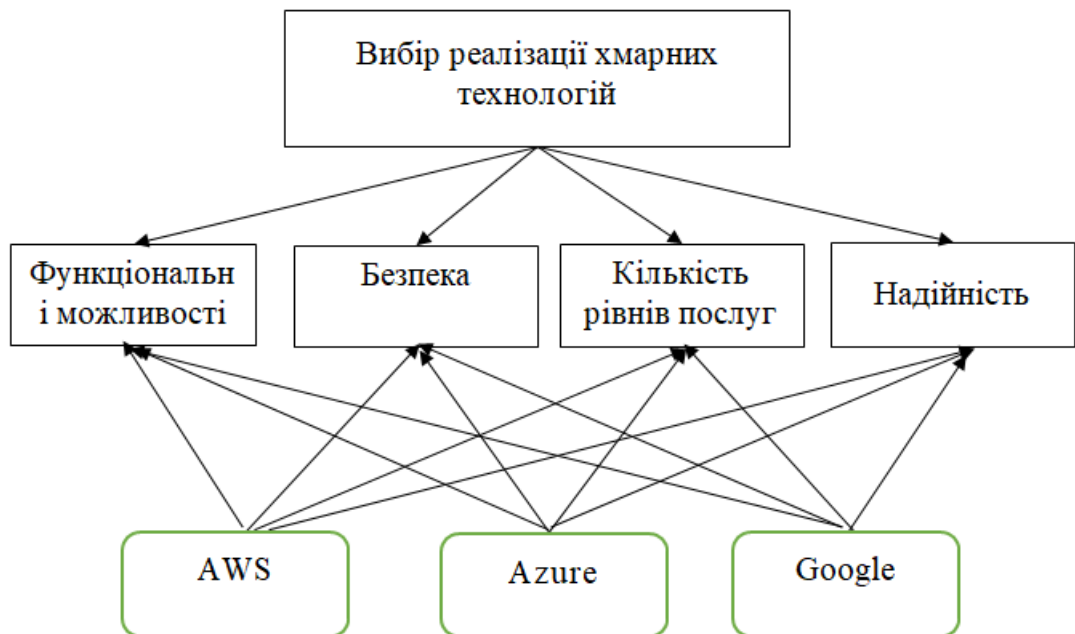


Рис. 3.9. Ієрархія для вирішення проблеми вибору кращої реалізації хмарних сервісів

Під альтернативами розуміємо реалізації хмарних технологій, аналіз яких здійснюється за обраними критеріями, за якими відбуватиметься оцінювання. Важливим фактором у формулюванні критеріїв, за якими буде обрано реалізації є їх можливості щодо створення інформаційної системи з функціоналом, визначеним у вимогах замовника. Для матриць попарних порівнянь, побудованої за критерієм «Функціональні можливості», обчислено такі параметри:

– оцінка найбільшого власного значення, яка обчислена за формулою:

$$\lambda_{max} = \sum_{i=1}^n w_i S_i ,$$

де w_i – вага альтернативи з номером i , S_i – сума елементів стовпця з номером i матриці попарних порівнянь, n – кількість альтернатив;

– індекс узгодженості $CI = \frac{\lambda_{max}-1}{n-1}$;

– індекс послідовності співвідношень $CR = \frac{CI}{RI}$.

Тут і далі $RI = 1,24$ – випадковий індекс для $n = 6$, значення якого є однаковим для всіх подальших обчислень ваг альтернатив.

Таблиця 3.2.

Нормована матриця попарних порівнянь альтернатив відносно критерію «Функціональні можливості».

Функціональні можливості	Azure	Google	AWS	Вектор локальних пріоритетів	Нормований вектор
Azure	1	7	9	3,979	0,765
Google	1/7	1	1/8	0,261	0,050
AWS	1/9	8	1	0,961	0,185
$\Sigma =$	1,25	16,00	10,13	5,202	1

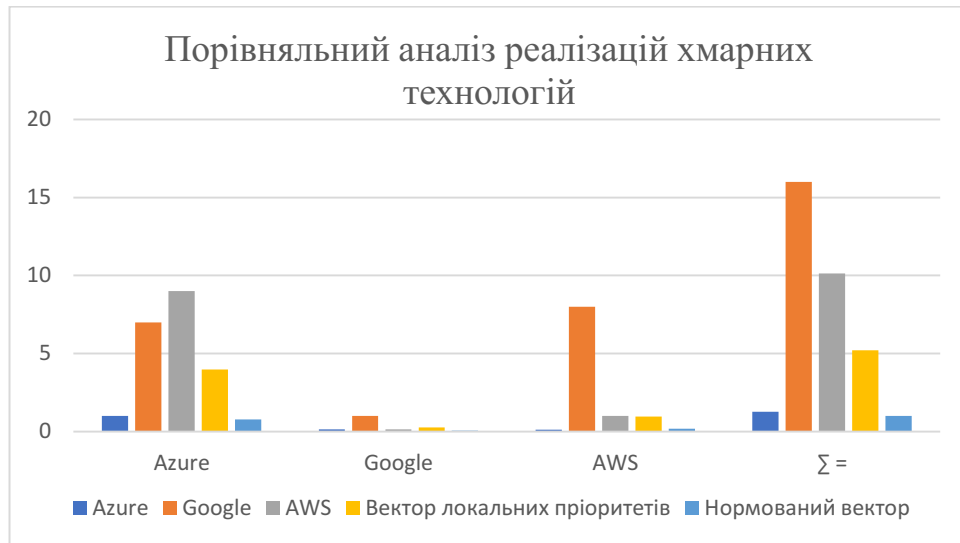


Рис. 3.10. Порівняльний аналіз реалізацій хмарних технологій за критерієм «Функціональні можливості»

Аналогічні розрахунки проводяться за кожним з критеріїв. У таблиці 3.2 наведено нормовану матрицю попарних порівнянь альтернатив відносно критерію «Функціональні можливості». У таблиці 3.3 наведено нормовану матрицю попарних порівнянь альтернатив відносно критерію «Безпека».

Таблиця 3.3

Нормована матриця попарних порівнянь альтернатив відносно критерію «Безпека».

<i>Безпека</i>	Azure	Google	AWS	Вектор локальних пріоритетів	Нормований вектор
Azure	1	9	8	4,160	0,775
Google	1/9	1	1/7	0,251	0,047
AWS	1/8	7	1	0,956	0,178
Σ =	1,24	17,00	9,14	5,368	1

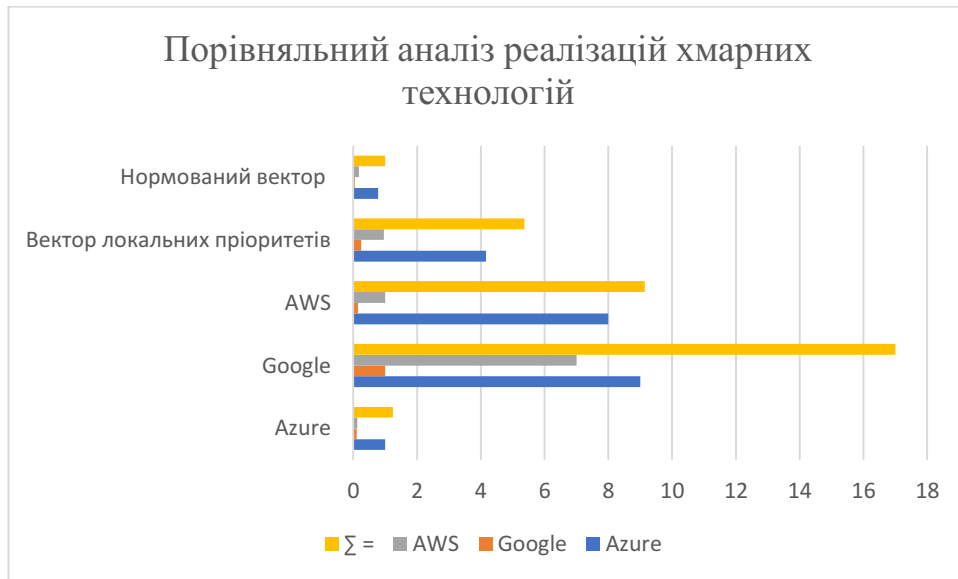


Рис. 3.11. Порівняльний аналіз реалізацій хмарних сервісів за критерієм «Безпека»

Після обчислення для матриці попарних порівнянь, побудованої за критерієм «Функціональні можливості», вказані параметри набувають таких значень:

$$\alpha_{\max}=3,635$$

- індекс узгодженості $IY = \frac{\alpha_{\max}-n}{n-1} = -0,12$;
- індекс послідовності співвідношень $BY = \frac{IY}{RI} = -0,14$

Оскільки $BY = -0,14 < 1$, то матрицю попарних порівнянь за критерієм «Функціональні можливості» вважаємо узгодженою.

Після обчислення для матриці попарних порівнянь, побудованої за критерієм «Безпека», вказані параметри набувають таких значень:

$$\alpha_{\max}=3,383$$

- індекс узгодженості $IY = \frac{\alpha_{\max}-n}{n-1} = 0,19$;
- індекс послідовності співвідношень $BY = \frac{IY}{RI} = 0,58$

Оскільки $BY = 0,58 < 1$, то матрицю попарних порівнянь за критерієм «Функціональні можливості» вважаємо узгодженою.

В результаті дослідження можемо констатувати, що реалізація Azure – переможець, помітно слабшою є AWS та найменшу оцінку отримала реалізація Google.

3.3. Модель формування безпечних маршрутів в умовах карантину

Для розроблення рекомендаційної системи формування безпечних маршрутів в умовах карантину чи пандемії необхідно розробити модель таких маршрутів. Формалізовано описати цю задачу можна наступним чином:

Визначення місця (локацій) та об'єктів інтересу. Місця (локації) та об'єкти інтересу можна представити як множину координатних точок в просторі.

Визначення руху користувачів. Рух користувачів можна описати як послідовність координатних точок у часі. Для кожного користувача визначаються його рух та шляхи, які він подолав.

Мобільне зондування натовпу. Мобільне зондування натовпу передбачає збір даних про розташування користувачів в реальному часі. Ці дані також можуть бути представлені у вигляді послідовності координат.

Збір та аналіз даних. Дані про рух користувачів та результати мобільного зондування натовпу можуть бути оброблені та аналізовані для визначення патернів, руху натовпу та об'єктів інтересу.

Алгоритми уникнення натовпу. Розробляються математичні алгоритми для визначення рекомендованих маршрутів та інших дій користувачів для уникнення натовпу.

Попередження та рекомендації. Базуючись на аналізі даних та алгоритмах уникнення натопу, генеруються рекомендації та попередження для користувачів.

Захист та конфіденційність. Забезпечення захисту особистих даних користувачів та конфіденційності даних мобільного зондування натопу зазвичай включає в себе криптографічні та захисні методи.

Підтримка та оновлення. Описує процес підтримки системи та можливість оновлення для вдосконалення функціоналу.

Формалізований метод полягає в аналізі руху та розташування користувачів, зборі та опрацюванні даних, розробці алгоритмів уникнення натопу, інформуванні та рекомендаціях для користувачів. Такий метод може включати в себе математичні моделі руху, статистичний аналіз даних та оптимізаційні методи для планування маршрутів та уникнення натопу. Місця (локації) та об'єкти інтересу можна представити як множину координатних точок в просторі. Модель обрання місця може бути представлена так:

Місця (локації). Нехай L – множина всіх місць (локацій). Кожне місце може бути описане двома або трьома координатами в просторі, наприклад, широтою (latitude), довготою (longitude) та можливо висотою (altitude). Координати можна представити як вектори:

$$\text{Місце } L_i = [\text{широта}_i, \text{довгота}_i, \text{висота}_i].$$

Об'єкти інтересу:

Нехай O – множина всіх об'єктів інтересу.

Тут також кожен об'єкт інтересу може бути описаний як координати в просторі:

$$\text{Об'єкт інтересу } O_j = [\text{широта}_j, \text{довгота}_j, \text{висота}_j].$$

Отже, місця і об'єкти інтересу можна математично представити за допомогою векторів або кортежів координат в тривимірному просторі.

У межах аналізу руху та взаємодії з користувачами, такі координати можуть бути використані для визначення розташування користувачів та їхнього спілкування з об'єктами інтересу. Модель для опису руху користувачів із координатними точками у часі може бути побудована з використанням послідовності точок, де кожна точка представлена вектором координат та додатковою інформацією про час. Для спрощення, визначимо таку модель місцезнаходження користувача U в певний момент часу t буде представлено у вигляді вектора координат:

$$\text{Місце } U(t) = [\text{широта}(t), \text{довгота}(t), \text{висота}(t)]$$

Рух користувача може бути описаний як послідовність місцезнаходжень користувача у різні моменти часу:

$$\text{Рух користувача } U = [U(t_1), U(t_2), U(t_3), \dots]$$

Шляхи користувача від точки до точки можуть бути визначені як різниця між сусідніми координатами у послідовності руху:

$$\text{Шляхи користувача } P = [U(t_2) - U(t_1), U(t_3) - U(t_2), \dots]$$

Ця модель дозволяє зберігати і аналізувати дані про рух користувачів в просторі та в часі. Кожен користувач матиме свою власну послідовність місцезнаходжень, що дозволить аналізувати їхні рухи та взаємодію з об'єктами інтересу в розумному місті. Ця модель може бути розширена для включення додаткової інформації, такої як швидкість руху, категорії відвіданих об'єктів і т.д., в залежності від конкретних потреб аналізу руху

користувачів. Модель для опису мобільного зондування натовпу із координатними точками у реальному часі може бути побудована з використанням послідовності точок, де кожна точка представлена вектором координат та часовою міткою.

Для опису такої моделі, визначимо місцезнаходження користувача U в певний момент часу t буде представлено у вигляді вектора координат:

$$\text{Місце } U(t) = [\text{широта}(t), \text{довгота}(t), \text{висота}(t)]$$

Додатково, кожна точка буде мати часову мітку:

Час t

Дані про мобільне зондування можна подати як послідовність точок:

$$\text{Дані мобільного зондування } M = [(U_1, t_1), (U_2, t_2), (U_3, t_3), \dots]$$

Дані мобільного зондування M будуть представлені як послідовність координатних точок у разі часу. Ця модель дозволяє збирати дані про розташування користувачів в реальному часі та використовувати їх для аналізу та прийняття рішень в контексті розумного регіону. Мобільне зондування натовпу використовує різноманітні методи для збору та аналізу даних про рух та місцезнаходження користувачів. Ось деякі з найпоширеніших методів:

Системи GPS. Використовує супутниковий сигнал для визначення місцезнаходження користувачів у відкритих просторах з високою точністю.

Мережа мобільного зв'язку. Базові станції мобільних операторів можуть визначати наближене місцезнаходження користувачів через сигнали їхніх пристроїв.

Wi-Fi позиціонування. Використовує доступні Wi-Fi мережі для визначення місцезнаходження користувачів. Вимагає великої кількості точок доступу для високої точності.

Bluetooth та iBeacon. Може використовуватися для визначення місцезнаходження в закритих приміщеннях або обмежених зонах.

Аналіз сигналу мобільного зв'язку та Wi-Fi. Визначає місцезнаходження на основі сигналів від різних мереж та станцій.

Сенсори в мобільних пристроях. Вбудовані акселерометри, гіроскопи, датчики освітлення тощо можуть слугувати для визначення руху та місцезнаходження.

Зондування натовпу через додатки. Додатки на смартфонах можуть збирати дані про місцезнаходження користувачів та надсилати їх на сервери.

Камери та відеоспостереження. Відеокамери та системи відеоспостереження можуть визначати місцезнаходження на основі візуального аналізу.

Методи глибинного навчання. Використовує нейронні мережі та аналіз зображень для визначення місцезнаходження на основі фото- та відеоданих.

Вибір методу залежить від конкретних вимог, середовища та цілей зондування натовпу. Комбінація різних методів може забезпечити більш точну та надійну інформацію про місцезнаходження користувачів.

Розглянемо метод роботи інформаційної системи з використанням зондування натовпу через додатки на смартфонах, яка може бути описана формально наступним чином:

Нехай:

X – множина користувачів.

T – множина моментів часу.

$L(x, t)$ – функція, яка визначає місцезнаходження користувача x в момент часу t .

Дані, зібрані додатком на смартфоні, представляють собою послідовність місцезнаходжень користувачів протягом певного часу:

$$D = \{(x, t, L(x, t)) | x \in X, t \in T\}$$

Тут D – множина даних про місцезнаходження користувачів, яка включає інформацію про користувачів, моменти часу та їхнє місцезнаходження. Ця інформація може бути використана для подальшого аналізу руху користувачів, визначення патернів, прогнозування поведінки, а також для зондування натовпу в реальному часі. Для конкретного аналізу та моделювання зондування натовпу за допомогою цих даних можуть бути використані різні методи, такі як аналіз часових рядів, методи глибинного навчання, геопросторовий аналіз, та інші, в залежності від конкретних завдань та цілей.

Здійснимо моделювання ситуації на території Закарпатського регіону, де додатки на смартфонах збирають дані про місцезнаходження користувачів для зондування натовпу та аналізу руху користувачів. Уявімо, що на території Закарпатського регіону є певна кількість користувачів (X), які використовують додатки на своїх смартфонах. Ми спостерігаємо їхнє місцезнаходження в різні моменти часу (T). На виході ми отримуємо послідовність даних (D), яка містить інформацію про координати місцезнаходження користувачів в різні моменти часу. Ця інформація може бути використана для таких сценаріїв:

Аналіз руху користувачів. Ми можемо вивчати, як користувачі переміщуються по регіону, ідентифікувати популярні маршрути, точки інтересу та час, коли рух користувачів найактивніший.

Визначення патернів. Аналізуючи дані, ми можемо визначити патерни поведінки користувачів. Наприклад, де і коли найчастіше знаходяться користувачі.

Прогнозування поведінки. На основі аналізу руху користувачів і патернів поведінки можна спрогнозувати, як вони можуть змінити своє місцезнаходження в майбутньому. Це може бути корисним для організації подій, визначення маршрутів або рекламних акцій.

Зондування натовпу в реальному часі. Однією з основних переваг є можливість зондування натовпу в реальному часі, що дозволяє організаторам реагувати на зміни в руху користувачів та надавати їм рекомендації.

Формалізовано ця ситуація може бути описана за допомогою вище зазначених моделей:

X – множина користувачів.

T – множина моментів часу.

$L(x, t)$ – функція місцезнаходження користувача x в момент часу t .

D – множина даних про місцезнаходження користувачів на території Закарпатського регіону.

Моделювання цієї ситуації дозволяє краще розуміти рух користувача. Для цілей демонстрації, проведемо умовні розрахунки, припустимо, що ми маємо дані про рух користувачів у Закарпатському регіоні протягом трьох днів. Позначимо цей регіон як прямокутну територію на площині.

Дані виглядають так:

День 1:

Користувач 1: (48.625, 22.301) (координати широти і довготи)

Користувач 2: (48.710, 22.546)

...

Користувач N: (48.455, 23.112)

День 2:

Користувач 1: (48.690, 22.333)

Користувач 2: (48.705, 22.531)

...

Користувач N: (48.472, 23.085)

День 3:

Користувач 1: (48.715, 22.311)

Користувач 2: (48.700, 22.524)

...

Користувач N: (48.490, 23.100)

Тепер, для прикладу, давайте обчислимо середню відстань, яку пройшов кожен користувач за тривалість спостережень.

Обчислимо відстані між послідовними точками для кожного користувача, використовуючи формулу гаверсинуса для великого кола сфери (з врахуванням, що Земля є сферою):

$$d = 2r \cdot \arcsin\left(\sqrt{\sin^2\left(\frac{\Delta lat}{2}\right) + \cos(lat_1) \cdot \cos(lat_2) \cdot \sin^2\left(\frac{\Delta lon}{2}\right)}\right),$$

де:

d – відстань між двома точками.

r – радіус Землі (приблизно 6371 кілометр).

Δlat – різниця широти між точками.

Δlon – різниця довготи між точками.

lat_1 і lat_2 – широта першої та другої точки в радіанах.

Обчислимо суму відстаней для кожного користувача протягом трьох днів. Знайдемо середню відстань, поділивши суму відстаней на кількість днів. Звісно, опрацювання даних достатньо складне і вимагає великої кількості додаткових обчислень та аналізу. Такі дані можуть бути використані для вирішення більш складних завдань, таких як побудова

маршрутів, визначення областей інтересу тощо, на основі аналізу руху користувачів. Визначення рекомендованих маршрутів та інших дій користувачів для уникнення натовпу може вимагати використання різних методів та алгоритмів, таких як оптимізація маршруту, аналіз руху користувачів, інтелектуальні системи і багато інших. Ось декілька можливих математичних алгоритмів та підходів:

Оптимізація маршруту для уникнення натовпу. Використовуючи методи оптимізації, такі як генетичні алгоритми, можна розробити алгоритми для знаходження маршруту, який дозволить користувачеві уникнути найбільш навантажених місць у певний час.

Аналіз руху користувачів. Шляхи та маршрути користувачів можуть бути аналізовані для визначення звичайних часів найбільшої активності та натовпу. Можна використовувати аналітичні методи для прогнозування патернів руху та навантаження.

Інтелектуальні системи та машинне навчання. Можна створити моделі машинного навчання для аналізу даних про рух користувачів та рекомендації щодо найкращих дій. Наприклад, можна використовувати нейронні мережі для виявлення патернів та прийняття рішень.

Графові алгоритми. Використання графових алгоритмів для побудови графа місць та шляхів може допомогти визначити найкращі маршрути для уникнення натовпу.

Аналіз реального часу та прогнозування патернів. Враховуючи поточні дані про рух та прогнози патернів, можна надавати рекомендації користувачам для уникнення натовпу на основі динамічних умов.

Давайте розглянемо приклад методу, який використовує генетичний алгоритм для визначення оптимального маршруту користувача з метою уникнення натовпу.

Постановка завдання. Маємо карту міста з різними локаціями, на які користувач хоче відвідати. Кожна локація має призначений час відвідування і рейтинг натовпу.

"Фітнес-функція" для формування безпечних маршрутів може бути виражена через введені змінні, такі як відстань, час, дорогу та рівень безпеки. Давайте побудуємо простий приклад "фітнес-функції" для цього:

Нехай:

D - відстань маршруту;

T - час подорожі;

S - вибір доріг;

$safeS_{safe}$ - рівень безпеки.

Тоді фітнес-функція може мати вигляд:

$$\text{fitness} = w_1 \cdot D + w_2 \cdot T + w_3 \cdot S + w_4 \cdot S_{\text{safe}},$$

де w_1, w_2, w_3, w_4 - ваги, які визначають важливість кожної складової.

Ці ваги можуть бути налаштовані в залежності від конкретних потреб і пріоритетів.

Наприклад, якщо безпека є найважливішим фактором, то вага w_4 буде високою, і фітнес-функція буде спрямована на максимізацію рівня безпеки. Інші ваги можна вибирати відповідно до потреб користувача або задачі.

Генетичний алгоритм емулює еволюцію для знаходження оптимального рішення. Основні кроки методу:

1. Популяція. Почнемо зі створення випадкової популяції індивідів (маршрутів).

2. Оцінка придатності. Для кожного індивіда обчислюємо його «фітнес-функцію». У нашому випадку, це може бути комбінація тривалості маршруту та рейтингу натовпу на шляху.

3. Відбір. Обираємо кращі індивіди на основі їх фітнес-функції для переходу до наступного покоління.

4. Хромосоми. Проводимо генетичні операції (кросовер, мутація) для створення наступного покоління.

5. Повторення. Повторюємо оцінку, відбір та модифікацію поколінь до досягнення заданої умови зупинки (кількість ітерацій, збіг результату тощо).

6. Результат. Після закінчення алгоритму, ми отримаємо оптимальний маршрут, який дозволить користувачу відвідати потрібні локації з уникненням натовпу.

7. Додаткові уточнення. Можна додати обмеження щодо часу перебування в кожній локації.

При розробленні інформаційної системи прокладання маршрутів під час карантину можуть розглядатися додаткові фактори, такі як відстань між локаціями та інші обмеження.

3.4. Процедура симуляції візуалізації рекомендацій

Рекомендаційна система здійснює процедуру візуалізації згенерованих рекомендацій. Для проведення симуляції візуалізованих об'єктів проводилося комп'ютерне моделювання, яке дало можливість дізнатися розвиток інформаційної системи або застосування впродовж деякого проміжку часу при використанні тієї чи іншої реалізації інформаційної технології. Такий підхід сприяє визначенню функціоналу розроблюваної інформаційної системи ще задовго до того, як вона буде реалізована, тобто надає можливість симулювати спостереження за системою в режимі реального часу. Якщо створити симуляцію, подбавши про її гнучкість, генерується можливість якомога точніше налаштовувати параметри системи. При цьому одну й ту саму симуляцію можна використати запустивши її з різними

вхідними параметрами. Це дозволить відтворювати один і той самий експеримент потрібну кількість разів, досліджуючи кореляцію між параметрами, що були введені і наслідком проведених спостережень. Оскільки побудова точної симуляції потребує великої кількості обчислень, щоб врахувати всі фактори, що впливають на поведінку всіх складових системи, цей аспект буде реалізовано у подальших дослідженнях. Цей факт згенерував потребу пошуку методів прискорення симуляцій, аби отримати змогу відтворювати більш деталізовані процеси, для обчислення яких знадобиться якомога більше ітерацій або підтримка якомога більшої кількості простих об'єктів. Все дозволяє отримати більш об'єктивні результати. Наприклад з використанням технології компанії Nvidia для розробників створена можливість писати код для графічної системи, тобто здійснювати обчислення в графічному ядрі. Таким інструментом комунікації розробника і низькорівневого програмного забезпечення графічного процесора є шейдер.

Шейдер (англ. Shader – затінювач) – це програма для відеокарти, яка використовується в тривимірній графіці для визначення остаточних параметрів об'єкта або зображення, може включати в себе опис поглинання і розсіювання світла, накладення текстури, відображення і заломлення, затінення, зміщення поверхні і безліч інших параметрів [142]. Ці спеціальні скрипти підтримуються в середовищі розробки Unity, що дозволить мені використовувати їх для різних об'єктів при побудові сцен-симуляцій. Розрізняють підвиди шейдерів в залежно від задачі конвеєра візуалізації, яку на них покладено. Наприклад, шейдер фрагмента – це програма для відеокарти, яка відповідає за вихідний колір кожного окремого пікселя. Тобто за застосування таких ефектів, як освітлення, відображення, рефракція, карти нормалей, текстури. Комп'ют шейдери (compute shaders) – це ще один особливий підвид шейдерів, які виконуються поза звичайним конвеєром

візуалізації (концептуальна модель, яка описує які кроки потрібно виконати графічній системі для рендерингу тривимірної сцени на двовимірний екран) [143]. Їх можна використовувати для багатопотокових алгоритмів GPU (метод виконання обчислень, який характеризується використанням графічного процесора, який зазвичай обробляє обчислення тільки для комп'ютерної графіки, для того щоб виконувати обчислення в додатках) або для прискорення частин ігрової візуалізації. Для ефективного їх використання часто потрібні глибокі знання архітектури GPU та паралельних алгоритмів [144]. На відміну від звичайного шейдера, комп'ютерний шейдер може повертати будь-які дані. Тобто він зможе повернути текстуру з проекцією зрендереної сцени, яку потім можна буде виводити на екран. Для написання шейдерів використовується спеціальна мова, яка називається HLSL, вона була розроблена компанією Microsoft для надання доступу програмістам до функцій графічних бібліотек DirectX та Direct3D. Її синтаксис дуже подібний до мови C. Існують і інші мови написання шейдерів, наприклад, GLSL (для OpenGL та його похідних), Cg (вийшла із вжитку), PSSL (застосовується для розробки під платформу PlayStation) [145].

Оскільки у розробленій рекомендаційній системі згенеровані рекомендації візуалізуються за допомогою графіків та діаграм, що відображають результати розрахунків, то шейдери використовуються для створення візуальних ефектів та анімації, що допоможе краще розуміти отримані дані та результати аналізу, моделювати їх зміни в залежності від вхідних даних. Для цього використовується анімаційний шейдер, які змінюють вигляд графіків з часом, щоб візуалізувати динаміку даних та результатів розрахунків. Шейдер додає візуальні ефекти, такі як кольорові фільтри, освітлення, тіні тощо, які допоможуть підкреслити важливі аспекти графіків. Можна застосовувати шейдери для покращення чіткості та

виділення ключових даних на графіках. Ці візуалізаційні ефекти дозволяють зробити інформативні рішення щодо вибору інформаційних технологій на основі рекомендаційної системи. Для симуляції роботи методу аналізу ієрархій вводяться різні значення ваг для альтернатив і спостерігається за тим, як змінюється рейтинг найкращого варіанта вибору інформаційної технології. Використовуючи симуляцію можна провести визначення впливу зміни ваг на результуючий вибір. На основі симуляції рекомендацій можна перевірити обґрунтованість рішення щодо вибору інформаційних технологій.

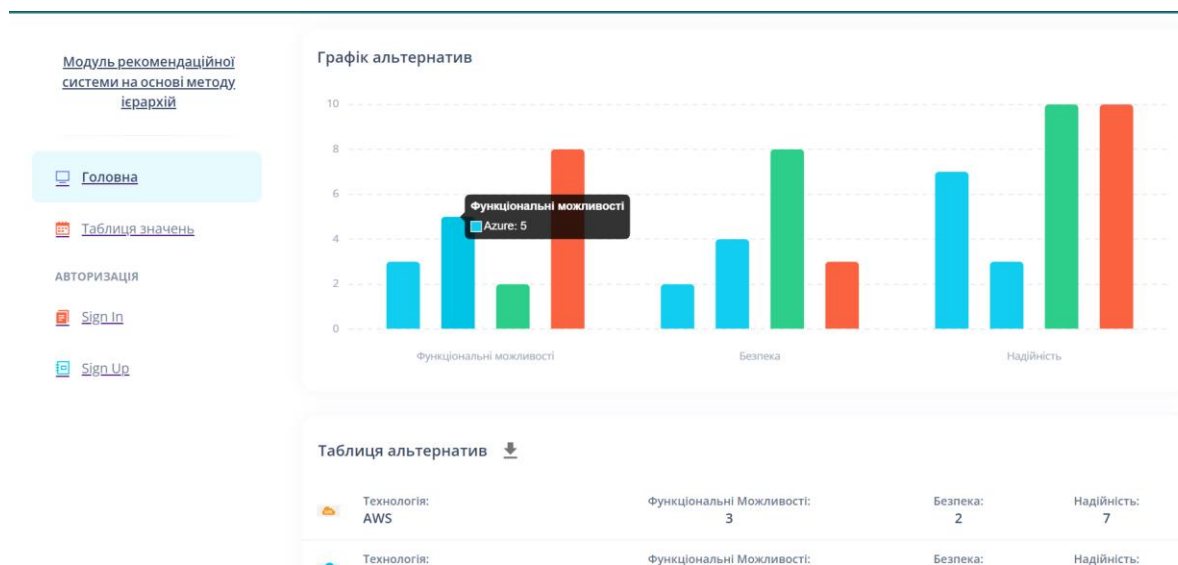


Рис. 3.12. Симулювання інформації про функціональність альтернатив

Висновки до 3 розділу

Розроблено інформаційну технологію обрання альтернатив класів сучасних інформаційних технологій з використанням методів експертного оцінювання та аналізу ієрархій.

Метод аналізу ієрархій передбачає виділення трьох складових: кінцевої мети або проблеми, яку необхідно вирішити, можливі рішення, які

називаються альтернативами, і критерії, за якими відбуватиметься оцінювання альтернатив.

Для успішного створення інформаційно-технологічної платформи розумного регіону, що поєднуватиме різні застосунки, як допоміжний інструмент, розробляється рекомендаційна система, яка виконує процедуру обрання інформаційних технологій для кожного з них в залежності від завдань, які ним вирішуватимуться.

Досягнення мети полягає у виборі однієї з альтернатив на основі множини сформульованих критеріїв. Вибір альтернативи виконується обчисленням елементів вектора пріоритетів, які поставлено у відповідність кожній альтернативі. Альтернатива з найбільшим значенням такого елемента вважається прийнятим рішенням.

Базуючись на результатах експертного оцінювання визначено найкращу реалізацію хмарних сервісів із застосуванням методу Сааті. Застосовуючи метод аналізу ієрархій сформували трирівневу структуру. Верхній рівень займає ціль, яка складатиме основу рекомендації, що генеруватиме рекомендаційна система, другий рівень формує множина критеріїв, за якими здійснюється вибір альтернативних реалізацій хмарних технологій для розроблення застосунку.

За допомогою симуляції аналізується, як змінюється вигляд графіків з часом, проводиться анімаційний супровід, що дозволяє відслідковувати динаміку даних та результатів розрахунків.

РОЗДІЛ 4. ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ЗАСТОСУВАННЯ РОЗРОБЛЕНОГО МЕТОДУ ТА ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ ЗАСОБІВ

У цьому розділі представлено функціонал розробленої рекомендаційної системи, описано її переваги завдяки використанню різних інструментів. Подано характеристику обраної мови програмування, обґрунтовано її вибір, проаналізовано результати апробації рекомендаційної системи. Проаналізовано вимоги до інформаційної системи обрання маршрутів в умовах пандемії. Розроблено модель обрання маршрутів.

4.1. Характеристика використаних інструментів та функціоналу рекомендаційної системи

Розглянемо роботу рекомендаційної системи з обрання класів інформаційних технологій та їх реалізації на прикладі застосунків для туристичної галузі. Роботу рекомендаційної системи продемонстровано на прикладі туристичної галузі, проте її відкритість дозволяє її використання для генерування рекомендацій щодо доцільності використання тих чи інших класів інформаційних технологій при розробленні інформаційних систем чи мобільних застосунків для будь якої предметної галузі.

Для розроблення рекомендаційної системи як вебзастосунку, із застосуванням прикладного інтерфейсу програмування (API), використано мову програмування JavaScript із бібліотекою React та кросплатформове середовище Node.js. Дані технології були вибрані з урахуванням того, щоб рекомендаційна система була окремим сумісним модулем інформаційно-технологічної платформи, а також була доступною для подальшого впровадження на будь-якій платформі.

Вагомою перевагою такого підходу є крос-платформовість, що дозволяє уникнути проблем із необхідністю модифікації рекомендаційної системи на різні типи операційних систем (MacOS , MS Windows, Linux). Це сприятиме інтеграції рекомендаційної системи у інформаційно-технологічну платформу.

Backend частина рекомендаційної системи реалізована в середовищі Node.js із використанням фреймворку Express.js та Chart.js – графіки. Використання зручної JavaScript-бібліотеки React дозволило створити дружній інтерфейс, шляхом компонування складових як невеликих окремих частин коду, проводити часткове оновлення сторінки. React [146] здійснює опрацювання лише користувацького інтерфейсу згідно шаблону модель-вид-контролер (MVC), що дозволило використання у поєднанні з іншими JavaScript бібліотеками, а також великими фреймворками MVC. При цьому можливе використання React з надбудовою, щоб піклуватися про частини рекомендаційної системи без користувацького інтерфейсу. Таким чином, використання JavaScript-бібліотека React сприяло розробленню інтерфейсу користувача (UI) у веб-додатках, оскільки розроблена компанією Facebook і випущена в 2013 році, вона є однією з найпопулярніших бібліотек для створення інтерактивних веб-додатків та веб-сайтів. Використання React дозволило рекомендаційній системі мати наступні переваги:

Зручність обслуговуванні. React дозволяє легко перевіряти компоненти інтерфейсу рекомендаційної системи при обиранні класів інформаційних технологій. При цьому можлива швидка зміна користувацького інтерфейсу, що важливо для рекомендаційних систем, які можуть вимагати постійних оновлень і покращень.

Компонентний підхід. React побудований на концепції компонентів і дозволяє створювати окремі компоненти для кожної частини інтерфейсу, і ці

компоненти можна повторно використовувати та комбінувати, щоб створити складніші інтерфейси.

Швидкодія. Використання віртуального DOM (Document Object Model) забезпечує оптимізацію рендерингу компонентів. Це дозволяє покращити продуктивність інтерфейсу, що особливо важливо для рекомендаційної систем, яка повинна надавати рекомендації в реальному часі. Рекомендаційна система спершу працює з віртуальним DOM, а потім оновлює реальний DOM тільки в тих місцях, де змінилися дані.

Одностороннє потокування даних. Дані в React рухаються в одному напрямку, що робить управління станом додатка простим і передбачуваним.

Розширюваність і підтримка: Функціонал рекомендаційної системи можна розширювати за допомогою багатьох сторонніх бібліотек і наборів інструментів, а також легко інтегруватися з іншими технологіями, такими як Redux для керування станом додатків або React Router для навігації.

Комплексність. React дозволяє створювати інтерфейси з будь-якою складністю, включаючи односторінкові додатки, соціальні мережі, електронні комерційні платформи та багато іншого.

Використання мови JavaScript як на клієнтському, так і на серверному боці спростило розроблення та обмін коду між фронтендом і бекендом. Використання Node.js надало низку переваг рекомендаційній системі:

Широкий вибір бібліотек. Node.js має активну спільноту, яка регулярно вносить вклад у розвиток платформи. Це сприяє появі нових модулів, бібліотек, інструментів та оновлень, використання яких сприятиме удосконаленню рекомендаційної системи.

Легкість створення веб-сервера. Node.js розроблено для створення веб-серверів, що спрощує інтеграцію рекомендаційної системи з веб-сервером та іншими веб-технологіями.

Сумісність із NoSQL базами даних. Рекомендаційна система легко інтегрується із NoSQL базами даних, як MongoDB або CouchDB, що можуть використовуватися для зберігання та опрацювання даних.

Велика екосистема. Node.js має великий набір пакетів та модулів, доступних через npm (Node Package Manager). Це дозволяє легко використовувати готові рішення та бібліотеки для розроблення рекомендаційної системи.

Крос-платформеність. Node.js підтримує різні операційні системи (Windows, macOS, Linux), що забезпечує універсальність і можливість для застосування на різних серверних платформах розробленої рекомендаційної системи, про що вже зазначалося.

Масштабованість. Рекомендаційну систему може легко масштабувати за допомогою кластеризації та інших методів масштабування.

Спрощення розробки API. За допомогою Node.js створено RESTful API для комунікації між клієнтами та сервером.

Підтримка WebSocket. Вбудована підтримка WebSocket дозволяє створювати при експлуатації рекомендаційної системи інтерактивні real-time додатки, такі як онлайн-чати та графіки в реальному часі.

Швидкість та продуктивність. Завдяки цій властивості рекомендаційна система вирізняється високою швидкістю виконання завдань завдяки однопотоківій архітектурі та неблокуючому введенню/виведенню (non-blocking I/O) даних. Це дозволяє проводити опрацювання велику кількість одночасних запитів та зменшувати час генерування рекомендацій.

Node.js – це потужна платформа, яка дозволила створити високопродуктивну рекомендаційну систему з використанням мови програмування JavaScript, саме тому при розробленні рекомендаційної системи було її обрано. При розробленні рекомендаційної системи дотримувалися відкритого стандарту (RFC 7519) JSON Web Token (JWT) при

формуванні токенів доступу для передачі даних аутентифікації в клієнт-серверних системах [149]. Використання бібліотеки діаграм Chart.js з відкритим кодом та ліцензією MIT сприяло якісній візуалізації всіх етапів роботи рекомендаційної системи. Завдяки використанню користувацьких плагінів Chart.js система легко налаштовується для забезпечення масштабування або функцій перетягування, є можливість використання анімації. Перевагою рекомендаційної системи є те, що Chart.js надає можливість використання функції застосування підтримуваних пакетів-оболонки, що сприяє комфортній інтеграції з інформаційно-технологічною платформою. Розширенні можливості візуалізації Canvas роблять Chart.js продуктивнішим, «особливо для великих наборів даних і складних візуалізацій, які інакше вимагали б тисячі вузлів SVG у дереві DOM» [150]. Таким чином слід відзначити, що бібліотека діаграм Chart.js – це потужний і популярний інструмент для створення і візуалізації діаграм, графіків та інших видів графічних представлень даних, що надало створеній рекомендаційній системі ряд переваг. Ось деякі переваги рекомендаційної системи, що ґрунтуються на використанні Chart.js:

- Легка інтеграція. Легке інтегрування в проекти React і інші JavaScript-фреймворки та простота API для створення різних видів діаграм, таких як стовпчикові, кругові, лінійні і т. д.

- Гнучкість. Chart.js підтримує багато видів діаграм, що дозволяє вибрати найкращий спосіб візуалізації даних, включаючи лінійні графіки, кругові діаграми, стовпчикові графіки, точкові графіки і багато інших. У рекомендаційній системі є можливість налаштовувати кожен аспект візуалізації даних, такий як кольори, шрифти, легенди та інше.

- Адаптивність. Chart.js працює добре на різних розмірах екрану і адаптується до різних пристроїв, включаючи мобільні та планшетні, що

робить рекомендаційну систему універсальним інструментом, робота якого не залежить від параметрів гаджета.

- Відкритий код та ліцензія MIT. Chart.js має ліцензію MIT, що дає більшу свободу та контроль створених у рекомендаційній системі візуалізацій та можливість модифікувати бібліотеку під потреби користувачів рекомендаційної системи.

- Активна спільнота та документація. У Chart.js є активна спільнота розробників, яка підтримує бібліотеку, і доступну детальна документація, що сприяє постійному оновленню та підтримці рекомендаційної системи.

Робота користувача рекомендаційної системи розпочинається із реєстрації. На сьогоднішній день, в час стрімкого розвитку ІТ індустрії в Україні та в світі, кожен з нас має власний аккаунт в різних соціальних мережах, в якому можуть використовуватися різні способи аутентифікації [200]. Дані, які подає користувач, можуть бути різного типу, наприклад пароль, документ, електронний ключ, відбиток пальця або сканування сітчатки ока. Аутентифікація є основою безпеки будь-якої електронної системи, в якій є хоча б якась перевірка сервером правдивості вказаних користувачем даних [152]. В рекомендаційній системі використано аутентифікація за допомогою паролю. Пароль може бути двох типів: одноразовий та багаторазовий. Даний спосіб аутентифікації в комп'ютерній системі полягає у введенні вашого ідентифікатора користувача, так званого «логіна», і пароля – деяких конфіденційних відомостей. Достовірна пара логін-пароль зберігається у спеціальній базі даних. У випадку співпадіння вказаних даних і даних, які зберігаються в базі, користувач успішно проходить авторизацію [151]. Для реєстрації користувача використовується стала форма. Рекомендаційна система потребує внесення даних про експертів. Далі вносяться дані щодо вимог до майбутнього програмного

застосунку як вхідні дані для рекомендаційної системи. Проводиться їх аналіз і на його основі генеруються рекомендації щодо обрання інформаційних технологій, а в межах кожного класу інформаційних технологій кращі реалізації, для розроблення програмного продукту.

Архітектура рекомендаційної системи, яка використовує метод аналізу ієрархій для вибору інформаційних технологій, виглядає таким чином (рис. 4.1.):

Користувачі. Цей шар включає в себе користувачів рекомендаційної системи. Кожен користувач має свій профіль та інтереси.

Профілі користувачів і об'єктів. Модуль відповідає за створення профілі користувачів, експертів і об'єктів.

База даних. База даних наповнюється характеристиками класів інформаційних технологій та реалізацій, їх характеристик, переліком вимог до проекту інформаційної системи.

Модуль формування матриці відповідностей. На основі вимог до розроблюваної інформаційної системи і характеристик класів інформаційних систем проводиться експертне оцінювання, створюються матриці відповідностей, які вказують на ступінь відповідності між ними.

Модуль аналізу ієрархій. Використовуючи метод аналізу ієрархій, визначаються ваги критеріїв і відповідно ваги матриці відповідностей. Цей етап визначає, які критерії є більш важливими для користувачів та об'єктів.

Модуль ранжування і рекомендації. На основі аналізу ієрархій та матриць відповідностей проводиться ранжування об'єктів відповідно до їх відповідності до критеріїв. На основі аналізу ієрархій та матриць відповідностей розробляються рекомендації для користувачів Система рекомендацій. Ваги та оцінки відповідностей використовуються для ранжування об'єктів.

Модуль виводу рекомендацій. Рекомендації виводяться на основі ранжування об'єктів з врахуванням ваг та оцінок відповідностей.

Модуль візуалізації. Рекомендації виводяться у формі графіків та діаграм

Зворотний зв'язок та навчання моделі. Користувачі можуть надавати зворотній зв'язок щодо рекомендацій. Ця інформація використовується для покращення роботи системи.

Оновлення даних та перерахунок. Регулярно оновлюються характеристики класів інформаційних технологій, матриці відповідностей та ваги критеріїв для покращення роботи рекомендаційної системи. За результатами зворотнього зв'язку можливий перерахунок.

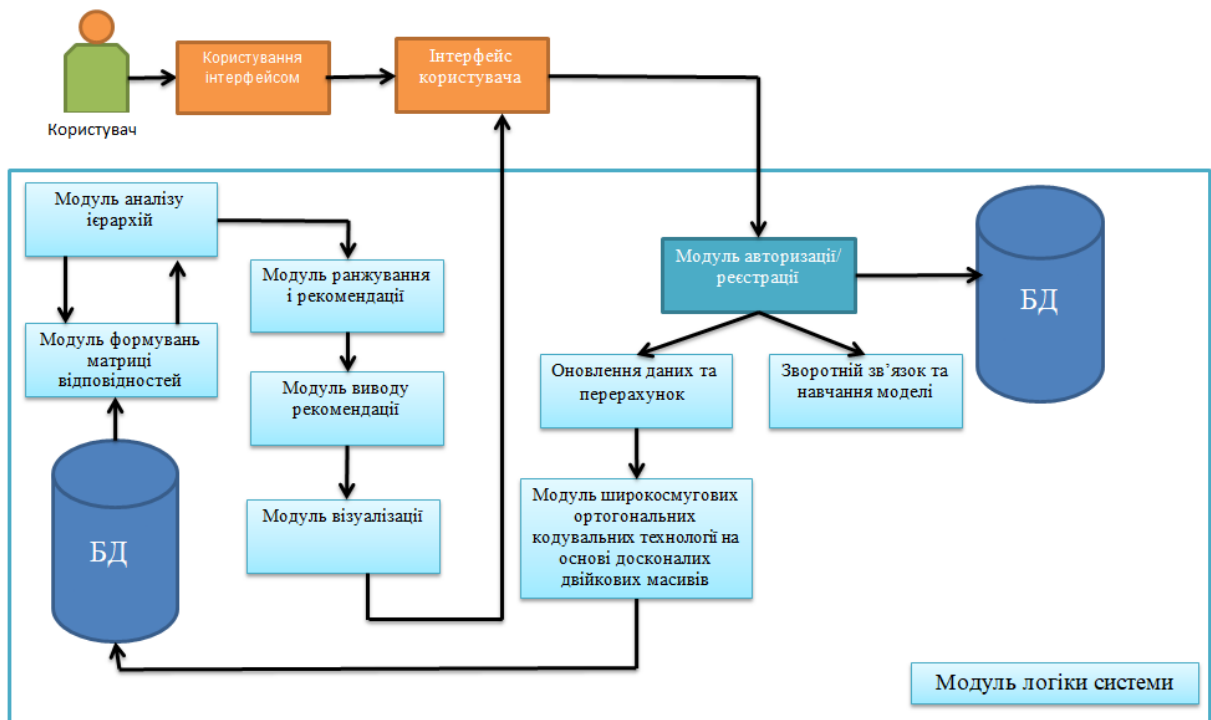


Рис. 4.1. Архітектура рекомендаційної системи

Ця архітектура використовує метод аналізу ієрархій для вагового оцінювання критеріїв та визначення відповідностей між класами інформаційних технологій і вимогами до проекту інформаційної системи для

інформаційно-технологічної платформи. Вона дозволяє розробляти більш персоналізовані та зважені рекомендації для користувачів у розумних регіонах. Розроблену інформаційну технологію для рекомендаційної системи можна подати наступним чином:

1. Збір і аналіз вимог. Першим етапом є збір та аналіз вимог до інформаційної системи. Важливо зрозуміти потреби користувачів та бізнес-цілі.

2. Визначення критеріїв оцінки. Розробники спільно з експертами визначають критерії оцінки технологій, які будуть використовуватися для прийняття рішення. Це можуть бути такі критерії, як продуктивність, масштабованість, вартість розробки, інтегрованість і т. д.

3. Створення матриці відповідностей. За допомогою методу експертного оцінювання оцінюють кожен технологію відносно кожного критерію. Це допомагає визначити важливість кожного критерію та оцінку інформаційної технології на першій ітерації та оцінку їх реалізацій на другій ітерації (при потребі).

4. Обчислення вагових коефіцієнтів. За допомогою математичних операцій визначаються вагові коефіцієнти для кожного критерію та інформаційних технологій, при потребі їх реалізацій.

5. Ранжування технологій. Технології ранжуються на основі обчислених вагових коефіцієнтів та оцінок експертів. Таким чином, можна визначити, які технології найбільше відповідають вимогам.

6. Підбір оптимальної технології. Вибирається технологія, яка найбільше відповідає вимогам і отримала найвищий рейтинг.

7. Візуалізація. Подача рекомендацій за допомогою графіків та діаграм. (Рис. 4.2 - 4.3).

8. Збір даних зворотного зв'язку та пропонування покращення. Система збирає дані зворотного зв'язку від користувачів, що допомагає

виділити проблеми та можливості для покращення. Розробники можуть оновлювати рекомендаційну систему на основі пропозицій зворотного зв'язку, а система проводити перерахунки.

Ця інформаційна технологія дозволяє обрати оптимальну технологію для створення інформаційної системи на основі методу аналізу ієрархій, враховуючи багато критеріїв та вимог користувачів. Демонстраційні розрахунки проведені на невеликих вибірках для спрощення подання.

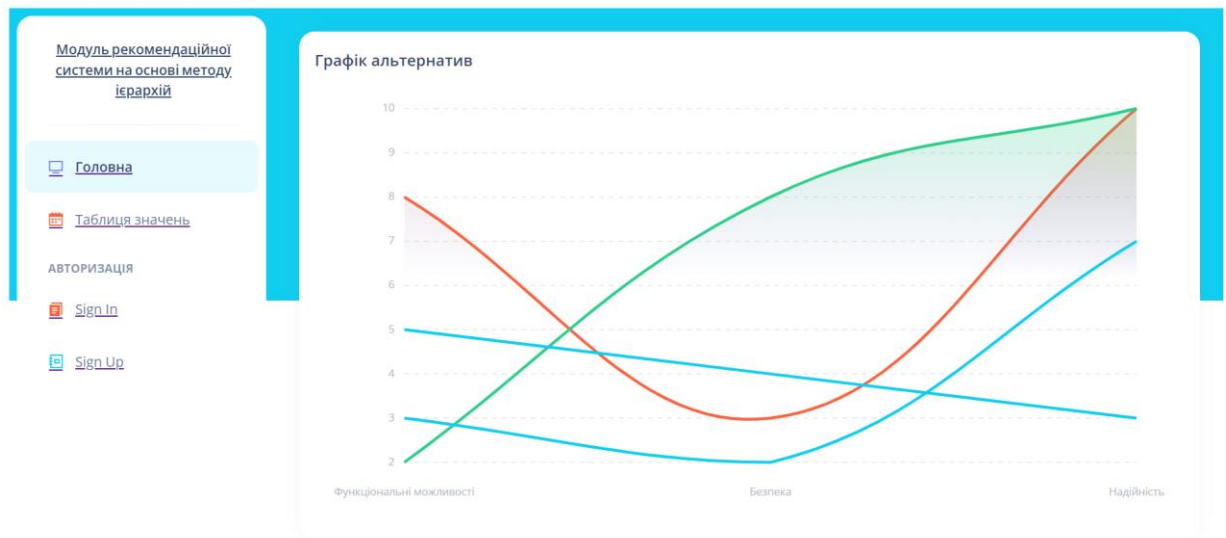


Рис. 4.2. Представлення оцінок експертів за допомогою графіків

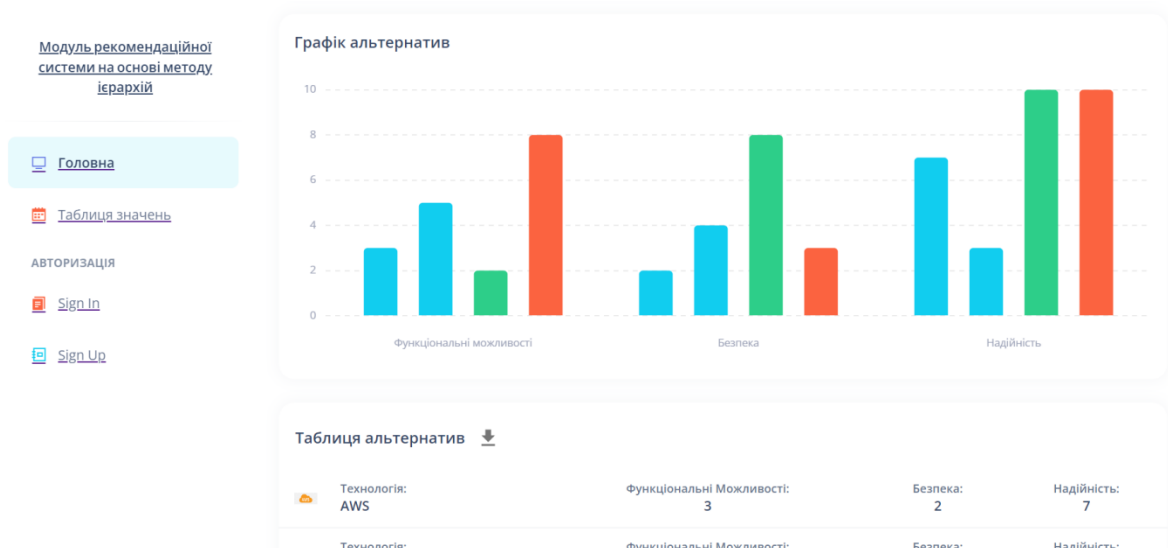


Рис. 4.3. Представлення оцінок експертів за допомогою діаграм

При експлуатації рекомендаційної системи доцільно використовувати широкосмугові ортогональні кодувальні технології на основі досконалих двійкових масивів, що забезпечує можливість виявлення та виправлення помилок при передачі інформації, її надійність при використанні різних каналів обміну даними [162]. Для реалізації цього підходу визначено, що при використанні великого за обсягом коду досконалих двійкових масивів підвищується рівень стійкості каналів обміну даними. Запропонована модель оцінки продуктивності передачі інформації каналом зв'язку для коригування помилок від впливу корельованих та некорельованих перешкод на шляхах обміну даними, яка дозволила поєднати аналітичні та модельні методи, з використанням математичних моделей аналізу властивостей коду на основі досконалих двійкових масивів.

Коригуюча здатність двовимірних кодів на основі РВА значно вища, порівняно з кодами ВСН максимальної довжини того ж розміру, щодо виправлення пакетних (корельованих) помилок (табл. 4.1), тоді як некорельовані помилки виправляються однаково.

Таблиця 4.1

Порівняльний аналіз коригувальних можливостей двовимірних $E(N)$ – кодів на основі кодів досконалого масиву.

$E(N)$ -код	Довжина коду $n=N^2$	16	36	64	144	256	576
	Максимальна довжина пакета помилки t_n	3	10	18	45	92	236
досконалий двійковий масив	Довжина коду $n=2^k-1$	15	31	63	127	255	511
	Максимальна довжина пакета помилки $E(N)$	3	7	15	31	63	127

Аналіз результатів табл. 4.1 підтверджує, що асортимент довжин $E(N)$ -codes ($N=2^k$, $N=3 \times 2^k$) також перевищує асортимент довжин повідомлень ($N=2^k-1$). Зі збільшенням розміру N істотно зростають обсяги повних класів досконалих двійкових масивів, що дозволяє забезпечити практичну достовірність інформації шляхом швидкої зміни робочих ансамблів $E(N)$ -кодів заданого порядку.

Використання досконалого двійкового масиву дозволяє розробити безпечну рекомендаційну систему, яка є кращою, ніж інші подібні системи. Це досягається за рахунок наявності структурних властивостей ідеальних двійкових масивів, у тому числі крос-кореляційних і дистанційних властивостей двовимірних $E(N)$ -кодів.

Циклічний зсув по рядках і (або) стовпцях опорного масиву генерує еквівалентний клас $E(N)$, що дозволило побудувати інформаційну модуляцію на основі досконалого двійкового масиву. Досконалий двійковий масив 6×6 зможе кодувати 36 різних символів – це, наприклад, тільки англійський алфавіт – великі або малі літери (24 букви). Досконалий двійковий масив 8×8 зможе кодувати 64 різних символи, наприклад, англійський алфавіт - великі та малі (52 літери), а також додаткові 12 символів.

При використанні способу корекції здатності двовимірних $E(N)$ -кодів можна не тільки виправляти помилки, а й передбачити можливість генерації необхідного коду із заданими параметрами виправлення помилок. Отримані дані показують, що $E(N)$ -коди можна використовувати як ефективний механізм виправлення помилок для каналів зв'язку, що піддаються як корельованим, так і некорельованим помилкам. Крім того, коди на основі досконалих двійкових масивів можна використовувати для зменшення пакетних помилок і підвищення загальної надійності рекомендаційної системи. Метод двовимірного коду на основі досконалого двійкового масиву пропонує значно кращі можливості корекції.

4.2 Розроблення рекомендаційної системи для організації туристичних маршрутів в умовах карантину

Розглянемо приклад розроблення рекомендаційної системи з організація туристичних маршрутів в умовах карантину для інформаційно-технологічної платформи «Розумний регіон Закарпаття». В умовах пандемії організація туристичних маршрутів відбувається з врахуванням необхідності уникнення натовпу [154]. Мобільне зондування натовпу (MCS) – це технологія, яка залучає велику кількість людей з різними сенсорними та інтелектуальними пристроями, які можуть збирати, передавати різні типи даних та/або отримувати певну інформацію про можливе скупчення людей [155]. До пандемії популярними сферами застосування технології управління людськими потоками були транспорт, туризм, організація подій тощо [156; 157]. Нині змінилися підходи до того як саме визначення натовпу: трое людей у вузькому коридорі чи ліфті тепер теж небезпечний натовп [158]. Акценти в технологіях управління людським потоком також змінилися. Управління натовпом вийшло на перший план, зараз актуальним є запобігання утворенню натовпу та оцінка ризику його утворення [159]. Відповідно змінилася потреба в технічних засобах. Зокрема, зараз користуються попитом мобільні засоби інтерактивної навігації. І поточний рівень прогресу мобільних пристроїв дозволяє їм завантажувати в режимі реального часу всі види чутливих до дачів даних на сервер збирача даних через різні бездротові мережі доступу, такі як стільниковий зв'язок або Wi-Fi, у зручний час і в зручному місці [160]. Різноманітність поведінки користувачів і фреймворків також є важливим фактором, який слід враховувати для проектів навігаційних програм соціального дистанціювання. Люди володіють різними типами гаджетів, вони створюють різні рівні доступу для передачі даних або навіть ті, які забороняють доступ до всього,

що вони можуть – усі вони стають частинами великої системи мобільного програмного забезпечення для визначення натовпу. Користувачі з різного середовища і характеристиками (наприклад, розташування, вік, стать, звички діяльності тощо) передають більш цінну інформацію, ніж користувачі зі схожими профілями. Проблема полягає в тому, щоб адекватно інтерпретувати всі ці елементи даних [161].

У ході дослідження проведено проектування та розроблення мобільної рекомендаційної системи для інтелектуальної навігації туристів у зонах високої урбанізації в умовах карантинних обмежень та соціального дистанціювання. Одним із додаткових інструментів для мобільних рекомендаційних систем планування безпечних маршрутів, а також підтримки соціального дистанціювання в режимі реального часу обрано з допомогою рекомендаційного застосунку з підбору інформаційних технологій. Запропоновано використати інформаційну технологію мобільного спостереження за натовпом. Поєднання її алгоритмів із функціональністю смартфонів та інших персоналізованих гаджетів стало технологічною основою для створення мобільної рекомендаційної системи, яка допоможе мешканцям та гостям міста дотримуватися соціального дистанціювання та уникати скупчень людей.

Функціонування рекомендаційної системи ґрунтується на використанні пошукових систем, оскільки вони стають основним джерелом великих даних для мобільних додатків для подорожей, оскільки пошукові операції фіксують в Інтернеті як контент, пов'язаний з туризмом. Зокрема, туристи можуть шукати туристичну інформацію через пошукові системи свого мобільного телефону, залишаючи пошуковий слід. Такі сліди записуються та опрацьовуються і стають складовою формування масивів даних про інтереси користувачів [161].

Таким чином, ми можемо сформулювати вимоги до інформаційної системи, яка має прокладати безпечний пішохідний маршрут під час пандемії. При цьому має бути врахована необхідність проводити мобільне зондування натовпу, дотримуватись підходу із запобіганням людському натовпу, використати механізм, щоб якомога точніше визначати не тільки місцезнаходження людини, а й траєкторію її руху. Наступним завданням в організації безпечного пересування є точне та повне визначення «вузьких місць», де найчастіше або найімовірніше утворюється скупчення людей. При аналізі просторово-часової поведінки людей виділити додаткові зони скупчення натовпу. Зокрема ті, де натовп виникає лише в певні піки часу або за певних обставин. Сформулювати рекомендації щодо безпечних маршрутів, послуговуючися багатокритеріальною оцінкою контексту для навігації в режимі реального часу з дотриманням соціального дистанціювання.

Створення інформаційної системи для організації туристичних маршрутів в умовах карантину з врахуванням необхідності уникнення натовпу та використання методу мобільного зондування натовпу передбачає наступні вимоги:

Реєстрація та авторизація користувачів. Система повинна забезпечувати можливість реєстрації користувачів та авторизацію. При цьому враховуємо додаткові обмеження та права доступу в умовах пандемії.

Вибір та створення маршрутів. Система має надавати можливість вибору та створення туристичних маршрутів. Маршрути повинні бути адаптовані до умов пандемії, включаючи уникнення натовпів та визначення рекомендованих маршрутів.

Інтерактивність маршрутів. Користувачі повинні мати можливість взаємодіяти з обраним маршрутом, додавати точки інтересу, залишати відгуки, відмічати відвідані локації.

Моніторинг натовпу. Мобільне зондування натовпу повинно бути вбудовано в систему, щоб визначати кількість людей на певних локаціях та рекомендовані шляхи для уникнення натовпу. Такий підхід ґрунтується на розробленій моделі безпечних маршрутів в умовах карантину.

Попередження та рекомендації. Система повинна надавати користувачам інформацію щодо попередження пандемії та дотримання соціальної дистанції. Рекомендації щодо безпеки та правил відвідування місць повинні бути доступні користувачам.

Адаптивність маршрутів. Система повинна автоматично адаптувати маршрути в разі зміни умов або обмежень, пов'язаних з пандемією.

Збір та аналіз даних. Система повинна збирати дані щодо користувачів та їхньої активності, а також дані з мобільного зондування натовпу для подальшого аналізу та вдосконалення сервісу.

Мобільний додаток. Система має бути доступна як мобільний додаток для користувачів, що дозволить отримувати актуальну інформацію та рекомендації під час подорожей.

Захист та конфіденційність. Забезпечення захисту особистих даних користувачів та анонімізації даних мобільного зондування натовпу є обов'язковим.

Підтримка та оновлення. Система повинна мати підтримку та можливість оновлення для надання користувачам актуальної інформації та функціоналу.

Ці вимоги допоможуть створити інформаційну систему, яка сприятиме організувати безпечні туристичні маршрути в умовах пандемії з врахуванням уникнення натовпу за допомогою методу мобільного зондування натовпу.

Сформульовані вимоги вводяться як вхідні дані в розроблену рекомендаційну систему. Для створення даної інформаційної системи рекомендаційна система вважає за доцільне використовувати хмарні

технології, зокрема їх реалізації Google., ґрунтуючись на тому, що використання хмарних технологій має безліч переваг для побудови даної інформаційної системи, особливо для управління туристичними маршрутами в умовах пандемії та зондуванням натовпу:

Масштабованість. Хмарні платформи надають можливість розширення обчислювальних та обсягових ресурсів в залежності від потреби. Надається доступ до потрібної кількості ресурсів, що дозволяє підтримувати високу продуктивність та ефективність системи, навіть під час навантаження та зберігання особистих даних.

Гнучкість. Завдяки хмарним рішенням можливо легко змінювати конфігурацію та масштаб системи, додавати новий функціонал та розширювати її можливості при отриманні нових вхідних даних щодо маршруту.

Доступність. Хмарні платформи зазвичай мають географічно розподілені центри опрацювання даних, що забезпечує високий рівень доступності та надійності. Це особливо важливо для управління туристичними маршрутами, де доступність даних є критичною.

Зменшення витрат. Використання хмарних технологій дозволяє зменшити витрати на придбання, налаштування та підтримку інфраструктури, оскільки всі ці аспекти покладаються на хмарного постачальника.

Безпека. Багато хмарних постачальників вкладають значні ресурси у забезпечення кібербезпеки своїх систем. Вони надають інструменти для забезпечення безпеки даних та доступу до них, що особливо важливо для зберігання та опрацювання особистих даних користувачів.

Резервне копіювання та відновлення. Хмарні платформи зазвичай автоматично забезпечують можливість резервного копіювання даних та відновлення в разі збоїв або втрати даних.

Працевдатність віддалено. Умови пандемії можуть вимагати від співробітників та адміністраторів працювати віддалено. Хмарні технології спрощують доступ до системи з будь-якого місця, забезпечуючи працевдатність в умовах віддаленої роботи.

Швидкість розгортання. Створення та розгортання нових елементів системи може бути значно швидшим завдяки хмарним сервісам.

За допомогою хмарних технологій, інформаційна система для управління туристичними маршрутами в умовах пандемії може бути більш масштабованими, доступними та гнучкими, що дозволяє ефективно вирішувати завдання уникнення натовпу та оптимізації маршрутів в умовах пандемії.

4.3. Визначення оптимального маршруту з уникненням натовпу

Проведемо розрахунки на основі умовних даних для генетичного алгоритму визначення оптимального маршруту з уникненням натовпу. Для цього нам знадобиться декілька умовних даних:

Ми маємо 5 локацій для відвідування (A, B, C, D, E).

Призначений час відвідування кожної локації:

Локація A: 30 хвилин.

Локація B: 45 хвилин.

Локація C: 60 хвилин.

Локація D: 40 хвилин.

Локація E: 50 хвилин.

Рейтинг натовпу на шляху між локаціями:

A→B: 3 (від 1 до 5, де 1 – низька густина, 5 – висока густина).

B→C: 2.

C→D: 4.

D→E: 3.

Умовні значення вартостей мутацій та кількості індивідів у популяції:

Ймовірність мутації (зміни маршруту) – 10%.

Кількість індивідів у популяції – 100.

Задача полягає в тому, щоб знайти найкращий маршрут для відвідування всіх локацій з мінімальним часом і уникненням натовпу:

1. Популяція. Почнемо зі створення 100 випадкових маршрутів (індивідів) для відвідування локацій. Наприклад, один індивід може мати маршрут ABCDE (порядок відвідування локацій).

2. Оцінка придатності. Для кожного індивіда обчислюємо загальний час маршруту, додавши час відвідування кожної локації, і оцінюємо його "фітнес-функцію" на основі загального часу та рейтингу натовпу.

3. Відбір. Обираємо 50% найкращих індивідів на основі їх «фітнес-функції» для переходу до наступного покоління.

4. Хромосоми. Проводимо генетичні операції, такі як кросовер та мутація, для створення наступного покоління індивідів.

5. Повторення. Повторюємо кроки оцінки, відбору та модифікації поколінь до досягнення заданої умови зупинки (кількість ітерацій або збіг результату).

6. Кінець. Після закінчення алгоритму ми отримаємо найкращий маршрут для відвідування локацій з урахуванням часу та рейтингу натовпу.

Наведемо приклад розрахунку фітнес-функції для одного індивіда. Нехай у нас є такий маршрут для відвідування локацій: ABCDE.

Знаходимо час відвідування кожної локації, як зазначено в умовах:

Локація A: 30 хвилин.

Локація B: 45 хвилин.

Локація C: 60 хвилин.

Локація D: 40 хвилин.

Локація E: 50 хвилин.

Обчислюємо загальний час маршруту:

Загальний час = 30 хвилин (A) + 45 хвилин (B) + 60 хвилин (C) + 40 хвилин (D) + 50 хвилин (E) = 225 хвилин.

Розраховуємо оцінку фітнес-функції на основі загального часу та рейтингу натовпу:

$$\text{Оцінка фітнесу} = \text{Загальний час} * \text{Рейтинг натовпу}$$

Оцінка фітнесу = 225 хвилин * (3 для A→B) * (2 для B→C) * (4 для C→D) * (3 для D→E) = 16,200 хвилин.

Ця оцінка фітнес-функції відображає, наскільки оптимальним є даний маршрут – чим менший час і менший рейтинг натовпу, тим кращий результат функції. При оцінці з використанням генетичного алгоритму велика оцінка «фітнес-функції» вказує на поганий маршрут, при подальшому аналізі ці індивіди вже не будуть відібрані для наступного покоління.

Приклад проведення генетичних операцій для створення наступного покоління індивідів:

1. Початкова популяція індивідів.

Індивід 1: ABCDE

Індивід 2: EDCBA

Індивід 3: BACDE

Індивід 4: CBAED

2. Відбір для кросовера. Вибираємо популяцію, на яку будемо застосовувати кросовер. У нашому випадку, можемо вибрати два батьківські індивіди, наприклад, індивід 1 та індивід 3.

3. Кросовер. Виконуємо кросовер для створення нащадків. Наприклад, можемо вибрати точку перетину між локаціями В та С. Обмін ділянками між батьківськими індивідами в точці перетину:

Індивід 1: AB | CDE

Індивід 3: BA | CDE

4. Створюємо нащадка шляхом об'єднання частин батьківських індивідів.

Наслідок 1: ABACDE

5. Мутація. Іноді ми також застосовуємо мутації для випадкового змінення окремих локацій. Наприклад, можемо змінити локацію D на F в індивіда 2, що призведе до:

Індивід 2: EFDCBA

Оцінка фітнесу. Розраховуємо оцінку фітнесу для кожного нащадка.

Вибір найкращих. Відбираємо найкращих індивідів для наступного покоління, можливо, за допомогою методу "вибору за рулеткою" або іншого методу.

6. Повторення. Повторюємо кроки кросовера, мутації, оцінки фітнесу та вибору найкращих для кількох поколінь.

Ці операції було повторено 100 разів та досягнуто задовільне рішення. Генетичний алгоритм допомагає підібрати оптимальні маршрути для уникнення натовпу в контексті подорожі користувачів у розумному місті.

4.4. Перевірка ефективності функціональності рекомендаційної системи з використанням теорії матричних ігор

Ефективність функціональності рекомендаційної системи перевірено з використанням теорії матричних ігор, яка базується на аналізі результату конфлікту між гравцями – рекомендаціями щодо класів інформаційних

технологій. Перевірка ефективності функціональності рекомендаційної системи з використанням теорії матричних ігор може бути важливим аспектом для оцінки якості рекомендацій та їх впливу на вибір користувачів. Тут наведено загальну процедуру та підходи, які можуть бути використані:

Визначення гравців. Є два основних гравці – «рекомендаційна система» і «користувачі». Рекомендаційна система видає рекомендації, тоді як користувачі приймають рішення щодо прийняття або відхилення цих рекомендацій.

Створення матриці виграшів. Матриця виграшів є таблицею, в якій рекомендаційна система рекомендує об'єкти (рядки), а користувачі виражають свої відповіді на ці рекомендації (стовпці). Виграші можуть визначатися, наприклад, наскільки користувач задоволений рекомендацією.

Визначення стратегій гравців. Користувачі та рекомендаційна система повинні мати стратегії, які визначають їхні дії в грі. Наприклад, рекомендаційна система може використовувати певну стратегію для видачі рекомендацій, а користувачі – стратегії вибору, прийняття чи відхилення рекомендацій.

Розв'язання матричної гри. За допомогою матриці виграшів та стратегій гравців можна розрахувати результати гри. Тобто, які рекомендації були прийняті, а які відхилені, і які були їх наслідки для користувачів та системи.

Оцінка ефективності. Оцінка ефективності полягає у вивченні результатів гри та визначенні того, наскільки добре рекомендаційна система виконує своє завдання. Основні аспекти оцінки включають:

Середній виграш користувачів. Середній результат або задоволеність користувачів від отриманих рекомендацій. Високий середній виграш свідчить про ефективність системи. Середня кількість рекомендацій, які були прийняті. Це може вказувати на те, наскільки часто рекомендації знаходять своїх прихильників серед користувачів.

Метрики якості рекомендацій. До метрик якості можуть входити такі показники, як середньоквадратична помилка (MSE), середня абсолютна помилка (MAE), точність, відгук, f-міра та інші. Ці метрики допомагають оцінити точність, різноманітність та інші аспекти рекомендацій.

Аналіз взаємодії гравців. Аналіз рішень та реакцій користувачів на рекомендації може також бути частиною оцінки. Наприклад, які рекомендації були прийняті або відхилені, чи вплинули рекомендації на вибір користувачів. Використовуються специфічні метрики, які враховують особливості розробленої рекомендаційної системи та бізнес-цілей. Оцінка ефективності допомагає визначити, наскільки добре рекомендаційна система виконує своє завдання та дозволяє покращити стратегії рекомендацій та вибору користувачів для досягнення кращих результатів.

Покращення стратегій гравців. Отримані результати використані для оптимізації стратегій, які застосовуються як рекомендаційною системою, так і користувачами. Ця частина оцінки має на меті виявлення областей для покращення та впровадження змін для досягнення кращих результатів.

Зміни в алгоритмах рекомендацій. Якщо під час симуляції виявлено, що певні алгоритми рекомендацій не працюють настільки ефективно, як очікувалося, це може спонукати до їх оптимізації або заміни більш ефективними алгоритмами.

Навчання користувачів приймати кращі рішення. Ця стратегія передбачає покращення способів, якими користувачі сприймають та реагують на рекомендації. Наприклад, можуть впроваджуватися інструкції, навчання користувачів, спрямовані на краще розуміння системи та кращі стратегії вибору.

Основною метою цього етапу є досягнення оптимальних результатів та вдосконалення рекомендаційної системи, щоб забезпечити задоволення користувачів і виконання бізнес-цілей. Такий підхід дозволяє систематично

вивчати та оцінювати ефективність рекомендаційної системи в контексті теорії матричних ігор. Перевірка ґрунтується на аналізі конфлікту між двома гравцями A і B . Гравець A використовує власні стратегії $\{A_1, A_2, \dots, A_m\}$. Гравець B обирає одну із відомих стратегій $\{B_1, B_2, \dots, B_n\}$. Обидва гравці беруть участь у грі, що відбувається за наперед оголошеними правилами, а їх вибір оцінюється певною винагородою. У випадку обрання гравцем A стратегії A_i , а гравцем B стратегії B_j , тоді виграш гравця A складатиме a_{ij} . При цьому виграш учасника гри B дорівнюватиме b_{ij} . Вважатимемо, що $a_{ij} \neq b_{ij}$. При послідовному переборі стратегій формується дві таблиці винагород [163].

Гравцю A надається можливість обрати будь які дві стратегії або ж довіритися реалізації A_1 , а може перевірити твердження з використанням стратегії A_2 . Для другого гравця B інваріантність є такою: обрати A_1 , яка для другого гравця умовно дорівнює одиниці. Платіжні матриці гравців можна представити наступним чином:

$$C_A = \begin{bmatrix} -a & a \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, C_B = \begin{bmatrix} 0 & -a \\ 0 & a \end{bmatrix}.$$

Якщо розробник інформаційної системи не впевнений, що рекомендація влаштує, він перевіряє її (місце в платіжних матрицях (1,2)). Рекомендація буде генеруватися правильною, якщо є впевненість, при цьому розробник обов'язково перевірятиме правильність наданої рекомендації (місце (1,1)). У випадку, коли розробнику немає необхідності перевіряти правильність рекомендації (місце в платіжних матрицях складатиме (2,1)).

Проаналізуємо характерні риси концептуальної біматричної гри платіжних матриць гравців:

$$C_A = \begin{bmatrix} r & r+s \\ s & 0 \end{bmatrix}, C_B = \begin{bmatrix} t & s \\ t+s & 0 \end{bmatrix}.$$

Якщо маємо $X_A = [p_1, p_2] = [p, 1-p]$, $X_B = [q_1, q_2] = [q, 1-q]$, то середні значення виграшів гравців можна подати таким чином:

$$M_A(X_A, X_B) = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 a_{ij} p_i q_j = (r+s-2qs)p + sq,$$

$$M_B(X_A, X_B) = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 b_{ij} p_i q_j = (s+t-2qs)q + sq.$$

Система опису ігрової рівноваги (1) набуває такого вигляду:

$$\begin{cases} (r+s-2ps)(1-q) \leq 0, \\ (2qs-r-s)p \leq 0, \\ (s+t-2ps)(1-q) \leq 0, \\ (2ps-t-s)q \leq 0 \end{cases}$$

В результаті розв'язку системи отримуються показники частот використання гравцями певних стратегій та належні їм виграші:

$$X_A = \left[\frac{t+s}{2s}, \frac{s-t}{2s} \right], v_x^A = M_A(X_A, X_B) = \frac{r+s}{2},$$

$$X_B = \left[\frac{r+s}{2s}, \frac{s-r}{2s} \right], v_x^B = M_B(X_A, X_B) = \frac{s+t}{2}.$$

Рівновага в чистих стратегіях біматричної гри не обмежує можливості щодо наявності рівноваги в змішаних стратегіях.

Нехай додаткова корисність використання однієї із реалізацій інформаційної технології буде вищою за корисність придбання іншої відомої реалізації інформаційної технології, тобто $s > r$ та $s > t$.

Виграш першого гравця матиме вигляд:

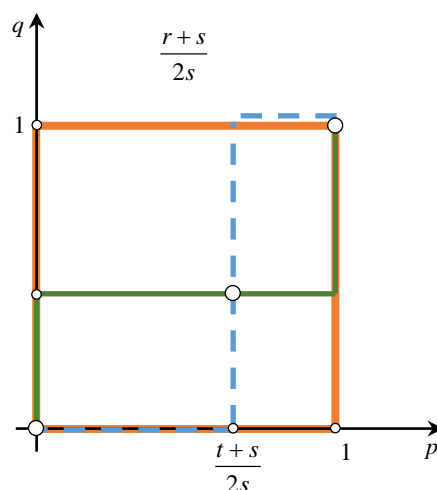


Рис. 4.5 Точки рівноваги. Дві точки в чистих стратегіях і одна точка в змішаній.

$$p = \begin{cases} 0, q < \frac{t+s}{2s}, \\ [0,1], q = \frac{t+s}{2s}, \\ 1, q > \frac{t+s}{2s}. \end{cases}$$

Другий гравець матиме наступний виграш

$$q = \begin{cases} 0, p < \frac{r+s}{2s}, \\ [0,1], p = \frac{r+s}{2s}, \\ 1, p > \frac{r+s}{2s}. \end{cases}$$

Графічне подання виграшів гравців на квадраті $\{p, q \mid p \in [0,1], q \in [0,1]\}$ на рис. 4.5 Відзначимо наявність трьох точок рівноваги, дві з яких реалізуються в чистих стратегіях (A_2B_1) з

ігровими значеннями $v_1^A = r + s$, та $v_1^B = s$, а також (A_2B_1) зі значеннями $v_x^A = s$, та $v_2^B = t + s$ плюс один бал $\left(\frac{t+s}{2s}, \frac{r+s}{2s}\right)$ у змішаних стратегіях для першого гравця з частотним вектором $X_A \left[\frac{t+s}{2s}, \frac{s-t}{2s}\right]$ і значенням $v_x^A = \frac{r+s}{2}$, а для другого гравця - $X_B \left[\frac{r+s}{2s}, \frac{s-r}{2s}\right]$, $v_x^B = \frac{s+t}{2}$.

Представлення платіжних матриць гравців наступне:

$$C_A = \begin{bmatrix} -a & a \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, C_B = \begin{bmatrix} 0 & -a \\ 0 & a \end{bmatrix}.$$

Якщо $X_A = [p_1, p_2] = [p, 1 - p]$, а $X_B = [q_1, q_2] = [q, 1 - q]$, то середні значення виграшів гравців наступні:

$$M_A(X_A, X_B) = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 a_{ij} p_i q_j = ap(1 - 2q),$$

$$M_B(X_A, X_B) = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 b_{ij} p_i q_j = a(1 - q)(1 - 2p).$$

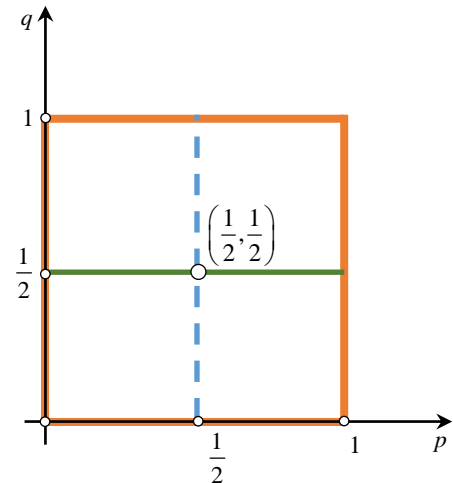


Рис. 4.6 Одна точка рівноваги в змішаних стратегіях.

Система нерівностей для опису ігрової рівноваги (1) може бути подана:

$$\begin{cases} a(1-p)(1-2q) \leq 0, \\ ap(1-2q) \leq 0, \\ a(1-q)(1-2p) \leq 0, \\ ap(1-2p) \leq 0 \end{cases}$$

Розв'язавши систему нерівностей, отримуємо показники частоти використання гравцями стратегій та виграші:

$$X_A = \left[\frac{1}{2}, \frac{1}{2} \right], v_x^A = M_A(X_A, X_B) = 0,$$

$$X_B = \left[\frac{1}{2}, \frac{1}{2} \right], v_x^B = M_B(X_A, X_B) = 0.$$

У першого гравця виграш виглядає таким чином:

$$p = \begin{cases} 0, q < \frac{1}{2}, \\ [0,1], q = \frac{1}{2}, \\ 1, q > \frac{1}{2}. \end{cases}$$

У другого гравця:

$$q = \begin{cases} 0, p < \frac{1}{2}, \\ [0,1], p = \frac{1}{2}, \\ 1, p > \frac{1}{2}. \end{cases}$$

Зобразимо графічно виграші гравців на квадраті $\{p, q \mid p \in [0,1], q \in [0,1]\}$ рис. 4.6 показує наявність точки рівноваги $\left[\frac{1}{2}, \frac{1}{2} \right]$ у змішаних стратегіях для першого гравця з частотним вектором $X_A = \left[\frac{1}{2}, \frac{1}{2} \right]$ і значення $v_x^A = 0$ і для другого гравця - $X_B = \left[\frac{1}{2}, \frac{1}{2} \right]$ $v_x^B = 0$.

У випадку задання біматричної гри платіжними матрицями:

$$C_A = \begin{bmatrix} 8 & 8 & 5 \\ 8 & 1 & 8 \\ 2 & 6 & 6 \end{bmatrix}, C_B = \begin{bmatrix} 4 & 7 & 2 \\ 9 & 5 & 1 \\ 1 & 4 & 8 \end{bmatrix}.$$

вектори частот змішаних рішень першого та другого гравців матимуть наступний вигляд:

$$X_A = [p_1, p_2, p_3] = [p_1 p_2, 1 - p_1 - p_2], X_B = [q_1, q_2, q_3] = [q_1 q_2, 1 - q_1 - q_2].$$

У цьому випадку значення гри для гравця A набуває наступного вигляду:

$$v_x^A = M_A(X_A, X_B) = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 a_{ij} p_i q_j = (7q_1 + 3q_2 - 1)p_1 + (4q_1 - 7q_2 + 2)p_2 - 4q_1 + 6,$$

і для гравця B виглядатиме таким чином:

$$v_x^B = M_B(X_A, X_B) = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 b_{ij} p_i q_j = (9p_1 + 15p_2 - 7)q_1 + (9p_1 - 8p_2 - 4)q_2 - 6p_1 - 7p_2 + 8.$$

Для розрахунку розв'язку задачі складемо систему умов (1):

$$\begin{cases} (7q_1 + 3q_2 - 1)p_1 + (4q_1 - 7q_2 + 2)p_2 \geq 0, \\ (7q_1 + 3q_2 - 1)(p_1 - 1) + (4q_1 - 7q_2 + 2)p_2 \geq 0 \\ (7q_1 + 3q_2 - 1)p_1 + (4q_1 - 7q_2 + 2)(p_2 - 1) \geq 0 \\ (9p_1 + 15p_2 - 7)q_1 + (9p_1 + 8p_2 - 4)q_2 \geq 0 \\ (9p_1 + 15p_2 - 7)(q_1 - 1) + (9q_1 + 8q_2 - 4)q_2 \geq 0 \\ (9p_1 + 15p_2 - 7)q_1 + (9q_1 + 8q_2 - 4)(q_2 - 1) \geq 0 \end{cases}$$

Розв'язком системи (4) є:

$$X_A = \left[\frac{4}{63}, \frac{3}{7}, \frac{32}{63} \right] \approx [0.06, 0.43, 0.51] \rightarrow [6\%, 43\%, 51\%], v_A^x = \frac{362}{61} \approx 5,93,$$

$$X_B = \left[\frac{1}{61}, \frac{18}{61}, \frac{42}{61} \right] \approx [0.02, 0.29, 0.69] \rightarrow [2\%, 29\%, 69\%], v_B^y = \frac{97}{21} \approx 4,62.$$

Розглянута гра має ще дві точки рівноваги в змішаних стратегіях:

$$C_A = \begin{bmatrix} \textcircled{8} & \textcircled{8} & 5 \\ \textcircled{8} & 1 & \textcircled{8} \\ 2 & 6 & 6 \end{bmatrix}, \quad C_B = \begin{bmatrix} 4 & \textcircled{7} & 2 \\ \textcircled{9} & 5 & 1 \\ 1 & 4 & \textcircled{8} \end{bmatrix},$$

$$(A_1, B_2) \rightarrow \begin{bmatrix} X_{A_1} = [1,0,0] \\ X_{B_2} = [0,1,0] \end{bmatrix}, (A_2, B_1) \rightarrow \begin{bmatrix} X_{A_2} = [0,1,0] \\ X_{B_1} = [1,0,0] \end{bmatrix}.$$

Кожне очко дає свій виграш гравцям. Враховуючи наявність рівноваги в змішаних стратегіях, з'являється потреба в обґрунтуванні вибору будь-якої з точок рівноваги – гра має рівновагу як у чистих, так і в змішаних стратегіях.

При перевірці рекомендацій інформаційних технологій використовується алгоритм, який інтерпретує біматричну гру як дві матричні. Біматричні ігри використовуються, коли необхідно обґрунтувати вибір оптимальної поведінки гравців. Для повного аналізу біматричну гру умовно розділимо на дві матричні. Розглянемо біматричну гру і розіб'ємо її

на дві матричні антагоністичні гри з нульовими сумами (рис. 4.6). У свою чергу, ми розглянемо та розв'яжемо кожен з них подвійно, як основну, а потім як подвійну задачу лінійної оптимізації. Порівнюючи отримані результати розв'язку матричних ігор із розв'язком біматричної гри, можна стверджувати про можливість обґрунтування як кількісних результатів на середніх вигрехах гравців, так і на їх якійсь поведінці.

Біматрична гра двох гравців задана матрицями:

$$C_A = \begin{bmatrix} 2 & 5 & 6 \\ 6 & 7 & 1 \\ 6 & 3 & 6 \end{bmatrix} \quad C_B = \begin{bmatrix} 3 & 7 & 8 \\ 7 & 8 & 1 \\ 8 & 4 & 4 \end{bmatrix}$$

Тому розв'язком для першого гравця A є

$$X_A = \begin{bmatrix} \frac{28}{61,4} \\ \frac{61,29}{61} \end{bmatrix} \approx [0.46, 0.07, 0.47] \rightarrow [46\%, 7\%, 47\%], \text{ i.e. } v_A^x = \frac{108}{23} \approx 4,70.$$

Розв'язком для другого гравця B буде

$$X_B = \begin{bmatrix} \frac{5}{23,10} \\ \frac{23,8}{23} \end{bmatrix} \approx [0.22, 0.43, 0.35] \rightarrow [22\%, 43\%, 35\%], \text{ тобто } v_B^y = \frac{344}{61} \approx$$

5,64

Оптимальне змішане рішення першого гравця

$$X_A = \begin{bmatrix} \frac{28}{61,4} \\ \frac{61,29}{61} \end{bmatrix} \text{ в біматричній грі збігається зі змішаним рішенням}$$

$$X_B^m = \begin{bmatrix} \frac{28}{61,4} \\ \frac{61,29}{61} \end{bmatrix} \text{ у матричній грі, заданій платіжною матрицею } C_B \text{ другого}$$

гравця B .

Таким чином, оптимальна поведінка першого гравця є результатом вирішення задачі первинної оптимізації для другого гравця, тобто перший гравець не буде враховувати власну платіжну матрицю – вся «увага» приділяється платіжній матриці другого гравця. Але в той же час цінність

винагороди $v_A^x = \frac{108}{23} \approx 4,70$ є результатом вирішення задачі подвійної оптимізації для матричної гри, заданої його власною платіжною матрицею C_A .

Використовуючи зазначений алгоритм, переконуємося, що змішана стратегія другого гравця $x_B = \left[\begin{array}{c} 5 \\ \frac{23,10}{23,8} \\ 23 \end{array} \right]$ збігається з розрахунком задачі

подвійної оптимізації $Y_A^m = \left[\begin{array}{c} 5 \\ \frac{23,10}{23,8} \\ 23 \end{array} \right]$ для першого гравця. Таким чином,

оптимальна поведінка другого гравця повністю залежить від платіжної матриці C_A першого гравця – значення власних виграшів ігноруються.

Значення винагороди $v_B^x = \frac{344}{61} \approx 5,64$ дорівнює значенню біматричної гри

$v_B^y = \frac{344}{61} \approx 5,64$ подвійної задачі для другого гравця [163].

Таким чином, при перевірці роботи рекомендаційної системи, доцільно використовувати алгоритм, який базується на розв'язанні двох окремих матричних ігор. Гравець має знайти виграш іншого гравця.

4.5. Аналіз переваг рекомендаційної системи

Проводячи перевірку роботи рекомендаційної системи, прийшли до висновку, що значною її перевагою є скорочення часу, що затрачається на обрання класу інформаційних технологій, а на другій ітерації і їх реалізацій. Не зважаючи на існування великої множини методів і метрик для перевірки ефективності роботи рекомендаційних систем, для підтвердження скорочення часу на обрання класу інформаційних технологій при розробленні інформаційних систем для інформаційно-технологічної платформи туристичної галузі обрано метод A/B тестування, який передбачає

розподіл користувачів на дві групи – в одній групі використовуються рекомендації за допомогою розробленої рекомендаційної системи, а іншій – здійснюється пошук необхідних технологій в ручному режимі. Таким чином вимірюється різниця в показниках.

A/B тестування для вибору класу інформаційних технологій може бути проведено наступним чином:

Розділяємо множину користувачів на дві групи – групу *A* і групу *B*. Обидві групи подібні за різними факторами, які можуть вплинути на вибір інформаційних технологій, такі як рівень досвіду, тип бізнесу тощо.

Група *A* (контрольна група) здійснює пошук рекомендацій щодо обрання класу інформаційних технологій вручну. Для визначення часу, затраченого членами групи *A* на проведення аналізу інформаційних технологій та обрання тих, що відповідають вимогам розроблюваної інформаційної системи вручну, було проведено опитування.

Група *B* (експериментальна група) отримує рекомендації з використанням розробленої рекомендаційної системи. Рекомендації для цієї групи генеруються на основі вимог до інформаційної системи, яку необхідно розробити і методу аналізу ієрархій. Проводимо декілька експериментів і отримуємо часові параметри роботи рекомендаційної системи.

Далі відбувається аналіз отриманих результатів та порівняння результатів двох груп. Для цього використовуємо один із статистичних методів – *t*-критерій Стьюдента, що допомагає визначити, чи є статистично значущі різниці в часових параметрах обрання класів інформаційних технологій між групами *A* і *B*.

На основі результатів *A/B* тестування ми можемо продемонструвати, які результати показують члени обох груп *A* та *B*. За допомогою *A/B* тестування проводимо об'єктивне порівняння процедури роботи рекомендаційної системи з процесами вибором технологій вручну. Для цього

використаємо статистичні методи, такі як t -критерій Стьюдента для A і B груп.

Учасники групи A продемонстрували результати: 60, 50, 65, 55, 58, 62, 59, 63, 54, 57 хвилин.

А в учасників групи B наступні результати: 10, 15, 12, 18, 14, 11, 13, 16, 20, 17 хвилин.

Тепер ми можемо застосувати t -критерій Стьюдента для порівняння результатів цих двох груп. Для проведення розрахунків використали статистичний програмний пакет, такий як Python з бібліотеками SciPy та NumPy, для обчислення t -критерію. Нижче наведено Python-код для обчислення t -критерію:

```
import numpy as np
from scipy import stats

# Результати групи A і групи B
group_A = np.array([60, 50, 65, 55, 58, 62, 59, 63, 54, 57])
group_B = np.array([10, 15, 12, 18, 14, 11, 13, 16, 20, 17])

# Обчислення t-критерію
t_stat, p_value = stats.ttest_ind(group_A, group_B)

print(f"t-критерій: {t_stat}")
print(f"p-значення: {p_value}")
```

Результат:

t -критерій: 24.93188550850179

p -значення: 2.0803195902016194e-15

Process finished with exit code 0

У результаті проведених обчислень отримано значення t-критерію та p-значення. Отримано значення t-критерію рівне 24,93, яке значно перевищує 2,23 – значення t-критерію, яке відповідає рівню значущості 0,05, отже гіпотеза вірна. Отримання статистично значущого результату підтвердило, що використання рекомендаційної системи дійсно призвело до скорочення часу вибору класу інформаційних технологій. Як бачимо, група В (експериментальна група) отримує кращі результати, і ми можемо стверджувати, що використовувати розроблену рекомендаційну систему для вибору технологій – це більш ефективний підхід, що дозволяє економити час.

4.6. Оцінка ефективності розробленої моделі формування туристичних маршрутів в умовах карантину

Розглянемо декілька переваг від використання моделі формування туристичного маршруту в умовах пандемії:

1. Модель дозволяє туристам формувати маршрути, уникаючи найбільш навантажених місць та об'єктів. Користувачі отримують рекомендації про ті місця, де найменше ймовірність зустріти велику кількість людей (див. додаток I).

2. Користувачі можуть взаємодіяти з обраним маршрутом, додаючи місця на маршруті, які їх цікавлять. У рекомендаційній системі передбачена можливість залишати відгуки та рекомендації про безпеку та умови в конкретних локаціях.

3. Модель надає можливість мобільного зондування натовпу, дозволяючи визначати кількість людей на певних локаціях в реальному часі.

Користувачам надаються рекомендації щодо інших маршрутів для уникнення натовпу та забезпечення соціальної дистанції.

4. Алгоритми оптимізації, такі як генетичні алгоритми, допомагають знаходити маршрути, які дозволяють уникнути найбільш небезпечних областей (див. додаток Й).

5. Модель дозволяє аналізувати рух користувачів та їх взаємодію з об'єктами, що зацікавили, в умовах пандемії. Таким чином відбувається прогнозування руху натовпу та надання рекомендацій для майбутніх маршрутів.

Ці ефекти можуть призвести до покращення безпеки та комфорту туристів в умовах пандемії, а також до підтримки розвитку туристичної галузі в умовах обмежень.

Обґрунтуємо частину цих переваг через розрахунки кількісних показників.

1. Для досягнення безпечності маршруту та уникнення натовпу має бути зменшена кількість користувачів, які обрали маршрут, уникаючи найбільш навантажених локацій (див. додаток К). Можемо розрахувати середній час очікування на великою кількістю людей зазначених локаціях.

2. Для сприяння інтерактивності та взаємодії можемо визначати кількість точок, доданих користувачами до маршруту. Аналізувати кількість та сентиментальне навантаження залишених відгуків та рекомендацій для конкретних локацій.

3. Результати мобільного зондування натовпу можемо використати як кількісні показники для оцінки ефективності та впровадження моделі формування туристичних маршрутів в умовах пандемії. Кількість користувачів, які обрали маршрут, уникаючи найбільш навантажених локацій (N_{avoid}):

Нехай N_{total} – загальна кількість користувачів, а $N_{crowded}$ – кількість користувачів, які обрали маршрути через навантажені локації. Тоді кількість користувачів, які обрали маршрут, уникаючи навантажених локацій, буде:

$$N_{avoid} = N_{total} - N_{crowded}$$

Середній час очікування великою кількістю людей зазначених локаціях (T_{wait}):

Нехай $T_{crowded}$ – середній час очікування на навантажених локаціях, а $N_{crowded}$ – кількість користувачів, які обрали маршрути через навантажені локації. Тоді середній час очікування на велику кількість людей у зазначених локаціях може бути представлений як:

$$T_{wait} = N_{crowded} T_{crowded}$$

Нехай:

$N_{total} = 1000$ – загальна кількість користувачів,

$N_{crowded} = 300$ – кількість користувачів, які обрали маршрути через навантажені локації,

$T_{crowded} = 20$ хвилин – середній час очікування на навантажених локаціях.

Кількість користувачів, які обрали маршрут, уникаючи навантажених локацій (N_{avoid}):

$$N_{avoid} = N_{total} - N_{crowded} = 1000 - 300 = 700$$

Середній час очікування на великою кількістю людей зазначених локаціях (T_{wait}):

$T_{wait} = N_{crowded} T_{crowded} = 30020 \approx 0.067$ години або приблизно 4 хвилини.

Отже, отримані дані показують, що 700 користувачів обрали маршрут, уникаючи навантажених локацій, і середній час очікування на цих навантажених локаціях становить близько 4 хвилини.

Ці розрахунки можна додатково опрацьовувати та розширювати відповідно до конкретних умов і вимог сценарію.

Ми можемо використовувати певні критерії та алгоритми оптимізації, які будуть враховувати складність маршруту та зменшувати кількість користувачів, які вибирають традиційні маршрути (див. додаток К).

Нехай:

C – функція складності маршруту, яка оцінюється за певним алгоритмом оптимізації.

$U_{traditional}$ – кількість користувачів, які вибрали традиційні маршрути зі стандартними алгоритмами.

$U_{optimized}$ – кількість користувачів, які вибрали оптимізовані маршрути за умовами пандемії.

Математично це може бути виражено наступним чином:

Оцінка складності маршруту: Мінімізувати $C(x)$

Тут x – це вектор параметрів маршруту, який визначається алгоритмом оптимізації.

Зменшення кількості користувачів, які вибирають традиційні маршрути:

$U_{traditional} - U_{optimized} \geq$ Певний поріг або відсоток.

Тут ми хочемо зменшити кількість користувачів, які вибирають традиційні маршрути порівняно із стандартними алгоритмами, і це може бути виражено як нерівність.

Конкретний вигляд функції складності маршруту $C(x)$ та параметрів оптимізації буде залежати від конкретного контексту та умов пандемії.

Нехай функція складності маршруту $C(x)$ має вигляд:

$$C(x) = \alpha \cdot \text{Відстань}(x) + \beta \cdot \text{Кількість Пандемійних Зон}(x)$$

Тут:

α та β – вагові коефіцієнти, які визначають важливість відстані та кількості пандемійних зон відповідно.

Відстань (x) – функція, яка оцінює загальну відстань маршруту x .

Кількість Пандемійних Зон (x) – функція, яка підраховує кількість пандемійних зон на маршруті.

Ідея оптимізації полягає в мінімізації цієї функції з урахуванням обмежень на кількість користувачів, які вибирають традиційні маршрути.

Для прикладу визначимо, що ми хочемо оптимізувати маршрут, мінімізуючи його складність (див. додаток К), яка залежить від відстані та кількості інфікованих мешканців у певних населених пунктах. Ми можемо використовувати лінійну комбінацію цих двох параметрів з ваговими коефіцієнтами:

$$\text{Складність маршруту} = \alpha \cdot \text{Відстань} + \beta \cdot \text{Кількість інфікованих},$$

де α і β – це вагові коефіцієнти, які визначають важливість відстані і кількості інфікованих відносно один одного.

Припустимо, що $\alpha=1$ і $\beta=2$ (це означає, що ми вважаємо кількість інфікованих більш важливою за відстань) і позначимо відстань як 20 км і кількість інфікованих як 2 села. Підставимо ці значення у формулу:

$$\text{Складність маршруту} = 1 \cdot 20 + 2 \cdot 2 = 20 + 4 = 24.$$

Отже, за цим прикладом складність маршруту дорівнює 24.

Це лише один із можливих способів формування коефіцієнтів. Вибір вагових коефіцієнтів залежить від конкретних обставин і цільових вимог.

4.7. Експериментальна верифікація моделі вибору класів інформаційних технологій для вирішення задач туристичної галузі «Розумного регіону Закарпаття»

Для перевірки адекватності запропонованого методу аналізу ієрархій та експертного оцінювання для вибору класів інформаційних технологій порівняємо результати з тестовими нормативними підходами, а саме: M_1 – методом VIKOR [171], M_2 – методом TOPSIS [171] та M_3 – ELECTRE [172]. Метод аналізу ієрархій будемо позначати – M_4 .

Розглянемо розв'язання задач наведеними нормативними методами.

M_1 – метод VIKOR [171]. Нехай a_1, a_2, \dots, a_m множина альтернатив, c_1, c_2, \dots, c_n – множина критеріїв. x_{ij} – i -й критерій для альтернативи $a_j, j = 1, 2, \dots, m; i = 1, 2, \dots, n$. Кожен критерій оцінений експертом за допомогою оцінки важливості критеріїв $w_i, i = 1, 2, \dots, n$. Серед множини альтернатив потрібно вибрати оптимальну для прийняття рішень.

Всі критерії ефективності визначаються і оцінюються експертами, тому вони несуть у собі певний суб'єктивізм, невизначеність даних та інформації, і необхідність об'єднання кількісної та якісної інформації. Також ми не можемо впевнено сказати, що той чи інший критерій має чітко дорівнювати

фіксованому значенню. В результаті цього, доцільно використовувати математичний апарат для формалізації якісної інформації.

Надалі будемо вважати, що оцінки альтернатив по критеріям нормовані та задані функціями $\mu(x_{ij}), i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}$.

Нормовані значення коефіцієнтів вагомості обчислюємо наступним чином:

$$\mu(w_i) = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^n w_i}, i = \overline{1, n}.$$

Представимо модель визначення оптимального альтернативного рішення по методу «VIKOR».

1. Визначимо найкращі $x_i^* = \max_j \mu(x_{ij})$ і найгірші $x_i^- = \min_j \mu(x_{ij})$ оцінки по всім критеріям $i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}$.

2. Обчислимо значення величин S_j і R_j $j = 1, 2, \dots, m$ за наступними співвідношеннями:

$$S_j = \sum_{i=1}^n \frac{\mu(w_i)(x_i^* - \mu(x_{ij}))}{(x_i^* - x_i^-)},$$

$$R_j = \max_i \left\{ \frac{\mu(w_i) \cdot (x_i^* - \mu(x_{ij}))}{x_i^* - x_i^-} \right\}, j = 1, 2, \dots, m.$$

3. Знаходимо мінімальні і максимальні значення серед обчислених величин:

$$S^* = \min_j S_j, S^- = \max_j S_j, R^* = \min_j R_j, R^- = \max_j R_j.$$

4. Обчислюємо значення $Q_j, j = 1, 2, \dots, m$ за співвідношенням:

$$Q_j = \frac{v(S_j - S^*)}{S^- - S^*} + \frac{(1-v)(R_j - R^*)}{R^- - R^*}.$$

v вводиться як вага стратегії ("максимальна корисність групи"), наприклад $v = 0,5$.

5. Позиція альтернативи, сортування за значеннями S , R , Q і в порядку спадання. Результатом є три списки рейтингів. Пропонується в якості компромісного рішення вибрати альтернативу, яка є мінімальна у мірі Q .

M_2 – методом TOPSIS [171].

Розглянемо ще один метод, за яким можемо знайти розв'язок поставленої задачі.

Техніка для замовлення преференцій за подібністю до ідеального рішення (TOPSIS). Даний метод був запропонований Хван і Юн (1981) [171]. Основна ідея прийшла з концепції компромісного рішення, щоб вибрати кращу альтернативу, найближчу до позитивного, ідеального рішення (оптимального рішення). Далі вибрати кращу альтернативу із ранжувального ряду, оцінка якої більша.

Юн і Хван та ін. розробили метод «TOPSIS» (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) [171], який використовує інтуїтивний принцип вирішити проблеми. За методом «TOPSIS», обрана альтернатива повинна бути та, котра розташована ближче всього до ідеальної альтернативи і віддалена від негативних ідеальних варіантів. Розглянемо метод «TOPSIS», модифікуючи його і в результаті нормованих оцінок будемо використовувати їх функції належності. Тобто входні дані маємо нормовані. Для отримання вихідної оцінки необхідно наступне.

1. Визначимо найкращі $x_i^* = \max_j \mu(x_{ij})$ і найгірші $x_i^- = \min_j \mu(x_{ij})$ оцінки по всім критеріям $i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}$.

2. Побудуємо матрицю R , яка будується за наступним правилом:

$$R = [r_{ij}] = \frac{\mu(x_{ij}) - x_i^*}{x_i^* - x_i^-}, i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}.$$

3. Далі переходимо до матриці V перемножуючи елементи матриці R на нормовані ваги:

$$V = [v_{ij}] = [\mu(w_i) \cdot r_{ij}], i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}.$$

4. Далі, обчислимо значення величин S_j^*, S_j^- $j = 1, 2, \dots, m$ за наступними співвідношеннями:

$$S_j^* = \sqrt{\sum_{i=1}^n (v_{ij} - v_i^*)^2};$$

$$S_j^- = \sqrt{\sum_{i=1}^n (v_{ij} - v_i^-)^2}; i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}.$$

Де, $v_i^* = \max_j v_{ij}; v_i^- = \min_j v_{ij}; i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}.$

5. Обчислюємо значення $Z_j, j = 1, 2, \dots, m$ співвідношенням:

$$Z_j = \frac{S_j^-}{S_j^* + S_j^-}, j = \overline{1, m}.$$

Чим більше значення $Z_j, j = 1, 2, \dots, m$ тим буде краща j -та альтернатива.

M_3 – ELECTRE [172]. Модель ELECTRE була вперше розроблена Роем (1968) для пошуку ядра рішення в ситуації, коли дано, що існують справжні критерії та обмежені відносини випередження. Тобто, ELECTRE не може отримати рейтинг альтернатив, але ядро встановлює. В ELECTRE два індекси називаються індексом конкордації та індексом дискордації, індекси використовуються для вимірювання зв'язків між об'єктами. Для індексу конкордації $C(a, b)$ вимірюється, наскільки a є принаймні таким же хорошим, як b . З іншого боку, індекс розбіжності $D(a, b)$ вимірює ступінь переваги b перед a . Індекс конкордації та індекс дисконкордації в ELECTRE можна визначити за допомогою формули:

$$C(a, b) = \frac{\sum_{i \in Q(a, b)} W_i}{\sum_{i=1}^m W_i}$$

та

$$D(a, b) = \frac{\max_{i \in R(a, b)} [W_i (g_i(b) - g_i(a))]}{\max_{c, d \in A} [W_i (g_i(b) - g_i(a))]}$$

Де $C(a,b)$ та $D(a,b) \in [0,1]$, $g_i(k)$ позначають кращі оцінки j -го атрибута для k -ої альтернативи $Q(a, b)$ позначає набір критеріїв, за якими a дорівнює або є кращим за b , $R(a,b)$ є набором критеріїв, за якими b є суворо кращим за a , і A позначає множину всіх альтернатив.

Для порівняння альтернатив a і b ми можемо визначити зв'язок між a і b за такими правилами:

Якщо $C(a,b) > C^*$ та $D(a,b) < D^*$ тоді a перевершує b , інакше a не випереджає b .

Якщо $C(a,b) > C^*$ та $D(a,b) > D^*$ тоді b перевершує a , інакше b не випереджає a .

Верифікацію проведеного дослідження здійснимо на прикладі виборі множини альтернатив $A = \{A_1; A_2; \dots; A_5\}$ реалізацій хмарних технологій для вирішення задач туристичної галузі «Розумного» регіону, а саме при розробленні рекомендаційної системи обрання безпечних маршрутів в умовах пандемії. До вибраних альтернатив відносяться наступні хмарні системи бронювання готелів: A_1 – Amazon Web Services; A_2 – Microsoft Azure; A_3 – Google Cloud Platform.

Оцінювання базується на реальних відгуках 37 експертів $E = \{e_1; e_2; \dots; e_{37}\}$, що підтверджується актом отримання таких даних (див. додаток Б). Шляхом проведення анкетного опитування експертів, було сформовано масив даних, що представляє собою базу даних вибору класів інформаційних технологій. Експертам було надано вибраний набір хмарних технологій, як один із компонентів задачі туристичної галузі «Розумного» регіону, на основі нормативних підходів та запропонованого методу аналізу ієрархій.

Для верифікації моделі пропонується наступний підхід. Експерти будуть давати свої міркування стосовно того, чи вибрана альтернатива, на основі

нормативних методів та запропонованого методу у роботі, буде їх влаштовувати. При цьому, тут потрібно розуміти, що кожен із експертів дає свої пріоритети та важливості для критеріїв оцінювання по моделях багатокритеріального оцінювання $M_1; M_2; M_3; M_4$. В результаті отримується різна комбінація альтернативних рішень для різних експертів.

Висновки експертів будуть формалізовані за допомогою терм-множини лінгвістичних змінних: $L = \{l_1; l_2\}$. Де: l_1 – вибрана оптимальна технологія – влаштовує експерта; l_2 – вибрана оптимальна технологія – не влаштовує експерта. Також, для підвищення якості оцінювання, пропонується експерту ставити кількісне число «достовірності» $\varepsilon(L)$ своїх міркувань, з інтервалу $[0; 1]$. Достовірність експерта у присвоєнні лінгвістичної оцінки має наступний зміст: 0 якщо вибрана оптимальна технологія абсолютно не влаштовує експерта; 1 – навпаки, максимально влаштовує експерта. Тоді, вводиться функція експертного оцінювання, що вказує на ефективність вибору технологій, наступним чином:

$$\Theta = \begin{cases} l_2, & 0 \leq \varepsilon(L) \leq 0,5; \\ l_1, & 0,5 < \varepsilon(L) \leq 1. \end{cases}$$

Були проведені порівняльні експериментальні дослідження на вибірці із 5-ти альтернатив та залученням 37 експертів. За порівняльний критерій було обрано – «вибрана технологія влаштовує експерта».

На основі даної вибірки перевірено правильність результатів оцінювання за нормативними багатокритеріальними підходами та запропонованими, на основі отриманої ефективності «достовірності» $\varepsilon(L)$. Результати експертного оцінювання наводяться у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

Результати експертного оцінювання

Експерти	Нормативні методи			Запропонований метод
	M_1	M_2	M_3	M_4
e_1	0,8	0,7	0,8	0,8
e_2	0,6	0,4	0,6	0,9
e_3	0,9	0,7	1	1
e_4	0,7	0,7	1	0,9
e_5	0,9	0,9	0,7	0,9
e_6	0,7	0,9	0,9	0,8
e_7	0,9	1	0,7	1
e_8	0,5	0,7	0,9	0,8
e_9	0,9	0,7	1	1
e_{10}	0,9	0,5	1	0,9
e_{11}	1	0,9	0,9	0,8
e_{12}	0,7	0,8	0,8	0,9
e_{13}	0,5	0,8	0,8	1
e_{14}	0,8	0,7	0,7	0,9
e_{15}	0,7	0,8	0,5	0,8
e_{16}	0,8	0,9	0,8	0,9
e_{17}	0,7	0,8	0,7	1
e_{18}	0,8	0,9	1	0,9
e_{19}	0,7	1	0,7	0,9
e_{20}	1	0,7	0,9	1
e_{21}	0,7	0,5	1	0,9
e_{22}	1	0,9	0,9	0,4
e_{23}	0,9	1	0,8	1

e_{24}	1	0,7	0,8	0,8
e_{25}	1	0,9	0,9	1
e_{26}	0,8	0,7	1	0,7
e_{27}	1	0,9	1	1
e_{28}	0,8	0,9	0,4	0,7
e_{29}	0,5	0,8	0,7	0,6
e_{30}	0,7	0,5	1	0,9
e_{31}	1	0,9	1	0,9
e_{32}	0,7	0,4	0,7	0,9
e_{33}	1	0,9	0,8	1
e_{34}	0,5	0,8	1	0,9
e_{35}	0,7	0,7	0,8	0,9
e_{36}	0,8	1	1	0,9
e_{37}	0,7	0,8	0,7	1

Як видно з таблиці, якщо вибрана оптимальна технологія не влаштовує експерта, тоді отримані оцінки виділені кольором (помаранчевим). Зауважимо, що якщо оцінки експертів однакові для різних методів, тоді отримані альтернативи також співпадають.

Аналізуючи отримані дані від 37 експертів, видно, що вибрана технологія не влаштовує: 4 експертів за методом M_1 ; 5 експертів за методом M_2 ; 2 експертів за методом M_3 ; 1 експерта за методом M_4 .

Загальна точність прийняття рішень для вибору технології щодо того, чи влаштовує експертів по нормативних методах та запропонованому методі наведена у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3

Загальна точність результатів оцінювання

	Нормативні методи			Запропонований метод
	M_1	M_2	M_3	M_4
Загальна точність прийняття рішень	0,7919	0,7784	0,8351	0,8811

Незважаючи на незначні розбіжності в оцінці класів інформаційних технологій за нормативними методами, результати є ідентичними. Отже, це свідчить про адекватність методу аналізу ієрархій та експертного оцінювання, для вибору класів інформаційних технологій щодо вирішення задач туристичної галузі «Розумного» регіону. При цьому, на відміну від нормативних, метод аналізу ієрархій здатний працювати зі складними багатокритеріальними проблемами та враховувати краще експертні оцінки. Як видно, середня точність щодо задоволення експертів у виборі класів інформаційних технологій виявилась вищою: на 8,92% в порівнянні з методом M_1 ; на 10,27% в порівнянні з методом M_2 ; на 4,59% в порівнянні з методом M_3 .

Якщо рахувати середню арифметичну точність оцінювання нормативних методів тоді маємо наступне: $(0,7919+0,7784+0,8351)/3=0,8$.

Бачимо, що задоволення експертів у виборі класів інформаційних технологій за методом аналізу ієрархій виявилась вищою на 8% у порівнянні з середнім результатом вибраних нормативних методів багатокритеріального оцінювання.

Висновки до 4 розділу

Рекомендаційна система може бути окремим сумісним модулем інформаційно-технологічної платформи, а також була доступною для подальшого впровадження на будь-якій платформі.

Функціонал розробленої рекомендаційної системи передбачає генерування рекомендацій щодо обрання класів інформаційних технологій на першій ітерації та їх реалізацій на другій ітерації. Алгоритм роботи рекомендаційної системи ґрунтується на використанні методу аналізу ієрархій та візуалізації результатів.

Апробацію рекомендацій, згенерованих системою зроблено з використанням підходу біматричної гри з використанням алгоритму, який базується на розв'язанні двох окремих матричних ігор та А/В тестування.

Верифікація здійснена на реальних відгуках від 37 експертів, з обчисленням побудованої функції експертного оцінювання, що вказує на ефективність вибору технологій. Середня точність щодо задоволення експертів у виборі класів інформаційних технологій за методом аналізу ієрархій виявилась вищою на 8% у порівнянні з вибраними нормативними методами багатокритеріального оцінювання.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі на основі проведених досліджень вирішено актуальне наукове завдання – розроблено нові та удосконалено існуючі методи і засоби виконання процедур вибору класів інформаційних технологій для побудови інформаційно-технологічної платформи розумного регіону та його туристичної галузі. При цьому отримано такі основні результати:

1. Проведено аналіз основних підходів до реалізації проектів «Розумний регіон» та умов побудови інформаційно-технологічних платформ, визначено основні підходи до формування концептів «розумний регіон» та «інформаційно-технологічна платформа», проаналізовано методи, що використовуються у рекомендаційних системах для генерації рекомендацій, визначено їх особливості, що дало змогу сформулювати задачі дисертаційного дослідження.

2. Запропоновано формулювання концепту «розумний регіон» та аналіз вимог до проекту його реалізації у Закарпатті, що забезпечує засади розроблення дорожньої карти трансформації транскордонних територій у «розумний» анклав, пріоритетним завданням якої є створення інформаційно-технологічної платформи.

3. Удосконалено концептуальну модель інформаційно-технологічної платформи туристичної галузі, яка включає множину класів інформаційних технологій, середовище, множину інформаційних ресурсів, технології управління, функціональність, подану як сукупність агентів, що розташовані на інформаційно-технологічній платформі, що на відміну від існуючих забезпечує системний підхід до її побудови

4. Створено модель взаємодії елементів інформаційно-технологічної платформи туристичної галузі з використанням ансамблю методів, що

дозволяє формувати її функціональні можливості в залежності від задач, які необхідно вирішувати.

5. Розроблено модель вибору класу сучасних інформаційних технологій з урахуванням їх варіабельності, яка на відміну від існуючих підходів, використовує методи експертного оцінювання та аналізу ієрархій, що дозволяє зменшити час на процедуру їх обрання в процесі розроблення інформаційних систем.

6. Розроблено модель формування туристичних маршрутів в умовах карантину, що дозволяє побудувати безпечні маршрути, які прокладаються з врахуванням мінімізації комунікації.

7. Обґрунтовано доцільність використання широкосмугових ортогональних кодувальних технологій на основі досконалих двійкових масивів при експлуатації розробленої рекомендаційної системи, що на відміну від існуючих підходів, сприятиме підвищенню рівня захисту інформації в системі.

8. Виконано експериментальну верифікацію розробленої моделі для вибору класів інформаційних технологій для вирішення задач туристичної галузі «Розумного регіону Закарпаття». Перевірено порівняння влаштування експерта щодо результатів вибору класів інформаційних технологій запропонованим методом аналізу ієрархій та нормативними методами багатокритеріального вибору. Верифікація здійснена на реальних відгуках від 37 експертів, з обчисленням побудованої функції експертного оцінювання, що вказує на ефективність вибору технологій. Середня точність щодо задоволення експертів у виборі класів інформаційних технологій за методом аналізу ієрархій виявилась вищою на 8% у порівнянні з вибраними нормативними методами багатокритеріального оцінювання. При цьому, на відміну від нормативних, метод аналізу ієрархій здатний працювати зі складними багатокритеріальними проблемами та враховувати краще експертні оцінки. Достовірність наукових результатів забезпечується

коректним використанням методу аналізу ієрархій, що підтверджується результатом експериментальних досліджень та практичних впроваджень.

9. Розроблено архітектуру рекомендаційної системи для реалізації процесу вибору класу інформаційних технологій із використанням розробленої інформаційної технології, що сприяє автоматизації цієї процедури.

10. Результати дисертаційної роботи використано для розширення можливостей використання вже існуючих технологій та сервісів, які на базовому рівні сприятимуть покращенню галузі туризму та дозволять Синевирській ОТГ розвиватись в напрямку smart-технологій при розробленні комплексів організаційних, технічних, методичних трансформацій та впроваджено у навчальний процес факультету інформаційних технологій ДВНЗ «Ужгородський національний університет» для формування змісту навчальних курсів щодо формування інформаційно-технологічних платформ та рекомендаційних систем для студентів спеціальностей ІТ галузі, підходи до обрання класів інформаційних технологій для розроблення інформаційних систем та формуванні інформаційно-технологічних платформ використано у роботі Науково-дослідної лабораторії «Розумне місто Тернопіль» Тернопільського національного університету ім. Івана Пулюя, а також в навчальний процес Карпатського університету імені Августина Волошина, що підтверджено відповідними актами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Cohen B. The Top 10 Smart Cities On The Planet. Fastcompany. [Електронний ресурс] URL: <https://www.fastcompany.com/90186037/the-top-10-smart-cities-on-the-planet> Cohen, B. The Top 10 Smart Cities On The Planet. *Fastcompany*. URL: <https://www.fastcompany.com/90186037/the-top-10-smart-cities-on-the-planet>
2. Kourtit K., Nijkamp P. Smart cities in the innovation age. *Innovation: The European Journal of Social Science Research*. 2012. Vol. 25, no. 2. P. 93–95. DOI:10.1080/13511610.2012.660331 Kourtit K., Nijkamp P. Smart cities in the innovation age. *Innovation: The European Journal of Social Science Research*. 2012. Vol. 25, no. 2. P. 93–95. DOI:10.1080/13511610.2012.660331
3. Giffinger R. end and Smart cities - Ranking of European medium-sized cities. Vienna, 2007. 29 p.
4. Cavada Marianna, Hunt Dexter and Rogers Chris. The Little Book of smart cities. Lancaster, 2017. 33 p.
5. Angelidou, M, Politis, C, Psarra, F, Trendafilis, K., Fellnhofner, K., Bakratsas, T., Panori, A., and Buongiovanni, C. Deliverable 2.1: Report on the identification of emerging territorial trends, drivers & potential impacts. RRI2SCALE project (G.A. No 8725260). Horizon 2020. European Union. [Електронний ресурс] URL: <https://rri2scale.eu/wp-content/uploads/2022/01/D2.1-Report-on-the-identification-of-emerging-territorial-trends-drivers-potential-impacts.pdf>
6. RSPB. Recovering together [Accessed 9 April 2021] [Електронний ресурс] URL: <https://www.rspb.org.uk/about-the-rspb/about-us/media-centre/press-releases/nature-and-a-green-recovery-from-covid-19/>
7. Chengming Li, Zhaoxin Dai, Xiaoli Liu, Wei Sun Evaluation System: Evaluation of Smart City Shareable Framework and Its Applications in China. *Sustainability*. 2020. Vol. 12, no. 7. P. 29–57. doi.org/10.3390/su12072957

8. Giffinger, R., Fertner, C., Kramar, H., & Meijers, E. (2007). Smart Cities Ranking of European Medium-Sized Cities (p. 11). Vienna, UT: Centre of Regional Science. [Електронний ресурс] URL: http://www.smart-cities.eu/download/city_ranking_final.pdf
9. Berrone, P. and Ricard, J.E. (2020). IESE Cities in Motion Index – CIMI 2020. IESE Business School. Available online www.iese.edu/cim
10. Rochette, Corinne & Lebrument, Norbert & Zumbo-lebrument, Cedrine. (2021). L'acceptation des applications mobiles de MaaS : une application de l'UTAUT2 au contexte des villes intelligentes françaises. *Systèmes d'Information et Management*. 26. pp. 19-54. 10.3917/sim.214.0019.
11. Fautrero, Valérie & Orillard, Florence & Puel, Gilles. (2021). Les Urban Living Labs, une plateformes des villes intelligentes comme leviers d'expérimentations d'innovations ouvertes. *Systèmes d'Information et Management*. 26. 89-115. 10.3917/sim.214.0089.
12. Information technologies, knowledge and innovation in smart cities: current and future trends for management research Amel Attour, Carine Dominguez-Péry, Ygal Bendavid ESKA | «Systèmes d'information & management » 2021/4 Volume 26 | pages 3 à 18
13. Чукут С. А., Дмитренко В. І. Смарт-сіті чи електронне місто: сучасні підходи до розуміння впровадження е-урядування на місто: сучасні підходи до розуміння впровадження е-урядування на місцевому рівні. *Інвестиції: практика та досвід*. 2016. № 13. С. 89-93
14. Жукович І. А. Smart-місто як новий об'єкт статистичних досліджень: визначення терміна. *Статистика України*. 2015. № 1. С. 18-22.
15. Луніна В. Ю. Теоретичні підходи до визначення поняття місто та його типології стосовно України. *Прометей*. 2013. Вип.1. С. 68 – 74.
16. Позднякова А.М. Впровадження концепції розумних сталих міст в Україні: особливості та рекомендації *Розвиток продуктивних сил і*

регіональна економіка. 2019. Вип. 2(70). С. 49-57
<https://doi.org/10.32782/2520-2200/2019-2-33>.

17. Scenic Rim Smart Region Strategy – Scenic Rim Regional Council. Scenic Rim Regional Council. URL: <https://www.scenicrim.qld.gov.au/scenic-rim-smart-region-strategy> (date of access: 31.01.2023)

18. Smart City + Smart Countryside = Smart Region. Helsinki Smart. URL: <https://helsinki-smart.fi/> (date of access: 31.01.2023).

19. Vladova G., Knieling J. “Smart Region” governance for innovation. Rural-Urban Linkages for Sustainable Development. Routledge, 2020. P

20. Corinna Morandi, Andrea Rolando, Stefano Di Vita. From Smart City to Smart Region. Digital Services for an Internet of Places. California, 2015. 103p.

21. Головне управління статистики у Закарпатській області. Статистична інформація. URL: <http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/statinfo.html> (дата звернення: 31.01.2023). Main Department of Statistics in Zakarpattia Oblast. URL: Режим доступу: <http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/statinfo.html>

22. Підвисоцький Валентин, Ткачук Роман. Формування та впровадження програм підвищення конкурентоспроможності територій : метод. матеріали. К. : Леста, 2010. 64 с.

23. Yavorska, V., Nevko, I., Sych, V., Potapchuk, O., & Kolomiyets, K. (2019). Features of application of information technologies in modern tourism. Journal of Geology, Geography and Geoecology, 28(3), 591-599. <https://doi.org/https://doi.org/10.15421/111956>

24. Herman van den Bosch. 22. Two '100 smart city missions'- Twice an ill-advised leap forward. Amsterdam Smart City. URL: <https://amsterdamsmartcity.com/updates/news/22-two-100-smart-city-missions-twice-an-ill-advised-leap-forward> (date of access: 31.01.2023).

25. Lorimer Stephen Chief Digital Officer for London. How our plans for Smart London compare to other world cities. Medium. URL: <https://chiefdigitalofficer4london.medium.com/the-vision-for-smart-london-and-how-it-compares-to-other-world-cities-8c5bbde903b5> (date of access: 31.01.2023).
26. Sivanathan et al., Characterizing and classifying IoT traffic in smart cities and campuses, 2017 IEEE Conference on Computer Communications Workshops (INFOCOM WKSHPS), Atlanta, GA, USA, 2017, pp. 559-564, doi: 10.1109/INFCOMW.2017.8116438.
27. Sun, H. & Wang, C. & Ahmad, B.I. (2017). From Internet of Things to Smart Cities: Enabling Technologies. DOI: 10.1201/b20595.
28. Linda Low. Abu Dhabi's Vision 2030: An Ongoing Journey of Economic Development. London, 2012. 100 p. DOI: <https://doi.org/10.1142/8379>.
29. Scenic Rim Smart Region Strategy – Scenic Rim Regional Council. *Scenic Rim Regional Council*. URL: <https://www.scenicrim.qld.gov.au/scenic-rim-smart-region-strategy> (date of access: 31.01.2023).
30. Fichman, R. G. (2004). "Real Options and IT Platform Adoption: Implications for Theory and Practice," *Information Systems Research* (15:2), pp. 132-154.
31. Eisenmann, T., Parker, G., and Van Alstyne, M. (2011). "Platform Envelopment," *Strategic Management Journal* (32:12), pp. 1270-1285.
32. Cusumano, M. A. (2010). «The evolution of platform thinking. *Communications of the ACM*», 53(1), 32.
33. Cusumano, M. A., & Gawer, A. (2002). The elements of platform leadership. *MIT Sloan Management Review*, 43(3), 51-58.
34. Llewellyn D W Thomas, Erkkö Autio, David Michael Gann (2014). Architectural Leverage: Putting Platforms in Context. *Academy of Management Perspectives*, 28(2), 198-219. DOI: 10.5465/amp.2011.0105.

35. Robinson, D., Rip, A., & Mangematin, V. (2007). Technological agglomeration and the emergence of clusters and networks in nanotechnology. *Research Policy*, 36, 871-879.
36. Kuhn, T. S. (1962). *The Structure Of Scientific Revolutions* (3rd Revised ed.). Chicago, IL: University of Chicago Press.
37. Kim, B. (2003). Managing the transition of technology life cycle. *Technovation*, 23, 371-381.
38. Wheelwright, S. C., & Clark, K. B. (1992). Creating project plans to focus product development. *Harvard Business Review*, 70, 70-82.
39. Бутенко Т. А., Сирий В. М. (2020) Інформаційні системи та технології : навчальний посібник. Харків: ХНАУ ім. В.В. Докучаєва. 207 с
40. Нікольський Ю.М., Пасічник В.В., Щербина Ю.М. Системи штучного інтелекту. Львів: Магнолія -2006, 2015. 279 с.
41. Pazzani, M.J., Billsus, D. (2007). Content-Based Recommendation Systems. In: Brusilovsky, P., Kobsa, A., Nejdl, W. (eds) *The Adaptive Web. Lecture Notes in Computer Science*, vol 4321. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-72079-9_10.
42. Gawer, A. (2009). Platform dynamics and strategies: From products to services. In A. Gawer (Ed.), *Platforms, Markets And Innovation*: 45-76. Cheltenham, UK: Edward Elgar.
43. Hagiу, A., & Yoffie, D. B. (2009). What's Your Google Strategy? *Harvard Business Review*, 87, 74-81.
44. Iyer, B., & Davenport, T. H. (2008). Reverse engineering Google's innovation machine. *Harvard Business Review*, 86(4), 58-68.
45. Teece, D. J., Pisano, G. P., & Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*, 18, 509-533.
46. Llewellyn, T. W. (2004). Product platform design and customization: Status and promise. *AI EDAM*, 18, 3-20.

47. Yuanzhe Peng A Survey on Modern Recommendation System based on Big Data arXiv:2206.02631v1 <https://arxiv.org/abs/2206.02631v1>
48. Кулик Ю.І. (2021) Використання інформаційних технологій у сфері туризму. Актуальні задачі сучасних технологій: Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів, Тернопіль 24-25 листопада 2021 року. Тернопіль.-С.91-92.
49. Рудківський О.А., Рудківська А.Ю. (2018) Інформаційні системи управління туристичними підприємствами та креативний підхід. Економіка та управління підприємством. Випуск 17.-С.347-353
50. Козловський, Ю. (2020). Основні сфери застосування інформаційних систем і технологій у туризмі. Вісник Київського національного університету культури і мистецтв. Серія: Туризм, 3(1), 128–136. <https://doi.org/10.31866/2616-7603.3.1.2020.207516>
51. Мельниченко С. В. (2010) Інформаційні технології в туризмі: теоретичні та практичні аспекти Вісник Запорізького національного університету №2(6).С.129-138.
52. Evans, David S. (2009). "The Online Advertising Industry: Economics, Evolution, and Privacy." *Journal of Economic Perspectives*, 23(3), 37-60.
53. Ciborra, C. U. (1996). "The platform organization: Recombining strategies, structures, and surprises." *Organization Science*, 7, 103-118.
54. Garud, R., Kumaraswamy, A., & Sambamurthy, V. (2006). "Emergent by design: Performance and transformation at Infosys Technologies." *Organization Science*, 17, 277-286.
55. Winter, S. G. (2003). "Understanding dynamic capabilities." *Strategic Management Journal*, 24(10), 991-995.
56. Labunska S., Zyma O., Sushchenko S. (2022) The use of information systems as a way to ensure interaction between small and big tourism enterprises

Science, Business, Innovation in Digital Economy., №3(1),pp. 16-28,
[https://doi.org/10.46656/access.2022.3.1\(2\)](https://doi.org/10.46656/access.2022.3.1(2))

57. Halkiopoulos, Constantinos and Antonopoulou, Hera and Papadopoulos, Dimitrios and Giannoukou, Ioanna and Gkintoni, Evgenia (2020) Online Reservation Systems in E-Business: Analyzing Decision Making in E-Tourism (January 30, 2020). Journal of Tourism, Heritage & Services Marketing (JTHSM) , Vol. 6, No. 1, pp. 9-16, DOI: 10.5281/zenodo.3603312, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3747958>.

58. Wheelwright, S. C., & Clark, K. B. 1992. Creating project plans to focus product development. Harvard Business Review, 70: 70-82

59. O'Connor Peter (2001) Electronic information distribution in tourism and hospitality, Tourism Management Vol.22. pp.203-212.

60. McGrath, M. E. (1995). "Product Strategy for High Technology Companies." Homewood, IL: Irwin. How to Achieve Growth, Competitive Advantage, and Increased Profits, McGrawHill, USA

61. Meyer, M. H., & DeTore, A. (2001). "Perspective: creating a platform-based approach for developing new services." Journal of Product Innovation Management, 18, 188-204.

62. Muffatto, M., & Roveda, M. (2002). "Product architecture and platforms: a conceptual framework." International Journal of Technology Management, 24, 1-16.

63. Meyer, M. H. (1999). "The strategic integration of markets and competencies." International Journal of Technology Management, 17, 677.

64. Tatikonda, M. V. (1999). "An empirical study of platform and derivative product development projects." Journal of Product Innovation Management, 16, 3-26.

65. Halman, J., Hofer, A., & Vuuren, W. (2003). "Platform-Driven Development of Product Families: linking theory with practice." *Journal of Product Innovation Management*, 20, 27-47.
66. Robertson, D., & Ulrich, K. (1998). "Planning for product platforms." *MIT Sloan Management Review*, 39, 19-32.
67. Sawhney, M. S. (1998). "Leveraged high-variety strategies: From portfolio thinking to platform thinking." *Journal of the Academy of Marketing Science*, 26, 54-61.
68. Iyer, B., & Davenport, T. H. 2008. Reverse engineering Google's innovation machine. *Harvard Business Review*, 86(4): 58-68
69. Meyer, M. H., & Lehnerd, A. P. (1997). "The power of product platforms: building value and cost leadership." Free Press.
70. Barney, J. B. (1991). "Firm resources and sustained competitive advantage." *Journal of Management*, 17(1), 99-120
71. Winter, S. G. 2003. Understanding dynamic capabilities. *Strategic Management Journal*, 24(10): 991-995
72. Gawer, A., & Cusumano, M. A. 2008. How companies become platform leaders. *MIT Sloan Management Review*, 49(2): 28
73. Bresnahan, T. F., & Greenstein, S. (1999). "Technological competition and the structure of the computer industry." *Journal of Industrial Economics*, 47, 1-40.
74. Gawer, A., & Cusumano, M. A. (2002). "Platform leadership: How Intel, Microsoft, and Cisco drive industry innovation." Boston, MA: Harvard Business School Press.
75. Morris, C. R., & Ferguson, C. H. (1993). "How architecture wins technology wars." *Harvard Business Review*, 71, 86-96.
76. Baldwin, C. Y., & Clark, K. B. (2000). "Design Rules: The Power Of Modularity Volume 1." Cambridge, MA, USA: MIT Press.

77. Porter, M. E. (1985). "Competitive advantage: creating and sustaining superior performance." New York: Free Press.
78. Farrell, J., Monroe, H. K., & Saloner, G. (1998). "The vertical organization of industry: Systems competition versus component competition." *Journal of Economics & Management Strategy*, 7, 143-182.
79. Katz, M. L., & Shapiro, C. (1994). "Systems competition and network effects." *Journal of Economic Perspectives*, 8, 93-115.
80. Teece, D. J. (1986). "Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing." *Research Policy*, 15(6), 285-305.
81. Shapiro, C., & Varian, H. R. (1999). "Information rules: a strategic guide to the network economy." Harvard Business School Press.
82. Katz, M. L., & Shapiro, C. (1985). "Network externalities, competition, and compatibility." *The American Economic Review*, 75(3), 424-440.
83. Katz, M. L., & Shapiro, C. (1986). "Technology adoption in the presence of network externalities." *Journal of Political Economy*, 94(4), 822-841.
84. Katz, M. L., & Shapiro, C. (1992). "Product Introduction with Network Externalities." *The Journal of Industrial Economics*, 40, 55.
85. Katz, M. L., & Shapiro, C. (1994). "Systems competition and network effects." *Journal of Economic Perspectives*, 8, 93-115.
86. Gawer, A., & Henderson, R. M. (2007). "Platform owner entry and innovation in complementary markets: Evidence from Intel." *Journal of Economics & Management Strategy*, 16(1), 1-34.
87. Li, Y.-R. (2009). "The technological roadmap of Cisco's business ecosystem." *Technovation*, 29(5), 379-386.
88. Garud, R., Jain, S., & Tuertscher, P. (2008). "Incomplete by design and designing for incompleteness." *Organization Studies*, 29(3), 351-371.

89. Baldwin, C. Y., & Clark, K. B. (2000). "Design Rules: The Power Of Modularity Volume 1." Cambridge, MA, USA: MIT Press.
90. Meyer, M. H., Tertzakian, P., & Utterback, J. M. (1997). "Metrics for managing research and development in the context of the product family." *Management Science*, 43, 88-111.
91. Nambisan, S., & Sawhney, M. S. (2011). "Orchestration processes in network-centric innovation: Evidence from the field." *Academy of Management Perspectives*, 25(3), 40-57.
92. Паулін О.М., Комлева Г.О., Улізко Г.В. (2020) Рекомендаційна система для допомоги у вивченні музичних творів Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки. Том 31 (70) № 5. С.94-99.
93. Ciborra, C. U. (1996). "The platform organization: Recombining strategies, structures, and surprises." *Organization Science*, 7, 103-118.
94. Kogut, B., & Kulatilaka, N. (1994). "Options thinking and platform investments: Investing in opportunity." *California Management Review*, 36, 52-71.
95. Kim, D. J., & Kogut, B. (1996). "Technological platforms and diversification." *Organization Science*, 7, 283-301.
96. Meyer, M. H., & Dalal, D. (2002). "Managing platform architectures and manufacturing processes for nonassembled products." *Journal of Product Innovation Management*, 19, 277-293.
97. Meyer, M. H., & Lehnerd, A. P. (1997). "The power of product platforms: building value and cost leadership." Free Press.
98. Nobeoka, K., & Cusumano, M. A. (1997). "Multiproject Strategy and Sales Growth: the Benefits of Rapid Design Transfer in New Product Development." *Strategic Management Journal*, 18, 169-186.
99. Tiwana, A. (2001). "The Essential Guide to Knowledge Management." Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

100. Thomas, L. D.W., Autio, E., and Gann, D. M. (2014). "Architectural Leverage: Putting Platforms in Context." *The Academy of Management Perspectives*, 28(2), 198-219.
101. Pease W. R., Rowe M., Cooper M. (2007) «Information and Communication Technologies in Support of the Tourism Industry». Hershey – London – Melbourne– Singapore: Idea Group Publishing, 376.
102. Ус С.А. (2014) Моделі й методи прийняття рішень: навч. посіб. / С.А. Ус, Л.С. Коряшкіна; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Д. : НГУ. – 300 с.
103. Hagiu, A. (2014). "Strategic Decisions for Multisided Platforms." *MIT Sloan Management Review*. DOI: <http://sloanreview.mit.edu/article/strategic-decisions-for-multisided-platforms/> retrieved 2 July 2015.
104. Banker, R. D., Hu, N., Pavlou, P. A., and Luftman, J. (2011). CIO Reporting Structure, Strategic Positioning, and Firm Performance. *MIS Quarterly*, 35(2), 487-504
105. Gawer, A. (2009). Platforms, Markets and Innovation: An Introduction. In Gawer, A. (Ed.), *Platforms, Markets and Innovation*. Cheltenham, UK and Northampton, MA, US: Edward Elgar, pp. 1-16.
106. Donders, K., Pauwels, C., and Loisen, J. (2014). "The Palgrave Handbook of European Media Policy." Palgrave Macmillan.
107. Meyer, M. H., & Seliger, R. (1998). "Product Platforms in Software Development." *MIT Sloan Management Review*, 61-74.
108. Tiwana, A. (2015). "Evolutionary Competition in Platform Ecosystems." *Information Systems Research*, 26(2), 266-281.
109. Tan, B., Lu, X., Pan, S. L., & Huang, L. (2015). "The Role of IS Capabilities in the Development of MultiSided Platforms: The Digital Ecosystem Strategy of Alibaba.com." *Journal of the Association for Information Systems*, 16(4), 248-280.

110. Basole, R. (2009). "Structural Analysis and Visualization of Ecosystems: A Study of Mobile Device Platforms." Proceedings of the 15th Conference on Information Systems, San Francisco, US.
111. Richardson, Sandra M.; Kettinger, William J.; Banks, Michael S.; and Quintana, Yuri (2014). "IT and Agility in the Social Enterprise: A Case Study of St Jude Children's Research Hospital's "Cure4Kids" IT-Platform for International Outreach." *Journal of the Association for Information Systems*, 15(1).
112. Rai, A., Patnayakuni, R., & Seth, N. (2006). "Firm Performance Impact of Digitally Enabled Supply Chain Integration Capabilities." *MIS Quarterly*, 30(2), 225-246.
113. Suddaby, R. (2010). "Editor's Comments: Construct Clarity in Theories of Management and Organization." *The Academy of Management Review*, 35(3), 346-357.
114. Sun, R., Gregor, S., & Keating, B. (2015). "Information technology platforms: Definition and research directions." *Australasian Conference on Information Systems (ACIS)*, 2-4 December, Adelaide.
115. Richardson, L. (2021). "Coordinating office space: Digital technologies and the platformization of work." *Environment and Planning D: Society and Space*, 39(2), 347–365. DOI: 10.1177/0263775820959677.
116. Bacharach, S. B. (1989). "Organizational Theories: Some Criteria for Education." *The Academy of Management Review*, 14(4), 495-515.
117. Fichman, R. G. (2004). "Real Options and IT Platform Adoption: Implications for Theory and Practice." *Information Systems Research*, 15(2), 132-154.
118. Tiwana, A. (2001). "The Essential Guide to Knowledge Management." Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

119. Ceccagnoli, M., Forman, C., Huang, P., & Wu, D. J. (2012). "Co-creation of Value in a Platform Ecosystem: The Case of Enterprise Software." *MIS Quarterly*, 36(1), 263-290.
120. Markus, M. L., & Loebbecke, C. (2013). "Commoditized Digital Processes and Business Community Platforms: New Opportunities and Challenges for Digital Business Strategies." *MIS Quarterly*, 37(2), 649-653.
121. Giessmann, A., & Stanoevska, K. (2012). "Platform as a Service – A Conjoint Study on Consumers' Preferences." *Proceedings of the 33rd International Conference on Information Systems, Orlando, US*.
122. Марушак Д. Р. Федоров Є. Є. (2022) Дослідження рекомендаційної системи для оренди серверів та доменів на основі контентної фільтрації. Комп'ютерні технології обробки даних : Матеріали 3 всеукраїнської наукової конференції, Вінниця, 8 грудня 2022 р, Вінниця. С. 197-201.
123. Gavalas, Damianos & Konstantopoulos, Charalampos & Mastakas, Konstantinos & Pantziou, Grammati. (2014). «Mobile Recommender Systems in Tourism». *Journal of Network and Computer Applications*. 39. 319–333. 10.1016/j.jnca.2013.04.006.
124. Горностаєв М. П. (2008) «Гібридні системи надання рекомендацій та їх реалізація для систем електронного навчання» *Проблеми програмування*, № 2-3: Спеціальний випуск. С.453-458.
125. Ouaknine A. (2018) «Review of Deep Learning Algorithms for Image Semantic Segmentation» *Medium*, Regime of access: https://medium.com/@arthur_ouaknine/review-of-deep-learning-algorithmsfor-image-semantic-segmentation-509a600f7b57/.
126. Негрей М.В., Гнот Т.В. (2017) «Компаративний аналіз ефективності рекомендаційних систем в маркетингу» *Вісник Хмельницького національного університету*, № 5. С.278-286.

127. Артеменко О.І., Кунанець Н.Е., Пасічник В.В., Савчук В.В. (2014) «Системні особливості сучасних інформаційних технологій у галузі туризму» Науковий вісник НЛТУ України, Вип. 25.9, С.268-277.

128. Шуаїбов О. К., Федорка П. П., Балог Ш. Ш. (2021). "Управління IoT за допомогою IOS девайсу." Національна безпека у фокусі викликів глобалізаційних процесів в економіці: матеріали XIV-ої Міжнародної наукової Інтернет-конференції (Ukraine-Croatia) / ВНЗ «Національна академія управління», Київ: НАУ, 2021, С. 71.

129. Федорка П.П., Клименко М.В., Матяшовська Б.О. "Використання технологій та методів big data в концепції розумного міста." Матеріали X-ої Міжнародної наукової Інтернет-конференції (Ukraine-Poland), 2021, с. 78.

130. Artemenko O., Pasichnyk V., Korz H., Fedorka P., Kis Y. "Using Big Data in E-tourism Mobile Recommender Systems: a Project Approach." Ukraine. Proceedings of the 1st International Workshop IT Project Management (ITPM 2020), 2020, Vol. 2565, pp. 194-204.

131. Pozdniakova A. M. (2019). "Впровадження концепції розумних сталих міст в Україні: особливості та рекомендації." Розвиток продуктивних сил і регіональна економіка, 2(70), 49–57.

132. RSPB. "Recovering together" [Accessed 9 April 2021]. Retrieved from: <https://www.rspb.org.uk/about-the-rspb/aboutus/media-centre/press-releases/nature-and-a-green-recovery-from-covid-19/>

133. Scenic Rim Smart Region Strategy – Scenic Rim Regional Council. Scenic Rim Regional Council. Retrieved from: <https://www.scenicrim.qld.gov.au/scenic-rim-smart-region-strategy>

134. Scott Morton, M. S. (1971). "Management Decision Systems: Computer-based Support for Decision Making." Boston: Harvard University, 216.

135. "Smart City + Smart Countryside = Smart Region." Helsinkismart. Retrieved from: <https://helsinkismart.fi>

136. Безвершенко Є.І., Клименко М.В., Федорка П.П., Мигович В. В. "Система підтримки прийняття рішень." Матеріали XIV-ої Міжнародної наукової Інтернет-конференції (Ukraine-Croatia) / ВНЗ «Національна академія управління», Київ: НАУ, 2022, с. 13.
137. Федорка П.П., Роль М.І. "Особливості використання платформи bigdatauber." Матеріали IX-ої Міжнародної наукової Інтернет-конференції (Ukraine-Greece) ВНЗ «Національна академія управління», Київ: НАУ, 2021, с. 118. URL: https://eco-science.net/wp-content/uploads/2021/09/%E2%84%969_%D0%97%D0%B1%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA_%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D1%8F_22-23.02.2021.pdf
138. Bill Schmarzo. "Big Data: Understanding How Data Powers Big Business." Wiley. M., 2013. 240 с.
139. Instatruck. Режим доступу: <https://instatruck.com.au/onboarding-process/>
140. Saaty Thomas L. "The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation (Decision Making Series)." McGraw-Hill, 1980, 287 р.
141. Федорка П. "Інформаційно-технологічна платформа Карпатського розумного регіону: функції та особливості формування." Наукові записки / Scientific papers 2023. 1 (66). С. 92-103.
142. Lammers, K. (2013). "Unity Shaders and Effects Cookbook." Packt Publishing. 268 p.
143. Doppioslash, C. "Physically Based Shader Development for Unity 2017: Develop Custom Lighting Systems." Apress, 2017, 255 p.
144. Marschner, S., Shirley, P. "Fundamentals of Computer Graphics." CRC Press, 2021, 716 p.

145. Калинич Ю., Білак Ю., Небесний Р., Федорка П. "Аналіз процесів формування симуляцій з використанням графічного процесора." Вісник ІСМ, 2022, Випуск 11, с. 110–126. DOI: <https://doi.org/10.23939/sisn2022.11.110>
146. React. Режим доступу: <https://legacy.reactjs.org/>
147. Козюля А. "Що таке Node.js простими словами." Режим доступу: <https://dan-it.com.ua/uk/blog/cho-jeto-takoe-node-js-prostymi-slovami/>
148. Express. Режим доступу: <https://expressjs.com/uk/>
149. JSON Web Token. Режим доступу: <https://jwt.io/>
150. Chart.js. Режим доступу: <https://www.chartjs.org/docs/latest/>
151. Федорка П.П., Попович О.О. "Дослідження способів аутентифікації користувача." Матеріали XIII-ої Міжнародної наукової Інтернет-конференції (Ukraine-Greece). ВНЗ «Національна академія управління», Київ: НАУ, 2022, с. 78.
152. "Ідентифікація та аутентифікація." Режим доступу: <https://sites.google.com/site/identifikaciataautentifikacia/ponatta-pro-autentifikaciju/metodiautentifikacie>
153. Літвінчук І. С., Р. О. Корчомний Р. О., Борисов І. В., Коршун Н. В. «Розробка рекомендацій щодо мінімізації ризиків зломів облікових записів на основі аналізу найпоширеніших методів злому». Кібербезпека: освіта, наука, техніка. № 4 (12), 2021. С. 163-171
154. Pasichnyk V., Kunanets N., Artemenko O., Fedorka P., Nebesnyi R. "Using mobile crowd sensing for social distancing real-time navigation." Управління розвитком складних систем, 2021, №47, с. 57–62.
155. Hou, F. et al. (2019). "Mobile Crowd Sensing: Incentive Mechanism Design." SpringerBriefs in Electrical and Computer Engineering.
156. Bozzon, A., Fraternali, P., Galli, L., Karam, R. (2013). "Modeling crowdsourcing scenarios in socially enabled human computation applications." Journal on Data Semantics, 1–20.

157. Yang, D., Xue, G., Fang, X., Tang, J. (2012). "Crowdsourcing to smartphones: incentive mechanism design for mobile phone sensing." Proceedings of the 18th annual international conference on Mobile computing and networking, ACM, pp. 173–184.
158. Kim, J., Rasouli, S., J.P., Timmermans H. (2017). "Investigating heterogeneity in social influence by social distance in car-sharing decisions under uncertainty: A regret minimizing hybrid choice model framework based on sequential stated adaptation experiments." *Transportation Research, C* 85, 47–63.
159. Artemenko, O., Kunanets, N., Pasichnyk, V., Kut, V., Lozytskyy, O. (2021). "Mobile location-based social distancing recommender system with context evaluation: A project approach." *CEUR Workshop Proceedings*, 2851, 334–343.
160. Hu, N., Zhong, J., Zhou, J. T., Zhou, S., Cai, W. & Monterola, C. (2018). "Guide them through: An automatic crowd control framework using multi-objective genetic programming." *Applied Soft Computing*, 66, 90–103. doi:10.1016/j.asoc.2018.01.037.
161. Delic, A., Neidhardt, J., Nguyen, T. N., & Ricci, F. (2018). "An observational user study for group recommender systems in the tourism domain." *Information Technology & Tourism*, 19(1-4), 87–116. doi:10.1007/s40558-018-0106-y.
162. Murr P, Yevseiev S, Milevskyi S, Melnyk M, Katsalap V, Pribyliev Y, Rzayev K, Bryla A, Shpak O, Fedorka P. "Development of an Error Correction Method Using Perfect Binary Arrays (Scopus)." *ICI World of Journals Eastern-European Journal of Enterprise Technologies* 2023; 4 (9 (124)): p 45-53.
163. Chernov S., Titov S. D., Chernova Lud. S., Kunanets Nataliia, Chernova Lub. S and Fedorka Pavlo. "Information System Project for Assessing Students' Knowledge." *CEUR Workshop Proceedings*. Vol. 2851: Proceedings of

the 4th International workshop IT project management (ITPM 2023). Warshawa, Poland, May 19, 2023, p. 128-138.

164. Федорка ПП, Кунанець НЕ, Кут ВІ, Клименко МВ. "Розумний регіон Закарпаття" та критерії його формування". Науковий вісник НЛТУ України: збірник наукових праць. 2023, 1(33): 60-70. URL: <https://nv.nltu.edu.ua/index.php/journal/article/view/2480/2490>

165. Кунанець Н.Е., Федорка П.П., Кут В.І. Формування рекомендаційної системи для «Розумного регіону» з метою обрання інформаційних технологій та їх реалізацій при створенні застосунків. Управління в організаційних системах. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Системний аналіз, управління та інформаційні технології. 2023, 1(9): 33–40. URL: <http://samit.khpi.edu.ua/article/view/284711> (Особистий внесок здобувача полягає в узагальненні та аналізі отриманих результатів, підготовці статті до публікації)

166. Поліщук В., Федорка П. Дослідження застосування регресій для прогнозування наповненості і завантаження стратегічних об'єктів інфраструктури міст. Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті: збірник матеріалів 23 Міжнародного молодіжного форуму. ХНУРЕ; 16 – 18 квітня 2019 р; Харків, Україна, 9: 136-137. URL: <https://openarchive.nure.ua/server/api/core/bitstreams/b3c5d9c7-36f6-4499-a91c-3cae60f58522/content>

167. Jedwab, J., Mitchell, C., Piper, F., Wild, P. (1994) «Perfect binary arrays and difference sets». Discrete Mathematics 125(1-3), 241–254. URL: https://www.researchgate.net/publication/220190442_Perfect_binary_arrays_and_difference_sets

168. Mazurkov, M., Chechel'nitskii, V.Y. «The classes of equivalent and generative perfect binary arrays for cdma-technologies». (2003) Radioelectronics

and Communications Systems 46(5), 40–46. URL: <https://radioelektronika.org/article/view/S0735272713030047>

169. Bomer, L., Antweiler, M. «Two-dimensional perfect binary arrays with 64 elements». (1990) IEEE transactions on information theory 36(2), 411–414. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/52492>

170. Pless, V., Brualdi, R.A., Huffman, W.C. (1998) «Handbook of Coding Theory». Elsevier Science Inc.. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/6647966.pdf>.

171. Opricović S., Tzeng, G.H. (2004) Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. European Journal of Operational Research. 156 (2), 445-455.

172. Nuraini, Analysis of decision support using Elimination and Choice Expressing Reality (ELECTRE) method in determining best candidate for Programmer position, Procedia Computer Science, Volume 216, 2023, Pages 571-579, <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.12.171>.

173. Kut V, Kunanets N, Fedorka P. Conceptual and mathematical modeling of the information technology platform of the smart region. Manažérska informatika; July 1 2023; Bratislava, Slovakia. URL: <https://manazerskainformatika.sk/conceptual-and-mathematical-modeling-of-the-information-technology-platform-of-the-smart-region/>

174. Шпак О, Федорка П, Пригара М. Розумні міста та інтернет речей: вплив розробок у сфері ІТ на розвиток міст і покращення якості життя. Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2023, 3(25): 114-128. URL: <https://journals.uran.ua/itssi/article/view/290907>

ДОДАТКИ

Додаток А

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ:

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Pasichnyk V, Kunanets N, Artemenko O, Fedorka P, Nebesnyi R. Using mobile crowd sensing for social distancing real-time navigation. *Управління розвитком складних систем*. 2021, (47): 57–62. URL: <http://mdcs.knuba.edu.ua/article/view/249182> (Особистий внесок здобувача полягає у аналізі попередньо проведених досліджень, підготовці статті до публікації).
2. Федорка ПП, Кунанець НЕ, Кут ВІ, Клименко МВ. "Розумний регіон Закарпаття" та критерії його формування. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2023, 1(33): 60-70. URL: <https://nv.nltu.edu.ua/index.php/journal/article/view/2480/2490> (Особистий внесок здобувача полягає у відборі сучасної наукової літератури, проведенні узагальнення та аналізу отриманих даних, підготовці статті до публікації)
3. Калинич Ю, Білак Ю, Небесний Р, Федорка П. Аналіз процесів формування симуляцій з використанням графічного процесора. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія: Інформаційні системи та мережі*. 2022, 11: 110-126. URL: <https://science.lpnu.ua/uk/sisn/vsi-vypusky/vypusk-11-2022/analiz-procesiv-formuvannya-symulyaciy-z-vykorystannyam-grafichnogo> (Особистий внесок здобувача полягає в узагальненні та аналізі отриманих результатів, підготовці статті до публікації)

4. Кунанець НЕ, Федорка ПП, Кут ВІ Формування рекомендаційної системи для «Розумного регіону» з метою обрання інформаційних технологій та їх реалізацій при створенні застосунків. Управління в організаційних системах. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Системний аналіз, управління та інформаційні технології*. 2023, 1(9): 33–40. URL: <http://samit.khpi.edu.ua/article/view/284711> (Особистий внесок здобувача полягає в узагальненні та аналізі отриманих результатів, підготовці статті до публікації)

5. Федорка ПП. Інформаційно-технологічна платформа карпатського розумного регіону: функції та особливості формування. *Наукові записки. Українська академія друкарства*. 2023, 1 (66): 92-103. URL: <http://nz.uad.lviv.ua/static/media/1-66/10.pdf> (Особистий внесок здобувача полягає у відборі матеріалів, узагальненні та аналізі отриманих результатів, підготовці статті до публікації)

6. Murr P, Yevseiev S, Milevskyi S, Melnyk M, Katsalap V, Pribyliev Y, Rzayev K, Bryla A, Shpak O, Fedorka P. Development of an error correction method using perfect binary arrays. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2023, 4 (9 (124)) : 45-53. URL: <https://www.scopus.com/sourceid/21100450083> (Особистий внесок здобувача полягає у відборі матеріалів, узагальненні та аналізі отриманих результатів, підготовці статті до публікації)

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

7. Федорка П, Роль М. Особливості використання платформи Bigdateuber. *Національна безпека у фокусі викликів глобалізаційних процесів в економіці: матеріали ІХ-ої Міжнародної наукової Інтернет-конференції (Ukraine-Greece)*. ВНЗ «Національна академія управління»; 22-23 лютого

2021 р; Київ, Україна, с. 64-65. URL:https://eco-science.net/wp-content/uploads/2021/09/%E2%84%969_%D0%97%D0%B1%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA_%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D1%8F_22-23.02.2021.pdf (Особистий внесок здобувача полягає у статистичній обробці, узагальненні та аналізі отриманих результатів, підготовці тез до публікації, форма участі – онлайн).

8. Федорка ПП, Клименко МВ, Матяшовська БО. Використання технологій та методів bigdata в концепції розумне місто. *Національна безпека у фокусі викликів глобалізаційних процесів в економіці: матеріали X-ої Міжнародної наукової Інтернет-конференції (Ukraine-Poland)*. ВНЗ «Національна академія управління»; 28-30 червня 2021 р; Київ, Україна, с. 39-40. URL: https://eco-science.net/wp-content/uploads/2021/06/%D0%97%D0%B1%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA_%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D1%8F_28-30.06.2021.pdf

(Особистий внесок здобувача полягає у статистичній обробці, узагальненні та аналізі отриманих результатів, підготовці тез до публікації, форма участі – онлайн).

9. Федорка П, Попович О. Дослідження способів аутентифікації користувача. *Національна безпека у фокусі викликів глобалізаційних процесів в економіці: матеріали XIII-ої Міжнародної наукової Інтернет-конференції (Ukraine-Greece)*. ВНЗ «Національна академія управління»; 20-21 травня 2022 р; Київ, Україна, с. 32-34. URL:https://eco-science.net/wp-content/uploads/2022/05/%D0%97%D0%B1%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA_%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D1%8F_20-21.05.2022.pdf

(Особистий внесок здобувача полягає у статистичній обробці, узагальненні та аналізі отриманих результатів, підготовці тез до публікації, форма участі – онлайн).

10. Безвершенко ЄІ, Клименко МВ, Федорка ПП, Мигович ВВ. Система підтримки прийняття рішень. *Національна безпека у фокусі викликів глобалізаційних процесів в економіці*: матеріали XIV-ої Міжнародної наукової Інтернет-конференції (Ukraine-Croatia). ВНЗ «Національна академія управління»; 10-11 листопада 2022 р; Київ, Україна, с. 13-16. URL: https://economicscience.net/wp-content/uploads/2022/11/%D0%97%D0%B1%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA_%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D1%8F-%E2%84%9614-%D0%B2%D1%96%D0%B4-10-11-%D0%BB%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BE%D0%BF%D0%B0%D0%B4%D0%B0.pdf (Особистий внесок здобувача полягає у статистичній обробці, узагальненні та аналізі отриманих результатів, підготовці тез до публікації, форма участі – онлайн).

11. Шуаїбов ОК, Федорка ПП, Балог ШШ Управління IoT за допомогою IOS девайсу. *Національна безпека у фокусі викликів глобалізаційних процесів в економіці*: матеріали XIV-ої Міжнародної наукової Інтернет-конференції (Ukraine-Croatia). ВНЗ «Національна академія управління»; 10-11 листопада 2022 р; Київ, Україна, с. 71-73. URL: https://economicscience.net/wp-content/uploads/2022/11/%D0%97%D0%B1%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA_%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D1%8F-%E2%84%9614-%D0%B2%D1%96%D0%B4-10-11-%D0%BB%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BE%D0%BF%D0%B0%D0%B4%D0%B0.pdf (Особистий внесок здобувача полягає у статистичній обробці, узагальненні та аналізі отриманих результатів, підготовці тез до публікації, форма участі – онлайн).

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

12. Поліщук В, Федорка П. Дослідження застосування регресій для прогнозування наповненості і завантаження стратегічних об'єктів інфраструктури міст. *Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті: збірник матеріалів 23 Міжнародного молодіжного форуму. ХНУРЕ; 16 – 18 квітня 2019 р; Харків, Україна, 9: 136-137. URL: <https://openarchive.nure.ua/server/api/core/bitstreams/b3c5d9c7-36f6-4499-a91c-3cae60f58522/content> (Особистий внесок здобувача полягає у відборі сучасної наукової літератури, проведенні узагальнення та аналізу отриманих даних, підготовці статті до публікації).*

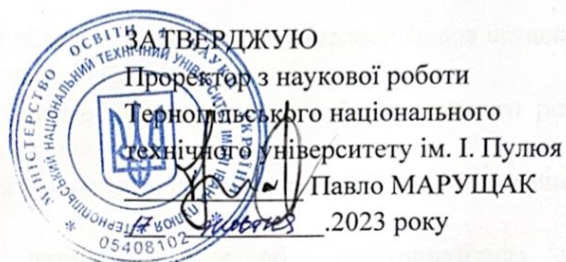
13. Artemenko O, Pasichnyk V, Korz H, Fedorka P, Kis Y. Using Big Data in E-tourism Mobile Recommender Systems: a Project Approach. Ukraine. *Proceedings of the 1st International Workshop IT Project Management; 18-20 February 2020; Slavsko, Ukraine, p. 194-204. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-2565/paper17.pdf> (Особистий внесок здобувача полягає у відборі сучасної наукової літератури, проведенні узагальнення та аналізу отриманих даних, підготовці статті до публікації).*

14. Chernov S, Titov S, Chernova L, Kunanets N, Chernova L, Trushliakov E, and Fedorka P. The Project of Information System for Students Knowledge Evaluation. *Proceedings of the 4th International Workshop IT Project Management; May 19 2023; Warsaw, Poland, p.117-127. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3453/paper11.pdf> (Особистий внесок здобувача полягає у відборі сучасної наукової літератури, проведенні узагальнення та аналізу отриманих даних, підготовці статті до публікації).*

15. Kut V, Kunanets N, Fedorka P. Conceptual and mathematical modeling of the information technology platform of the smart region. *Manažérska*

informatika; July 1 2023; Bratislava, Slovakia. URL: <https://manazerskainformatika.sk/conceptual-and-mathematical-modeling-of-the-information-technology-platform-of-the-smart-region/> (Особистий внесок здобувача полягає у відборі сучасної наукової літератури, проведенні узагальнення та аналізу отриманих даних, підготовці статті до публікації).

16. Шпак О, Федорка П, Пригара М. Розумні міста та інтернет речей: вплив розробок у сфері ІТ на розвиток міст і покращення якості життя. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2023, 3(25): 114-128. URL: <https://journals.uran.ua/itssi/article/view/290907> (Особистий внесок здобувача полягає в узагальненні та аналізі отриманих результатів, підготовці статті до публікації)

**АКТ****про апробацію та використання результатів дисертаційного дослідження Федорки Павла Павловича на тему «Формування інформаційно-технологічної платформи для вирішення задач туристичної галузі «розумного» регіону» в Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя**

Дисертантом передано в Тернопільській національній технічній університет імені Івана Пулюя для використання в науково-дослідній роботі та педагогічній практиці співробітників лабораторії «Розумне місто Тернопіль» та кафедр комп'ютерних наук, інформатики і математичного моделювання та комп'ютерно-інтегрованих технологій:

- інформаційну технологію відбору класів інформаційних технологій при розробленні інформаційних систем;
- текст дисертаційної роботи;
- програмно-алгоритмічні компоненти прототипу рекомендаційної системи підбору класів інформаційних технологій для вирішення задач побудови інформаційно-технологічної платформи;
- матеріали наукових публікацій, в яких висвітлені результати досліджень Федорки П.П.

З використанням розроблених Федоркою П.П. інформаційної технології та інструментів:

1. У Науково-дослідній лабораторії «Розумне місто Тернопіль» проведено практичну апробацію результатів дисертаційної роботи Федорки Павла Павловича «Формування інформаційно-технологічної платформи для вирішення задач туристичної галузі «розумного» регіону», поданої на здобуття наукового ступеня доктор філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки».

2. Підходи до обрання класів інформаційних технологій для розроблення інформаційних систем та формуванні інформаційно-технологічних платформ використано при формуванні навчальних матеріалів дисциплін:

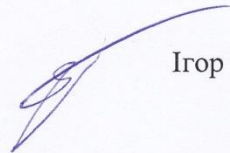
- «Моделі та методи забезпечення якості інформаційних управляючих систем», яка викладається для студентів магістерського рівня за спеціальностями 122 «Комп'ютерні науки» та 126 «Інформаційні системи та технології».

- «Технології підтримки прийняття рішень», яка викладається для студентів магістерського рівня спеціальності 124 «Системний аналіз»;
- «Веб технології», яка викладається для студентів бакалаврського рівня спеціальності 122 «Комп'ютерні науки»;
- «Інформаційні технології та основи програмування» для спеціальності 242 «Туризм і рекреація».
- «Елементи і пристрої автоматики для об'єктів управління» для спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка».

3. Співробітниками мережної академії CISCO при ТНТУ ім. І. Пулюя, використано програмно-алгоритмічні компоненти підбору класів інформаційних технологій для навчальних матеріалів, що використовуються викладачами академії в навчальному процесі із застосуванням запропонованих дисертантом підходів та засобів.

Що підтвердило корисність результатів, отриманих Федоркою Павлом Павловичем у дисертаційному дослідженні.

Завідувач кафедри комп'ютерних наук, к.т.н., доцент



Ігор БОДНАРЧУК

Завідувач кафедри інформатики і математичного моделювання, к.ф.м.н., професор



Михайло МИХАЙЛИШИН

Завідувач кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, к.т.н., доцент



Андрій МИКИТИШИН

Керівник програми мережної академії CISCO при ТНТУ ім. І. Пулюя, к.т.н., доцент



Сергій МАРЦЕНКО

Заступник завідувача Науково-дослідної лабораторії «Розумне місто Тернопіль» к.т.н., доцент



Олексій ДУДА

Протокол
процедури верифікації моделі вибору класів інформаційних технологій
для вирішення задач туристичної галузі

Даний протокол складений для підтвердження процедури та результатів експериментальної верифікації моделі вибору класів інформаційних технологій для вирішення задач туристичної галузі.

Експертне оцінювання проводилося на базі Науково-дослідної лабораторії «Розумне місто Тернопіль» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Базовим науково-дослідним профілем лабораторії є дослідження та розроблення інформаційних технологій, інформаційних систем та інформаційно-технологічних платформ для формування комплексних системних рішень проблемних областей «розумна громада», «розумне місто» та «розумний регіон».

В складі лабораторії працює 15 наукових співробітників, в переважній більшості кандидати та доктори наук в галузі ІТ. До проведення експертизи залучалися викладачі кафедр комп'ютерних наук, інформатики та математичного моделювання, комп'ютерно-інтегрованих технологій та співробітники відділення мережної академії Cisco, яке функціонує при ТНТУ ім. І. Пулюя.

Окрім зазначених вище осіб до процедур експертного оцінювання були залучені аспіранти та магістранти кафедри комп'ютерних наук, що навчаються за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки», 124 «Системний аналіз» та 126 «Інформаційні системи та технології». Загалом в процедурах експертного оцінювання та ухваленні відповідних рішень брали участь 37 експертів, рівень і кваліфікація яких дозволяють на належному фаховому рівні проводити відповідні експертизи.

Даним протоколом констатуємо:

1.Методика та процедури оцінювання повністю базувались на запропонованих Федорко Павлом Павловичем підходах та викладених у дисертаційній роботі «Формування інформаційно-технологічної платформи для

вирішення задач туристичної галузі «розумного» регіону», що подаватиметься на здобуття наукового ступеня доктор філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки».

2.Процедури оцінювання та їх верифікація проведені у повній відповідності до вимог, сформульованих Федоркою П.П., якому надані первинні результату експерименту.

4. Після верифікації, аналізу та обговорення результатів експертного оцінювання були сформовані результуючі матриці та зроблені висновки, які передані дисертанту.

Вважаємо за доцільне відзначити, що методи аналізу ієрархій та експертного оцінювання для вибору класів інформаційних технологій з метою вирішення задач туристичної галузі є коректними, адекватними та технологічно зручними.

Завідувач кафедри
комп'ютерних наук
к.т.н., доцент

Ігор БОДНАРЧУК

Заступник завідувача
Науково -дослідної лабораторії
«Розумне місто Тернопіль»
к.т.н., доцент

Олексій ДУДА

Керівник програми мережної
академії CISCO при ТНТУ
ім. І.Пулюя
к.т.н., доцент

Сергій МАРЦЕНКО





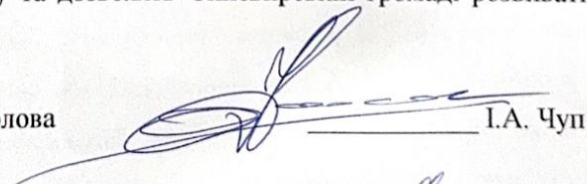
АКТ

**про впровадження результатів дисертаційної роботи
Федорки Павла Павловича**

Даний акт складений про те, що результати дисертаційної роботи викладача кафедри програмного забезпечення систем Державного вищого навчального закладу «Ужгородський національний університет» Федорки Павла Павловича на тему «Формування інформаційно-технологічної платформи для вирішення задач туристичної галузі «розумного» регіону» впроваджуються в Синеvirській територіальній громаді Закарпатської області, в рамках реалізації стратегії розвитку «розумного» туристичного регіону на базі Синеvirського національного парку та забезпеченні оптимальних умов для розвитку нової туристичної інфраструктури, зокрема в аспекті використання інформаційно-технологічних рекомендаційних систем.

Результати дисертаційних досліджень здобувача використовуються при розробленні та апробації комплексів організаційних, технічних, методичних трансформацій, які здійснюються на рівні базових інформаційних потреб туристів. Метою їх впровадження є переведення туристів та жителів громади на якісно новий рівень використання сучасних ІТ розробок та сервісів, що допомагають покращити інформаційну інфраструктуру. Зокрема, активно використовуються запропоновані дисертантом моделі підготовки рекомендацій та прийняття відповідних рішень з використанням модифікованих методів аналізу ієрархій в рамках покращення можливостей використання вже існуючих технологій та сервісів, які на базовому рівні покращать сферу туризму та дозволять Синеvirській громаді розвиватись в напрямку smart-технологій.

Синеvirський сільський голова

Головний спеціаліст
відділу економічного розвитку,
туризму та інвестицій
І.А. Чуп
М.М. Місик

ЗАТВЕРДЖУЮ
Ректор Волинського національного
університету імені Лесі Українки
доктор наук з фізичного виховання і
спорту, професор, Заслужений діяч
науки і техніки України
Анатолій ЦЬОСЬ



[Handwritten signature]
10 2023 р.

АКТ

апробації результатів дисертаційного дослідження Федорки Павла Павловича у Волинському національному університеті ім. Лесі Українки

Цей акт підтверджує практичну апробацію та використання результатів дисертаційної роботи Федорки Павла Павловича «Формування інформаційно-технологічної платформи для вирішення задач туристичної галузі «розумного» регіону», поданої на здобуття наукового ступеня доктор філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки».

Апробація проводилась впродовж 2022-2023 років науково-педагогічним колективами кафедр загальної математики та методики навчання інформатики та кафедри туризму та готельного господарства у формі процедур експертного оцінювання рекомендаційної системи при викладанні ряду дисциплін. Процедури експертного оцінювання та формування рекомендацій класів інформаційних технологій реалізовувались з використанням розробленої дисертантом інформаційної технології, яка реалізована у формі прототипу рекомендаційної системи. Зазначена апробація підтвердила корисність та ефективність запропонованого Федоркою Павлом Павловичем підходу щодо оцінювання критеріїв і формування рекомендацій використання класів інформаційних технологій для побудови інформаційних систем, покликаних сприяти розв'язанню задач туристичної галузі.

Кафедра загальної математики та методики навчання інформатики планує продовжити використання розроблених дисертантом методів та інформаційно-технологічних засобів при ухваленні рішень щодо покращення рівня розроблюваних в ході навчального процесу інформаційних продуктів з метою підвищення якості підготовки бакалаврів та магістрів за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки».

Дисертантом передано для використання в науково-дослідній роботі кафедри та педагогічній практиці викладачів:

- методики відбору інформаційних технологій, які нададуть можливість спростити процедуру розроблення інформаційних систем;
- текст дисертаційної роботи;
- програмно-алгоритмічні компоненти прототипу рекомендаційної системи обрання класів інформаційних технологій при створенні інформаційних систем для вирішення задач туристичної галузі;
- матеріали наукових публікацій, в яких висвітлені результати досліджень Федорки Павла Павловича.

Завідувач кафедри туризму
та готельного господарства,
доктор географічних наук, професор

Леонід Ільїн

Завідувач кафедри загальної
математики та методики навчання
інформатики, канд. фіз.-мат. н., доцент

Марія Хомяк



ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор
з наукової роботи
ДВНЗ «Ужгородський національний
університет»

Доктор медичних наук, професор
Іван МИРОНЮК



«16» *Метень* 2023 р.

АКТ

Впровадження результатів наукових досліджень
Федорки Павла Павловича в навчальний процес

Напрямок наукової роботи Федорки П.П. стосується розроблення прототипу інформаційно-технологічної платформи для вирішення задач туристичної галузі «розумного» регіону, а також створення рекомендацій щодо доцільності використання інформаційних технологій та їх реалізації при розробленні застосунків для такої платформи.

Результати наукових досліджень впроваджені у навчальний процес факультету інформаційних технологій ДВНЗ «Ужгородський національний університет» у дисциплінах: «Технології проектування інформаційних систем», «Інноваційні інформаційні технології», «Проектування автоматизованих систем в управлінському та фінансовому обліку», «Проектування систем штучного інтелекту», а також у дипломному проектуванні, та в начально-наукових практиках.

Декан факультету
інформаційних технологій,
доктор технічних наук, професор

Ігор ПОВХАН

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Ректор Карпатського університету
імені Августина Волошина
доктор педагогічних наук,
професор Марина ДУБ



«*МД*» *20* жовтня 2023 р.

АКТ

**про впровадження результатів дисертаційної роботи
Павла Павловича Федорки «Формування інформаційно-технологічної
платформи для вирішення задач туристичної галузі «розумного» регіону»
в навчальний процес Карпатського університету
імені Августина Волошина**

Даний акт складений про те, що результати дисертаційної роботи викладача кафедри програмного забезпечення систем Федорки П.П. на тему «Формування інформаційно-технологічної платформи для вирішення задач туристичної галузі «розумного» регіону» впроваджені в навчальний процес Карпатського університету імені Августина Волошина.

Впровадження наукових результатів дисертаційних досліджень Федорки П.П. відбувається в навчальному процесі Карпатського університету імені Августина Волошина в частині оцінки перспектив і розвитку технологій, що сприятимуть формуванню інформаційно-технологічної платформи «розумного» регіону. Зокрема на базі університету дисертантом було проведено тестування та практичне використання розробленої концептуальної моделі, з метою надання теоретичних та практичних знань, навичок щодо впровадження smart-технологій і розвитку концепції «розумного» регіону. Дисертантом сформовано ряд рекомендацій та розроблені теоретичні основи, для освоєння знань про інформаційно-технологічні платформи, їх втілення та користь від використання.

Проректор з наукової роботи,
доктор філософії, професор

Михайло БАСАРАБ

Завідувача кафедри
менеджменту, фінансів
та інформаційних технологій,
Доктор економічних наук, професор

Лариса ЛУГОШ



Служба з реєстрації в системі рекомендацій ПІП 5053

Вікно реєстрації в системі

ІМ'Я
Вибір країни проживання
ПІНКОД
Ім'я користувача

Зібрали

Вікно реєстрації у рекомендаційній системі

Dashboard
Admin Users
Comments
Projects
Users

Admin / Users / New User

Email* fedorka.owner@gmail.com

Position Owner

Birthday at Year Month Day

Password* *****

Password confirmation

- Junior
- Designer
- Developer
- DevOps
- QA
- Project Manager
- Owner

Вибір ролі користувача та відповідних доступних функціональностей

Модуль рекомендаційної системи на основі методу ієрархій

[Головна](#)







Таблиця значень

АВТОРИЗАЦІЯ

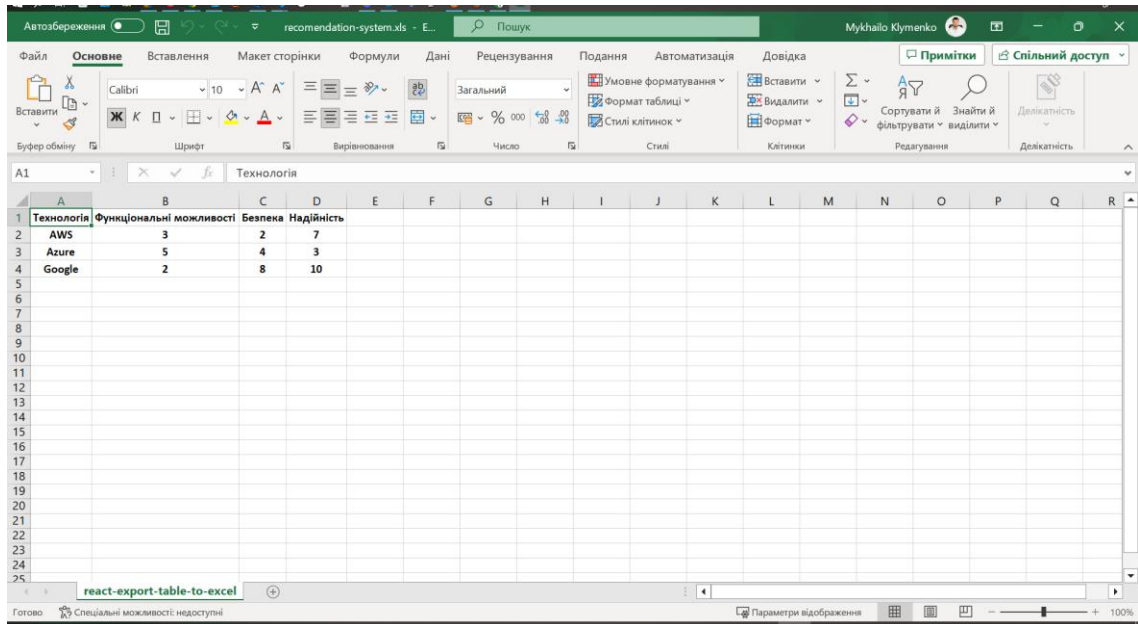
[Sign In](#)

[Sign Up](#)

Дані експертів

AUTHOR	FUNCTION	TECHNOLOGY	CAPABILITIES	RELIABILITY	SECURITY
 John Michael john@creative-tim.com	Manager Organization	AWS	3	1	7
		Azure	5	4	3
		GCP	2	8	10
 Alexa Liras alexa@creative-tim.com	Programator Developer	AWS	3	1	7
		Azure	5	4	3
		GCP	2	8	10
 Laurent Perrier laurent@creative-tim.com	Executive Projects	AWS	3	1	7
		Azure	5	4	3
		GCP	2	8	10
 Michael Levi michael@creative-tim.com	Programator Developer	AWS	3	1	7
		Azure	5	4	3
		GCP	2	8	10
 Richard Gran richard@creative-tim.com	Manager Executive	AWS	3	1	7
		Azure	5	4	3
		GCP	2	8	10
 Miriam Eric	Programtor	AWS	3	1	7
		.	-	-	-

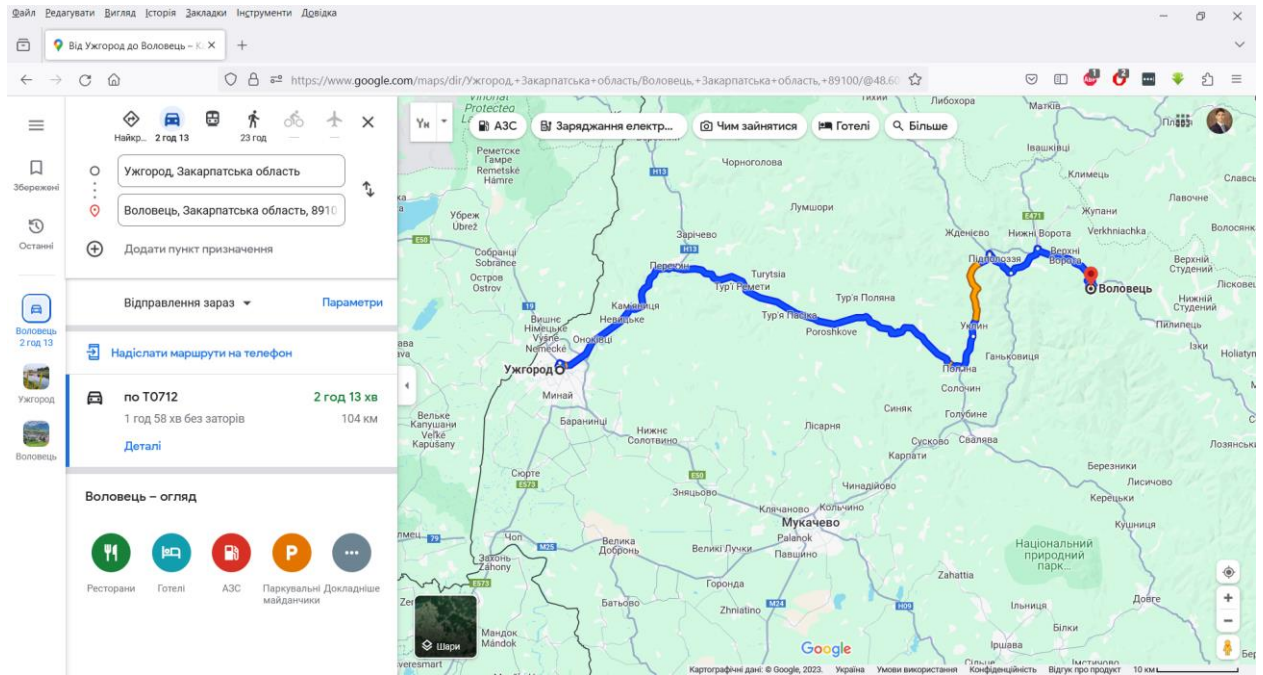
Внесення відомостей про експертів

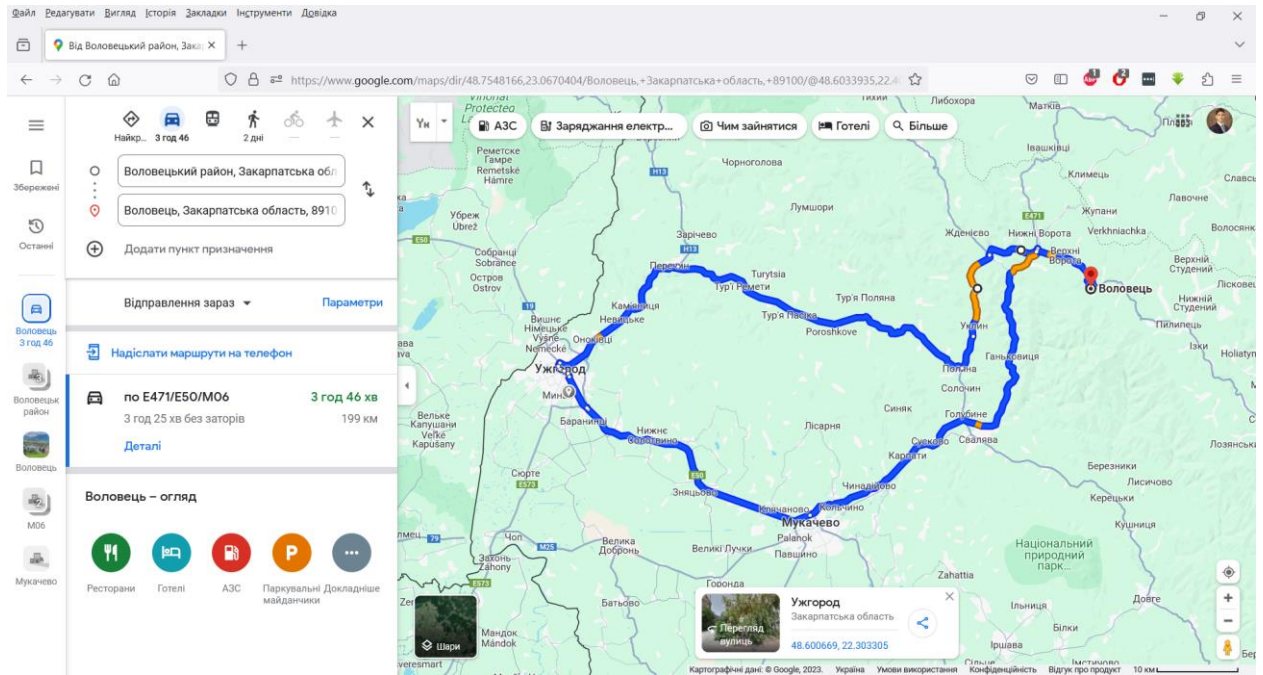


The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet with the following data:

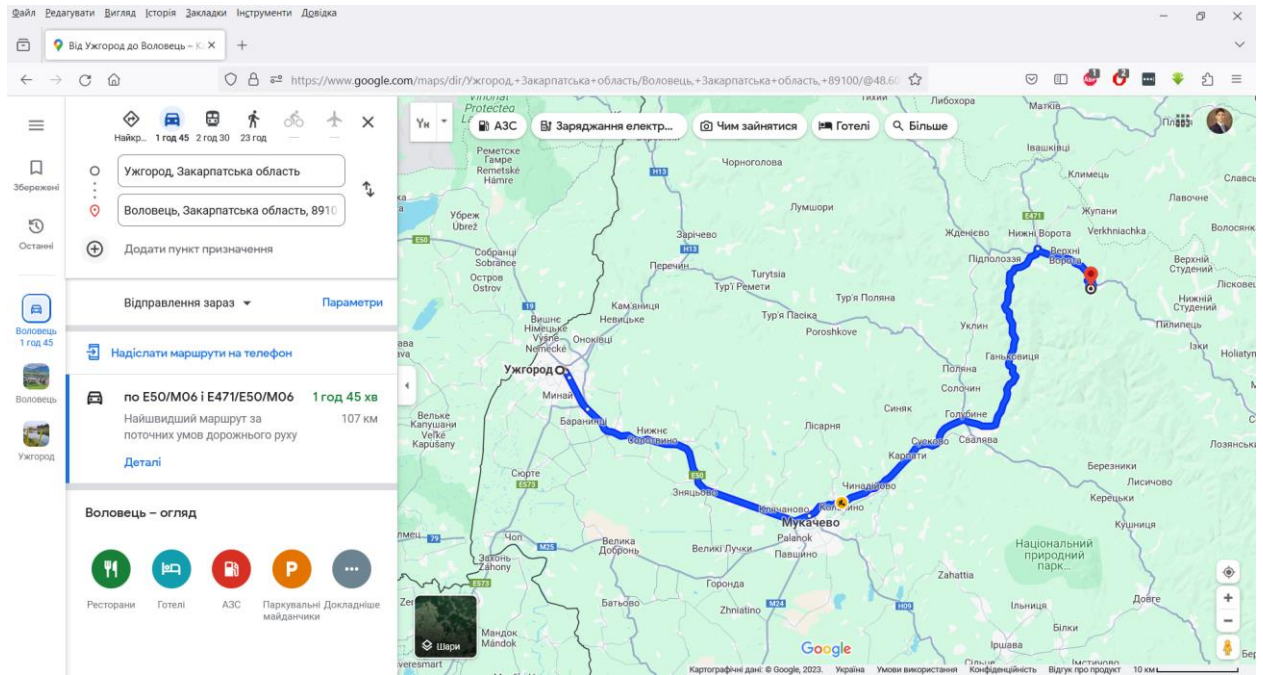
Технологія	Функціональні можливості	Безпека	Надійність
AWS	3	2	7
Azure	5	4	3
Google	2	8	10

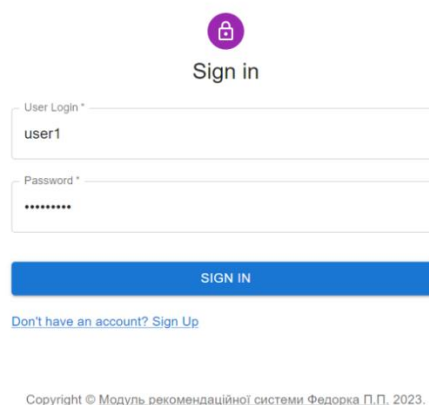
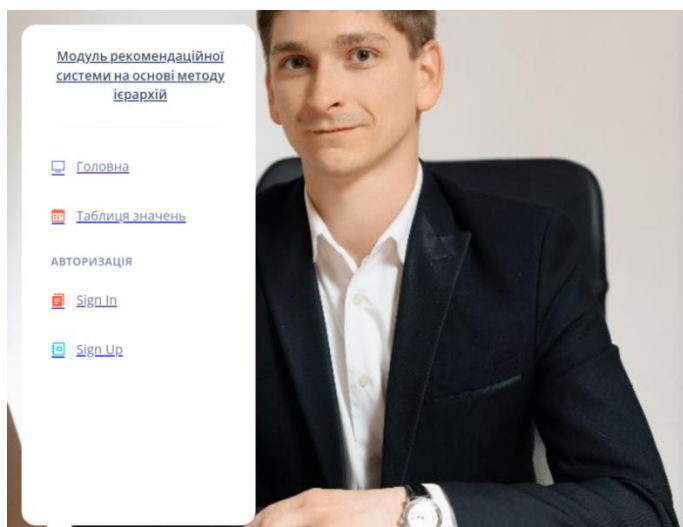
Виведення оцінок експертів у табличній формі





Додаток К



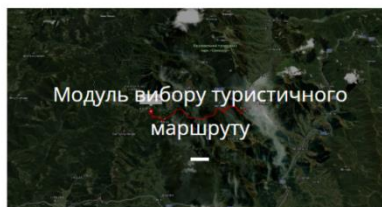
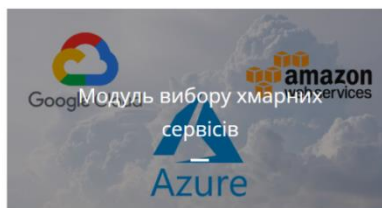
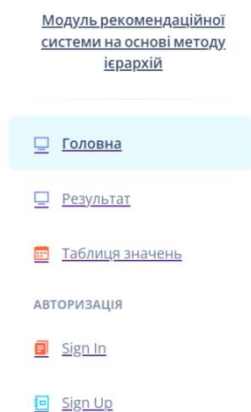


Вікно реєстрації у рекомендаційній системі

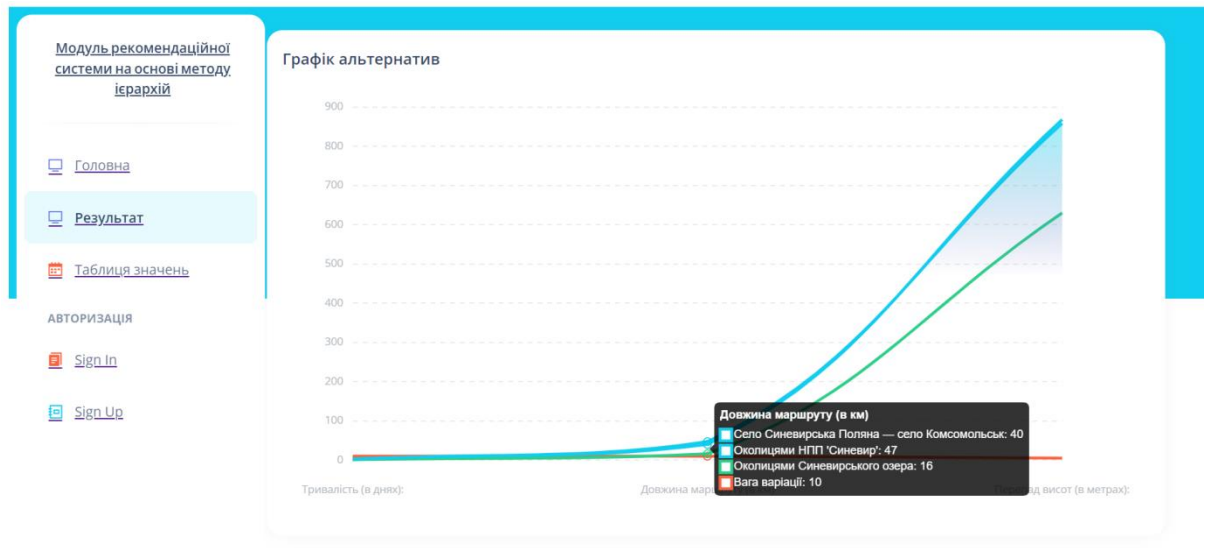
З використанням випадаючого списку обирається роль користувача.

The screenshot shows a web application interface for creating a new project article. The interface is divided into a sidebar on the left and a main content area on the right. The sidebar contains a vertical list of navigation items: Dashboard, Admin Users, Comments, Projects, and Users. The main content area has a breadcrumb trail at the top: Admin / Projects / New Project. Below the breadcrumb, the title 'Article' is displayed. The form contains several fields: a 'Name' field with the value 'Інформаційна технологія', a 'Description' field with a rich text editor (containing icons for bold, italic, underline, and link) and the text 'Формування інформаційно-технологічної платформи для вирішення задач туристичної галузі "розумного" регіону.17.09', a 'Start at' field with the value '2022-06-01', and a 'Finish at' field with the value '2023-09-30'.

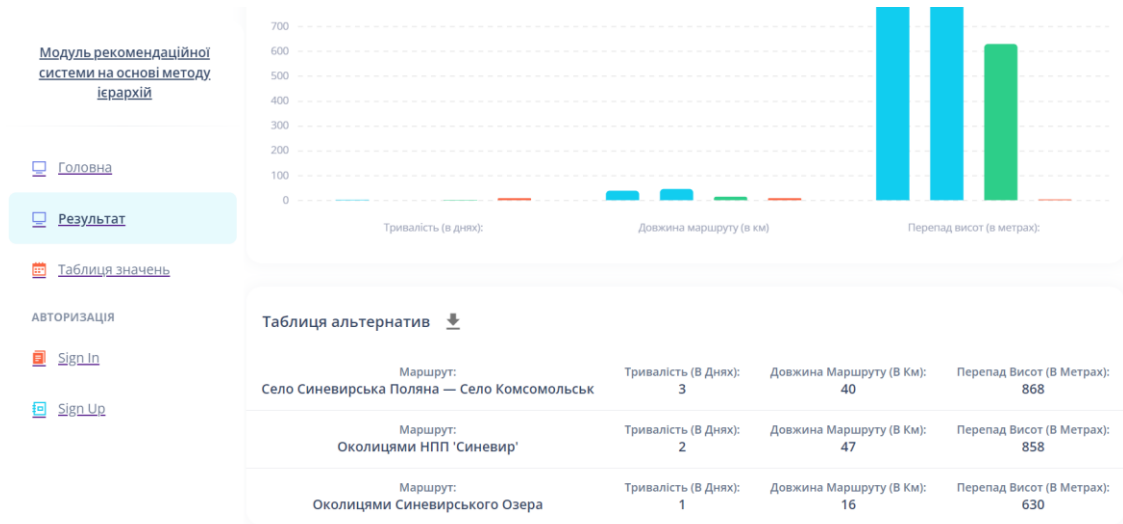
Створення головної задачі, у нашому випадку відомості про інформаційні технології, які доцільно використовувати розробнику



Вибір траєкторії туристичного маршруту в умовах карантину



Візуалізація альтернатив маршрутів з допомогою графіків



Візуалізація альтернатив маршрутів з допомогою діаграм

Таблиця
Переваги використання інформаційних технологій для розумного
регіону

Номер п/п	Назва технології	Переваги використання інформаційних технологій для розумного регіону
1.	Інтернет речей	Підвищена ефективність і результативність Виявлення зон високого ризику Зниження злочинності Комфортніше середовище Надання кращих послуг для громадян Зменшення заторів
2.	Хмарні технології	Масштабування інфраструктури та обчислювальних ресурсів. Доступність даних та послуг, Зменшення витрат на обладнання, програмне забезпечення та його обслуговування. Гнучкість впровадження нових технологій та оновлення програмного забезпечення. Забезпечення безпеки даних та інформації. Спільна робота та обмін даними між різними учасниками розумного регіону. Аналітичні інструменти для опрацювання даних та прогнозування подій Екологічна ефективність шляхом зменшення енергоспоживання та викидів CO ₂ .
3.	Комунікаційні технології	Підвищення доступності до інформації: Покращення взаємодії між мешканцями,

		<p>туристами і органами влади.</p> <p>Сприяння гібридній освіті і розвитку навичок.</p> <p>Підвищення ефективності служб порятунку.</p> <p>Сприяння створенню "розумних спільнот":</p> <p>Покращення якості послуг.</p> <p>Залучення громадськості до участі у прийнятті рішень.</p>
4.	Геопросторові технології	<p>Оптимізація транспортних систем:</p> <p>Моніторинг екології.</p> <p>Міське планування для ефективного використання земельних ресурсів.</p> <p>Покращення екстреної допомоги.</p> <p>Сприяння розвитку туризму.</p> <p>Моніторинг використання природних ресурсів.</p> <p>Підвищення безпеки шляхом відстеження місцезнаходження об'єктів та осіб.</p> <p>Сприяння розвитку сільських територій.</p>
5.	Системи штучного інтелекту	<p>Оптимізація управління ресурсами для оптимізації споживання енергії, води, відходів та інших ресурсів у регіоні.</p> <p>Підвищення безпеки на вулицях, в аеропортах, на залізничних станціях і в інших місцях.</p> <p>Управління транспортом для оптимізації трафіку та поліпшення мобільності, зменшення заторів.</p> <p>Покращення охорони здоров'я через моніторинг стану здоров'я та передбачення епідемій.</p>

		<p>Ефективне енергозбереження.</p> <p>Керування відходами шляхом визначення оптимальних маршрутів для збору відходів.</p> <p>Покращення якості життя, зменшуючи вплив негативних факторів, таких як забруднення повітря та шум.</p> <p>Ефективне місцеве управління.</p> <p>Розумна освіта та культура, забезпечувати доступ до освітніх ресурсів та культурних подій.</p> <p>Поліпшення комунікації влади з мешканцями та туристами.</p>
6.	Технології блокчейн	<p>Забезпечення безпеки та надійності даних:</p> <p>Транспарентність і прозорість.</p> <p>Ефективне управління ресурсами.</p> <p>Усунення посередників.</p> <p>Відстеження історії власності.</p> <p>Покращення системи голосування.</p> <p>Підвищення довіри між учасниками регіональної системи.</p> <p>Розвиток нових бізнес-моделей.</p> <p>Сприяння інноваціям.</p>
7.	Туманні технології	<p>Локальне опрацювання даних.</p> <p>Підвищена безпека даних.</p> <p>Ефективне використання ресурсів, розподіляючи обробку даних між різними вузлами мережі.</p> <p>Збільшення доступності у випадку втрати</p>

		<p>зв'язку з центральним хмарним сервером.</p> <p>Підвищення працездатності завдяки автоматичному відновленню роботи.</p> <p>Можливості аналізу даних на місці.</p> <p>Масштабованість завдяки додаванню або видаленню вузлів з мережі.</p> <p>Забезпечення конфіденційності.</p> <p>Локальне опрацювання.</p> <p>Фільтрація та агрегація даних ще на рівні давачів або вузлів.</p> <p>Локальне збереження даних.</p> <p>Мінімізація передачі даних.</p> <p>Розподілення завдань між різними туманними вузлами.</p> <p>Підвищення швидкості реакції.</p>
8.	Big Data	<p>Аналітика і передбачення: Завдяки опрацювання великих обсягів даних можна виявити тенденції та закономірності, які невидимі на малих обсягах даних. Це дозволяє виробляти більш точні прогнози щодо розвитку ситуації у розумному регіоні, такі як попит на послуги, рух транспорту, споживання ресурсів і т. д.</p> <p>Оптимізація ресурсів: З аналізом великих даних можна оптимізувати використання ресурсів у розумному регіоні. Наприклад, регулювання освітлення, опалення та кондиціонування повітря в будівлях може</p>

		<p>проводитися з урахуванням актуальних потреб і погодних умов.</p> <p>Покращення безпеки: Великі дані дозволяють відстежувати незвичайні події та аномалії, що може сприяти вчасному виявленню потенційних загроз і покращити системи безпеки.</p> <p>Підвищення рівня обслуговування: Аналіз великих даних дозволяє більш точно передбачати потреби громадян та надавати послуги на їх основі. Це може включати покращену транспортну логістику, публічні послуги, лікування та багато інших аспектів.</p> <p>Ефективне управління трафіком: У містах зі значним транспортним рухом великі дані допомагають визначати оптимальні маршрути, контролювати рух транспорту та покращувати роботу світлофорів.</p> <p>Зменшення втрат ресурсів: За допомогою аналізу даних можна виявити місця надмірного споживання електроенергії, води, газу та інших ресурсів і вжити заходів для їх зменшення.</p> <p>Забезпечення якості повітря та довкілля: Моніторинг великих даних дозволяє виявляти забруднення повітря та інші негативні впливи на довкілля та приймати заходи для їх усунення.</p>
--	--	--

		<p>Зменшення транспортних заторів: Аналіз даних з дорожніх камер та сенсорів допомагає покращити регулювання руху і зменшити транспортні затори. Спрощення взаємодії громадян з міськими службами: Великі дані можуть використовуватися для розробки додатків та платформ, які полегшують комунікацію громадян з міськими службами та органами влади. Підвищення якості життя громадян: Всі ці переваги сприяють покращенню якості життя громадян у розумному регіоні, забезпечуючи ефективне використання ресурсів, зменшення негативного впливу на довкілля та підвищення загальної зручності та безпеки</p>
--	--	--