МІНІСТЕРСТВО ФІНАНСІВ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ПОДАТКОВИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ФІНАНСІВ ТА ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І СИСТЕМ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

МОБІЛЬНИЙ ДОДАТОК «ІНТЕРАКТИВНИЙ ПЛАН КОРПУСІВ ДЕРЖАВНОГО ПОДАТКОВОГО УНІВЕРСИТЕТУ»

Здобувача вищої освіти першого (бакалаврського) рівня,
IV курсу, групи ЦДБ-21-1, спеціальності 122 «Комп'ютерні науки»,
освітня програма «Технології цифрового дизайну»

_____ Тітенка Нікіти Владиславовича
(підпис) (прізвище, ім'я, по батькові)

Науковий керівник _____ Філоненко Михайло Миколайович, к.ф.-м.н., доцент
(підпис) (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Керівник освітньо-професійної програми _____ Ратушняк Тетяна Володимирівна, к.ф.-м.н., доцент
(підпис) (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Допущено до захисту за рішенням кафедри комп'ютерних та інформаційних технологій і систем протокол від «13» травня 2025 № 18

Завідувач кафедри _____ Філоненко Михайло Миколайович, к.ф.-м.н., доцент
(підпис) (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Ірпінь – 2025

Реєстрація № 84 29.05.2025 _____
(дата) (підпис відповідальної особи)

Результати перевірки до захисту 29.05.2025 _____
(до захисту, на доопрацювання) (дата) (підпис)

Результат захисту 4 (добре) 11.06.2025 _____
(оцінка) (дата) (підпис)

Голова комісії: _____ В.М. Франчук
(підпис)

Члени комісії: _____ М.М. Філоненко
(підпис)

_____ Т.В. Ратушняк
(підпис)

_____ В.О. Ніжегородцев
(підпис)

БЛАНК ОЦІНЮВАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Об'єкти контролю	Діапазон оцінки в балах	Фактична кількість балів	Примітки	Дата, П.І.Б.: керівника, голови комісії членів комісії,секретаря, (підписи)
ОЦІНЮВАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ КОМІСІЄЮ ПО ЗАХИСТУ				
1. Зміст випускної роботи (якість теоретичного матеріалу, його зв'язок з практичним, вміння представляти матеріал в логічній послідовності, наявність висновків та пропозицій)	від 0 до 30	24		Франчук В.М. Філоненко М.М. Ратушняк Т.В. Ніжегородцев В.О. Суховецька Л.П.
2. Дотримання вимог щодо оформлення	від 0 до 10	7		
3. Вчасне виконання роботи на всіх етапах у встановлені кафедрою терміни	від 0 до 5	5		
4. Рецензент	від 0 до 5	4		
РАЗОМ БАЛІВ	від 0 до 50	40		

Оцінювання кваліфікаційної роботи науковим керівником – 42 балів.

ПЕРЕВЕДЕННЯ ОЦІНКИ ЗА 100-БАЛЬНОЮ ШКАЛОЮ ДО НАЦІОНАЛЬНОЇ ШКАЛИ ТА ШКАЛИ ЄКТС

Оцінка за 100-бальною шкалою	Оцінка за шкалоюЄКТС	Оцінка за національною шкалою	Дата	П.І.Б.: голови, членів комісії, секретаря, (підпис)
82	B	4 (добре)	11.06.2025	Франчук В.М. Філоненко М.М. Ратушняк Т.В. Ніжегородцев В.О. Суховецька Л.П.

ПРАВИЛА ПЕРЕВЕДЕННЯ ОЦІНОК ДО НАЦІОНАЛЬНОЇ ШКАЛИ ТА ШКАЛИ ЄКТС

Оцінка за 100-бальною шкалою	Оцінка за шкалою ЄКТС	Оцінка за національною шкалою
90-100	A	5 (відмінно)
80-89	B	4 (добре)
70-79	C	
60-69	D	3 (задовільно)
50-59	E	
35-49	FX	2 (незадовільно)

Факультет фінансів та цифрових технологій
Кафедра комп'ютерних та інформаційних технологій і систем
Галузь знань: 12 «Інформаційні технології»
Спеціальність: 122 «Комп'ютерні науки»
Освітня програма: «Технології цифрового дизайну»

Затверджую
Завідувач кафедри _____ Філоненко М.М.
«14» листопада 2024

Завдання на кваліфікаційну роботу
здобувачу вищої освіти
Тітенку Нікіті Владиславовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Мобільний додаток «Інтерактивний план корпусів Державного податкового університету»
Затверджена наказом ректора від «13» листопада 2024 № 1717
2. Строк здачі закінченої роботи «12 » травня 2025
3. Мета роботи: Розробка мобільного додатку інтерактивного плану корпусів Державного податкового університету
Об'єкт дослідження: Процес розробки мобільних навігаційних систем для університетських корпусів
Предмет дослідження: Технології та методи створення інтерактивного плану корпусів Державного податкового університету на платформі Android
Орієнтовна база дослідження: Державний податковий університет
4. Вихідні дані до роботи: Інформаційні данні у прецесах створення та методологія розробки додатку інтерактивного плану корпусів
5. Перелік графічного матеріалу: Скріншоти інтерфейсу мобільного додатку. Скріншоти архітектури мобільного додатку
6. Зміст кваліфікаційної роботи (перелік питань за кожним розділом)
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ РОЗРОБКИ ІНТЕРАКТИВНИХ ПЛАНІВ УНІВЕРСИТЕТСЬКИХ КОРПУСІВ, 1.1 Концептуальні основи створення мобільних навігаційних систем для закладів вищої освіти, 1.2. Світовий досвід впровадження інтерактивних планів корпусів у закладах вищої освіти, 1.3 Методологія розробки інтерактивних планів корпусів для мобільних платформ,
РОЗДІЛ 2. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ІНТЕРАКТИВНОГО ПЛАНУ КОРПУСІВ ДЕРЖАВНОГО ПОДАТКОВОГО УНІВЕРСИТЕТУ, 2.1 Аналіз інфраструктури та просторового розміщення корпусів університету, 2.2 Проєктування архітектури програмного забезпечення, 2.3 Розробка інтерфейсу користувача та функціональних можливостей додатку;
РОЗДІЛ 3. НАПРЯМИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТА МАСШТАБУВАННЯ ІНТЕРАКТИВНОГО ПЛАНУ КОРПУСІВ УНІВЕРСИТЕТУ; 3.1 Шляхи вдосконалення функціональних можливостей додатку;

3.2 Перспективи масштабування та впровадження розробленого рішенн

7. Календарний план виконання роботи

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційноїроботи	Строк виконання етапів роботи	
		За планом	Фактично
1	2	3	4
1	Вибір теми, підбір літературних джерел, формування структури кваліфікаційної роботи	До 30.10.2024	До 30.10.2024
2	**І розділ** (розкрити сутність і стан дослідження наукової проблематики роботи, після чого навести її загальну характеристику; огляд літератури за темою і вибір конкретних напрямів досліджень)	25.12.2024	25.12.2024
3	**ІІ розділ** (аналіз експериментальної частини про методики досліджень)	15.02.2025	15.02.2025
4	**ІІІ розділ** (проведені теоретичні і (або) експериментальні дослідження та проектні рішення)	14.04.2025	14.04.2025
5	**Висновки**	01.05.2025	01.05.2025
6	Доопрацювання роботи з урахуванням зауважень наукового керівника	09.05.2025	09.05.2025
7	Отримання відгуку керівника	03.06.2025	03.06.2025
8	Отримання зовнішньої рецензії	05.06.2025	05.06.2025

8. Дата видачі завдання «14» листопада 2024

9. Керівник кваліфікаційної роботи _____ Філоненко М.М
(підпис) (прізвище, ініціали)

10. Керівник освітньо-професійної програми _____ Ратушняк Т.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

11. Завдання до виконання отримав здобувач вищої освіти _____ Тітенко Н.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

АНОТАЦІЯ

Мобільний додаток «Інтерактивний план корпусів Державного податкового університету»

Мета роботи полягає в розробці інтерактивного плану корпусів Державного податкового університету у вигляді мобільного додатку на платформі Android.

Завданнями роботи є:

- Проведення аналізу предметної області;
- Визначення оптимальних інструментів та технологій;
- Розробка архітектури програмного забезпечення;
- Проєктування інтерфейсу користувача,

Предметом дослідження є технології та методи створення інтерактивного плану

Об'єктом дослідження є процес розробки мобільних навігаційних систем для університетських корпусів.

Базою дослідження є Державний податковий університет.

За результатами дослідження сформульовані етапи створення мобільного додатку інтерактивного плану корпусів.

Одержані результати можуть бути використані для створення інтерактивних планів для різних установ.

Кваліфікаційна робота містить 71 сторінку , 14 рисунків , список використаних джерел містить 24 найменування.

Ключові слова: android, mobile app, java

Рік виконання кваліфікаційної роботи 2025

Рік захисту роботи 2025

ANNOTATION

Mobile application “Interactive plan of buildings of the State Tax University”

The purpose of the work is to develop an interactive plan of buildings of the State Tax University in the form of a mobile application on the Android platform.

The objectives of the work are:

- Analyzing the subject area;
- Identify the best tools and technologies;
- Development of software architecture;
- Designing the user interface,

The subject of the study is technologies and methods of creating an interactive plan

The object of the study is the process of developing mobile navigation systems for university buildings.

The research base is the State Tax University.

Based on the results of the study, the stages of creating a mobile application for an interactive plan of buildings are formulated.

The results can be used to create interactive plans for various institutions.

The qualification work contains 71 pages, 14 figures, and a list of references includes 24 titles.

Keywords: android, mobile app, java

Year of qualification work 2025

Year of work defense 2025

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ 9
ВСТУП 10
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ РОЗРОБКИ ІНТЕРАКТИВНИХ ПЛАНІВ УНІВЕРСИТЕТСЬКИХ КОРПУСІВ 12
1.1 Концептуальні основи створення мобільних навігаційних систем для закладів вищої освіти 12
1.2. Світовий досвід впровадження інтерактивних планів корпусів у закладах вищої освіти 19
1.3 Методологія розробки інтерактивних планів корпусів для мобільних платформ 32
РОЗДІЛ 2. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ІНТЕРАКТИВНОГО ПЛАНУ КОРПУСІВ ДЕРЖАВНОГО ПОДАТКОВОГО УНІВЕРСИТЕТУ 38
2.1 Аналіз інфраструктури та просторового розміщення корпусів університету 38
2.2 Проєктування архітектури програмного забезпечення 41
2.3 Розробка інтерфейсу користувача та функціональних можливостей додатку 46
РОЗДІЛ 3. НАПРЯМИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТА МАСШТАБУВАННЯ ІНТЕРАКТИВНОГО ПЛАНУ КОРПУСІВ УНІВЕРСИТЕТУ 57
3.1 Шляхи вдосконалення функціональних можливостей додатку .. 57
3.2 Перспективи масштабування та впровадження розробленого рішення 62
ВИСНОВКИ 67
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 70

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

API – інтерфейс програмування додатків.

AR – доповнена реальність.

CI/CD – безперервна інтеграція та доставка.

CMS – система управління контентом.

FCM – Firebase Cloud Messaging.

GPS – система глобального позиціонування.

IoT – Інтернет речей.

MVVM – архітектурний шаблон "Модель-Представлення-Модель представлення".

NLP – обробка природної мови.

OSM – OpenStreetMap.

ORM – об'єктно-реляційне відображення.

PWA – прогресивний веб-додаток.

REST – передача репрезентативного стану.

RTK GPS – кінематика реального часу.

SDK – набір інструментів розробки програмного забезпечення.

UI – користувацький інтерфейс.

UX – досвід користувача.

ГІС – географічна інформаційна система

ДПУ – Державний податковий університет

ЧаП – часті запитання

ВСТУП

Розробка інтерактивного плану корпусів Державного податкового університету є актуальною в умовах цифровізації освітнього середовища та впровадження сучасних інформаційних технологій у діяльність закладів вищої освіти. Відсутність зручних цифрових навігаційних рішень на території університетського корпусу створює труднощі для першокурсників, абітурієнтів, відвідувачів та гостей навчального закладу, які прагнуть швидко орієнтуватися в розташуванні навчальних корпусів, адміністративних будівель та інфраструктурних об'єктів.

Щодо актуальності дослідження — інтерактивний план на базі мобільних технологій забезпечить оперативний доступ до інформації про локацію та призначення університетських будівель, що значно підвищить ефективність навігації територією корпусу.

Стан і ступінь розробки проблеми в спеціальній літературі

Проблематиці створення інтерактивних навігаційних систем для закладів освіти присвячено роботи вітчизняних та зарубіжних дослідників. Однак, незважаючи на наявність значної кількості досліджень, присвячених розробці мобільних додатків, питання створення інтерактивних планів університетських корпусів в Україні залишається недостатньо вивченим.

Мета дослідження — розробка інтерактивного плану корпусів Державного податкового університету у вигляді мобільного додатку на платформі Android для покращення навігаційних можливостей на території університетського корпусу.

Завдання дослідження:

1. Систематизувати теоретичні положення щодо розробки мобільних інтерактивних навігаційних систем для освітніх закладів.
2. Проаналізувати існуючі технологічні рішення для створення інтерактивних планів приміщень.

3. Визначити оптимальні інструменти та технології для розробки мобільного додатку.
4. Розробити архітектуру програмного забезпечення інтерактивного плану корпусів університету.
5. Спроєктувати інтерфейс користувача мобільного додатку.
6. Реалізувати функціональні можливості інтерактивного плану.
7. Запропонувати шляхи вдосконалення та масштабування розробленого програмного рішення.

Об'єкт дослідження — процес розробки мобільних навігаційних систем для університетських корпусів.

Предмет дослідження — технології та методи створення інтерактивного плану корпусів Державного податкового університету на платформі Android.

У процесі дослідження використано комплекс **методів**: аналіз та синтез (для вивчення існуючих технологічних рішень та формування концепції додатку), моделювання (для розробки архітектури програмного забезпечення), системний підхід (для інтеграції компонентів додатку), порівняльний аналіз (для вибору оптимальних інструментів розробки), прототипування (для створення макету інтерфейсу), тестування (для перевірки функціональності додатку).

Базою досліджень є Державний податковий університет, розташований у місті Ірпінь Київської області, його територія, інфраструктура та просторове розміщення корпусів.

Науково-практична значимість одержаних результатів: Розроблений інтерактивний план корпусів Державного податкового університету має практичну цінність для студентів, викладачів, відвідувачів та адміністрації університету. Додаток дозволить оптимізувати процес навігації територією корпусу, зменшити часові витрати на пошук необхідних об'єктів, підвищити інформованість користувачів про інфраструктуру університету. Програмне рішення може бути адаптоване для інших закладів вищої освіти України, що робить дослідження універсальним та масштабованим.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ РОЗРОБКИ ІНТЕРАКТИВНИХ ПЛАНІВ УНІВЕРСИТЕТСЬКИХ КОРПУСІВ

1.1 Концептуальні основи створення мобільних навігаційних систем для закладів вищої освіти

Розробка мобільних навігаційних систем для територій закладів вищої освіти є актуальним напрямом інформаційно-технологічного забезпечення освітнього простору, що знаходиться на перетині різних галузей знань: інформаційних технологій, геоінформаційних систем, дизайну інтерфейсів, когнітивної психології та освітнього менеджменту. Університетські корпуси як специфічні просторові об'єкти характеризуються складною інфраструктурою, розгалуженою системою корпусів та постійною циркуляцією великої кількості різних груп користувачів (студенти, викладачі, адміністративний персонал, відвідувачі), що обумовлює особливі вимоги до навігаційних систем такого типу.

Концептуальним підґрунтям для розробки навігаційних систем університетських територій є комплексне розуміння просторової орієнтації людини в середовищі та особливостей функціонування освітніх установ. Систематизація існуючих наукових підходів дозволяє виокремити кілька фундаментальних напрямів теоретичного осмислення проблеми. [7]

Дослідження теоретичних аспектів розробки навігаційних систем для університетських корпусів має міждисциплінарний характер і об'єднує досягнення різних галузей знань. Філософсько-методологічним підґрунтям таких систем є розуміння просторово-часових зв'язків, когнітивних процесів сприйняття просторової інформації та закономірностей орієнтування людини у фізичному середовищі. Психологічні дослідження вказують на важливість врахування когнітивних карт – ментальних репрезентацій просторової інформації, які формуються у свідомості людини та впливають на її здатність до навігації.

Еволюція підходів до навігаційних систем університетських територій

Історично розвиток навігаційних систем для університетських територій пройшов кілька етапів, що відображають загальні тенденції технологічного прогресу та еволюцію наукових підходів до просторової організації. На початковому етапі основним засобом орієнтування були статичні паперові карти та схеми, розміщені на інформаційних стендах. Концептуальною основою таких систем був картографічний підхід, що передбачав умовне графічне відображення просторової інформації з використанням спеціальних символічних позначень.

З розвитком інформаційних технологій відбувся перехід до цифрових статичних схем, розміщених на веб-сайтах університетів, що дозволило розширити доступність просторової інформації, проте все ще залишало користувача пасивним реципієнтом даних. Сучасний етап розвитку характеризується переходом до динамічних інтерактивних навігаційних систем, які забезпечують двосторонню взаємодію з користувачем та адаптуються до його потреб. [25]

Системний підхід до розробки навігаційних систем університетських територій передбачає розуміння такої системи як цілісного комплексу взаємопов'язаних елементів, що функціонують як єдине ціле для досягнення спільної мети – забезпечення ефективної навігації користувачів у просторі корпусу. Відповідно до цього підходу, навігаційна система розглядається як сукупність:

- Просторових даних (координати об'єктів, їх геометричні параметри, взаємне розташування);
- Семантичної інформації (призначення об'єктів, режим роботи, функціональні особливості);
- Технологічних засобів відображення та обробки даних;
- Інтерфейсу взаємодії з користувачем;
- Методів геопозиціонування та визначення маршрутів.

Системний підхід дозволяє забезпечити цілісність та узгодженість усіх компонентів навігаційної системи, що є особливо важливим для складних просторових об'єктів, якими є університетські корпуси. Крім того, він передбачає врахування зв'язків системи із зовнішнім середовищем та можливість її інтеграції з іншими інформаційними системами університету, такими як електронний розклад, система управління навчальним процесом, бібліотечні сервіси тощо.

Методологічно важливим аспектом системного підходу є розуміння ієрархічної структури навігаційної системи, де виділяються різні рівні деталізації – від загального плану корпусу до окремих корпусів, поверхів та аудиторій. Це дозволяє користувачу поступово уточнювати свій маршрут, переходячи від загального до конкретного, що відповідає природному процесу орієнтування людини в просторі.

Когнітивний підхід акцентує увагу на процесах сприйняття, обробки та інтерпретації просторової інформації користувачем. Він ґрунтується на розумінні того, що ефективність навігаційної системи залежить не лише від точності відображення фізичного простору, але й від того, наскільки ця інформація відповідає когнітивним особливостям людини.

Важливими концептами в рамках цього підходу є:

- Когнітивні карти – ментальні репрезентації просторової інформації, які формуються у свідомості користувача під час взаємодії з навігаційною системою та реальним середовищем;
- Просторові орієнтири – виразні елементи середовища, які служать точками відліку при орієнтуванні та запам'ятовуються користувачами;
- Просторові сценарії – типові послідовності дій користувача при переміщенні територією корпусу;
- Інформаційні домінанти – ключові об'єкти, які першочергово привертають увагу користувача.

Застосування когнітивного підходу передбачає врахування психологічних особливостей сприйняття просторової інформації різними групами користувачів, зокрема їхньої здатності до запам'ятовування маршрутів, розпізнавання просторових орієнтирів, інтерпретації умовних позначень тощо. Це дозволяє створювати навігаційні системи, які є не лише точними з технічної точки зору, але й інтуїтивно зрозумілими та зручними для користувачів з різним рівнем просторових здібностей.

Концептуальною основою користувацько-орієнтованого підходу є розуміння того, що навігаційна система повинна проєктуватися з урахуванням потреб, очікувань та характеристик її майбутніх користувачів. Цей підхід передбачає активне залучення представників цільової аудиторії на всіх етапах розробки – від визначення функціональних вимог до тестування прототипів. [9]

У контексті університетських корпусів визначаються кілька ключових груп користувачів, кожна з яких має свої специфічні потреби:

- Студенти першого курсу, які потребують детальної інформації про розташування навчальних аудиторій, адміністративних підрозділів, бібліотеки тощо;
- Студенти старших курсів, які вже орієнтуються в основних локаціях, але можуть потребувати інформації про нові або рідко відвідувані об'єкти;
- Викладачі та адміністративний персонал, які потребують інформації про розміщення службових приміщень, кафедр, деканатів тощо;
- Абітурієнти та їхні батьки, які відвідують університет під час вступної кампанії;
- Гості університету, зокрема учасники конференцій, семінарів, інших заходів;
- Особи з обмеженими можливостями, які потребують інформації про доступність різних об'єктів корпусу.

Користувацько-орієнтований підхід передбачає проведення детального аналізу потреб кожної з цих груп та розробку відповідних функціональних

рішень. Важливим аспектом є врахування різних сценаріїв використання навігаційної системи, таких як:

- Пошук конкретного об'єкта (аудиторії, кафедри, їдальні тощо);
- Планування оптимального маршруту між різними об'єктами;
- Отримання додаткової інформації про об'єкт (розклад роботи, контактні дані, функціональне призначення);
- Орієнтування на місцевості з використанням поточного місцезнаходження користувача.

Технологічний підхід фокусується на виборі оптимальних технологічних рішень для реалізації навігаційної системи. В його основі лежить розуміння технічних можливостей різних платформ та інструментів розробки, а також їхньої відповідності функціональним вимогам системи.

Основними технологічними рішеннями для реалізації мобільних навігаційних систем університетських територій є мобільні додатки для платформ Android та iOS, які забезпечують найбільш функціональний та персоналізований досвід користувача;веб-додатки, доступні через браузер мобільних пристроїв, які не потребують встановлення, але можуть мати обмежену функціональність; прогресивні веб-додатки (PWA), які поєднують переваги веб-сайтів та нативних додатків; гібридні рішення, які поєднують елементи різних технологічних підходів.

Важливим аспектом технологічного підходу є вибір методів геопозиціонування, які можуть включати:

- GPS-навігацію для визначення місцезнаходження користувача на відкритій території корпусу;
- Технології внутрішньої навігації на основі Wi-Fi, Bluetooth-маяків або QR-кодів для орієнтування всередині будівель;
- Використання інерціальних датчиків мобільних пристроїв для визначення напрямку руху користувача.

Технологічний підхід також передбачає вибір оптимальних рішень для зберігання та обробки просторових даних, таких як геоінформаційні системи (ГІС), просторові бази даних, технології комп'ютерного зору для розпізнавання об'єктів тощо.

Інтеграційний підхід передбачає розуміння навігаційної системи не як ізольованого додатку, а як компонента загальної інформаційної екосистеми університету.

Інтеграційний підхід забезпечує синергію різних інформаційних сервісів, підвищуючи загальну ефективність навігаційної системи та розширюючи спектр її функціональних можливостей. Крім того, він дозволяє уникнути дублювання даних та забезпечити їх узгодженість у різних системах.

Адаптивний підхід ґрунтується на розумінні того, що навігаційна система повинна пристосовуватися до різних умов використання та потреб різних користувачів. Це особливо важливо в контексті університетських корпусів, де навігаційну систему використовують різні групи з різними рівнями ознайомленості з територією та різними цілями.

Ключовими аспектами адаптивного підходу є:

- Персоналізація інтерфейсу та функціональності відповідно до профілю користувача (студент, викладач, відвідувач тощо);
- Адаптація відображуваної інформації залежно від контексту використання (пошук аудиторії, планування маршруту, ознайомлення з корпусом);
- Врахування поточного місцезнаходження користувача та часу доби при формуванні рекомендацій та маршрутів;
- Адаптація до різних технічних характеристик пристроїв (розмір екрану, наявність GPS, обсяг оперативної пам'яті тощо);
- Забезпечення доступності для користувачів з обмеженими можливостями (адаптація інтерфейсу, надання інформації про безбар'єрний доступ).

Адаптивний підхід дозволяє створювати навігаційні системи, які є гнучкими та придатними для використання в різних сценаріях, що підвищує їхню практичну цінність для користувачів. [10]

Аналіз сучасного стану розвитку мобільних навігаційних систем для університетських територій дозволяє виокремити кілька ключових тенденцій, що визначають концептуальні основи їх розробки:

- Перехід від статичних планів до динамічних інтерактивних систем, які оновлюються в реальному часі та адаптуються до потреб користувача;
- Інтеграція різних технологій геопозиціонування для забезпечення безперервної навігації як на відкритій території корпусу, так і всередині будівель;
- Використання технологій доповненої реальності для накладання навігаційної інформації на зображення реального світу, що полегшує орієнтування користувача;
- Застосування елементів штучного інтелекту для персоналізації навігаційних рекомендацій та адаптації системи до поведінки користувача;
- Розвиток соціальних аспектів навігації, що дозволяють користувачам обмінюватися інформацією про локації, залишати відгуки та рекомендації;
- Підвищення енергоефективності навігаційних додатків для забезпечення тривалої роботи на мобільних пристроях;
- Забезпечення безпеки та конфіденційності даних користувачів при збереженні повної функціональності навігаційної системи.

1.2. Світовий досвід впровадження інтерактивних планів корпусів у закладах вищої освіти

Впровадження інтерактивних планів корпусів у закладах вищої освіти є важливим елементом цифрової трансформації освітнього середовища, що сприяє підвищенню доступності просторової інформації та покращенню навігаційних можливостей для різних категорій користувачів. Міжнародний досвід демонструє різноманітність підходів до реалізації таких систем, зумовлену як специфікою просторової організації університетських територій, так і стратегічними пріоритетами закладів освіти у сфері цифровізації.

Аналіз світової практики впровадження інтерактивних планів корпусів свідчить про зростаючу тенденцію використання відкритих програмних рішень та технологій для створення навігаційних систем. Це обумовлено низкою факторів, серед яких доступність технологій, можливість їх адаптації до специфічних потреб закладу, наявність спільноти розробників, яка забезпечує постійний розвиток та вдосконалення програмних рішень, а також відсутність ліцензійних обмежень, що дозволяє інтегрувати різні компоненти та створювати комплексні навігаційні системи.

Особливу увагу в контексті впровадження інтерактивних планів корпусів варто приділити технологічним платформам та інструментам, які забезпечують функціонування таких систем. Серед провідних технологій необхідно відзначити: JavaScript-бібліотеки для роботи з інтерактивними картами (Leaflet, OpenLayers), картографічні сервіси та інструменти візуалізації (Mapbox, TileMill), відкриті картографічні дані (OpenStreetMap) та фреймворки для розробки веб-додатків (ExtJS, React, Angular). Комбінування цих технологій дозволяє створювати гнучкі, масштабовані та функціональні навігаційні системи, які відповідають специфічним потребам університетських корпусів. [12]

Університет Колорадо в Боулдері впровадив інтерактивний план корпусу, який демонструє інноваційний підхід до інтеграції різних технологічних

рішень. Система навігації університету базується на комбінації технологій Leaflet, Mapbox, TileMill та даних OpenStreetMap (OSM), що забезпечує високу функціональність та гнучкість. Принципово важливим аспектом реалізації даної системи є використання відкритих програмних рішень, що дозволяє університету не лише зменшити витрати на розробку та підтримку системи, але й забезпечити її постійний розвиток та вдосконалення.

Інтерактивний план корпусу Університету Колорадо в Боулдері, зображений на рис. 1.1, представляє собою веб-додаток з інтуїтивно зрозумілим інтерфейсом, який дозволяє користувачам легко знаходити необхідні об'єкти та будівлі на території корпусу.

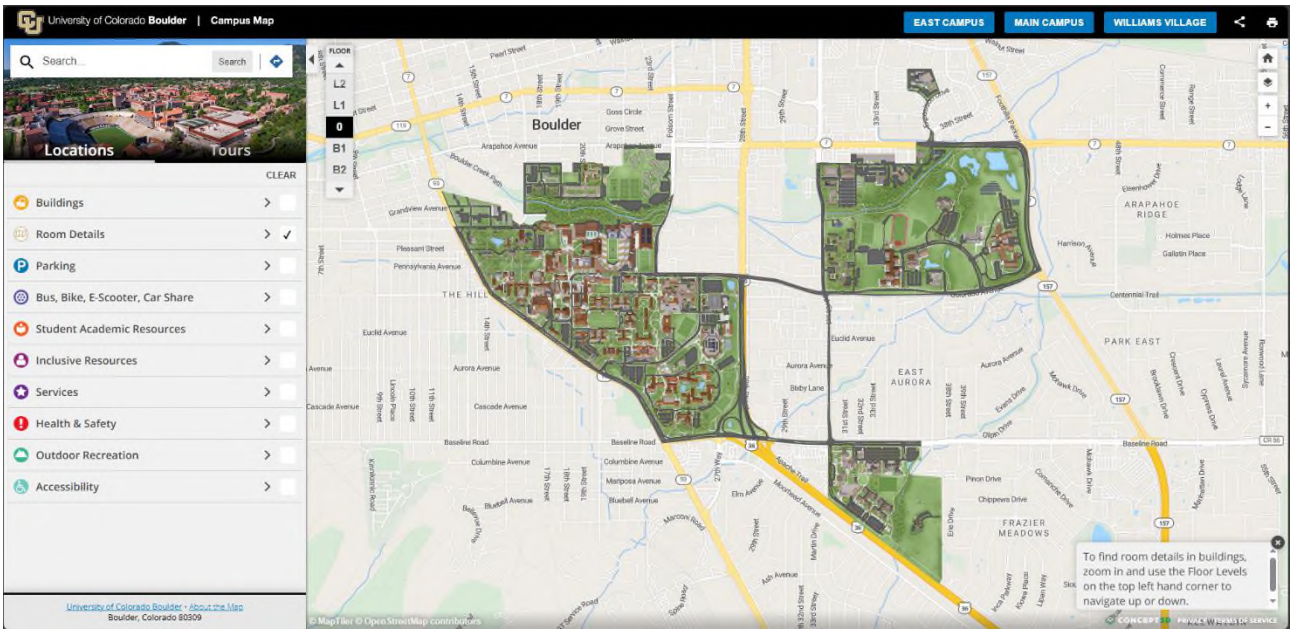


Рис. 1.1. Інтерактивний план корпусу Університету Колорадо в Боулдері, реалізований на базі технологій Leaflet, Mapbox та OpenStreetMap

Технологія Leaflet, яка використовується в основі навігаційної системи університету, є легковагою JavaScript-бібліотекою для створення інтерактивних карт, що забезпечує високу продуктивність на різних пристроях, включаючи мобільні. Mapbox надає інструменти для стилізації карт та роботи з геопросторовими даними, що дозволяє створювати візуально привабливі та інформативні картографічні рішення. TileMill, як інструмент для дизайну карт,

забезпечує можливість детальної настройки відображення різних елементів карти, включаючи кольорову схему, шрифти, товщину ліній тощо. Дані OpenStreetMap слугують основою для географічної інформації, що дозволяє відображати не лише територію корпусу, але й прилеглі райони міста.

Особливістю навігаційної системи Університету Колорадо в Боулдері є можливість фільтрації об'єктів за категоріями (навчальні корпуси, гуртожитки, спортивні споруди, паркінги тощо), що значно полегшує пошук необхідної інформації. Крім того, система підтримує функцію пошуку за назвою об'єкта, що дозволяє користувачам швидко знаходити конкретні будівлі або приміщення.

Університет Вісконсин-Медісон реалізував одну з найбільш функціональних та технологічно досконалих навігаційних систем серед американських університетів. Використовуючи комбінацію технологій Leaflet, Mapbox, TileMill та OpenStreetMap, університет створив інтерактивний план корпусу, який відзначається високим рівнем адаптивності та доступності для різних категорій користувачів.

Інтерактивний план корпусу Університету Вісконсин-Медісон, представлений на рис. 1.2, демонструє комплексний підхід, який враховує потреби різних груп користувачів, включаючи студентів, викладачів, відвідувачів та осіб з обмеженими можливостями.

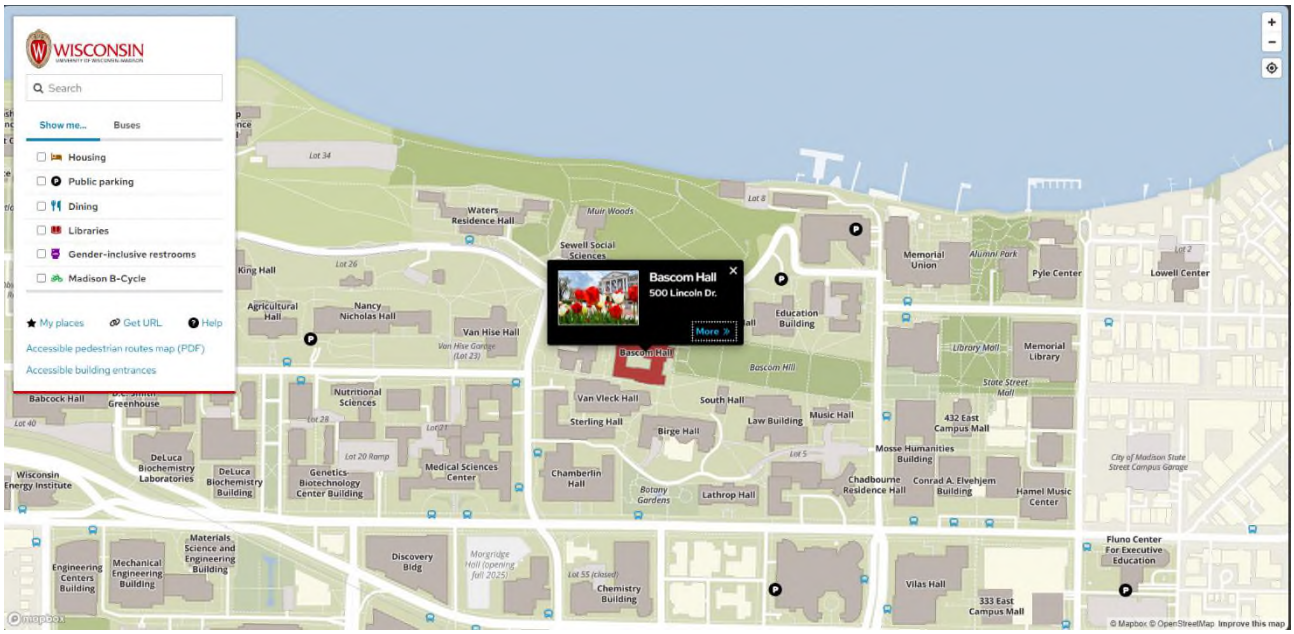


Рис. 1.2. Інтерактивний план корпусу Університету Вісконсин-Медісон з адаптивним інтерфейсом та функціями доступності

Особливу увагу в навігаційній системі Університету Вісконсин-Медісон приділено питанням доступності для осіб з обмеженими можливостями. Система містить детальну інформацію про доступність різних об'єктів корпусу, включаючи наявність пандусів, ліфтів, спеціалізованих санітарних приміщень тощо. Користувачі можуть обрати опцію побудови маршрутів з урахуванням вимог до безбар'єрного доступу, що дозволяє особам з обмеженими можливостями ефективно планувати свої переміщення територією корпусу.

Адаптивність інтерфейсу навігаційної системи забезпечує коректне відображення на різних пристроях, включаючи настільні комп'ютери, планшети та мобільні телефони. Це досягається завдяки використанню сучасних підходів до розробки веб-додатків, зокрема, принципів адаптивного дизайну та прогресивного покращення (progressive enhancement).

Технічна реалізація системи базується на використанні бібліотеки Leaflet для роботи з інтерактивними картами, платформи Mapbox для стилізації та візуалізації карт, інструмента TileMill для дизайну картографічних шарів та даних OpenStreetMap як основи географічної інформації. Така комбінація технологій забезпечує високу продуктивність, гнучкість та розширюваність системи.

Університет Каліфорнії в Санта-Крус: гібридний підхід до навігаційних технологій

Університет Каліфорнії в Санта-Крус реалізував інноваційний підхід до створення інтерактивного плану корпусу, який полягає у використанні різних технологічних рішень для різних компонентів системи. Зокрема, університет використовує як бібліотеку OpenLayers в поєднанні з даними OpenStreetMap, так і бібліотеку Leaflet з тими ж картографічними даними для різних функціональних модулів системи.

Інтерактивний план корпусу Університету Каліфорнії в Санта-Крус, який можна побачити на рис. 1.3, демонструє гнучкість та комплексність підходу до створення навігаційної системи, що дозволяє використовувати переваги різних технологічних рішень.

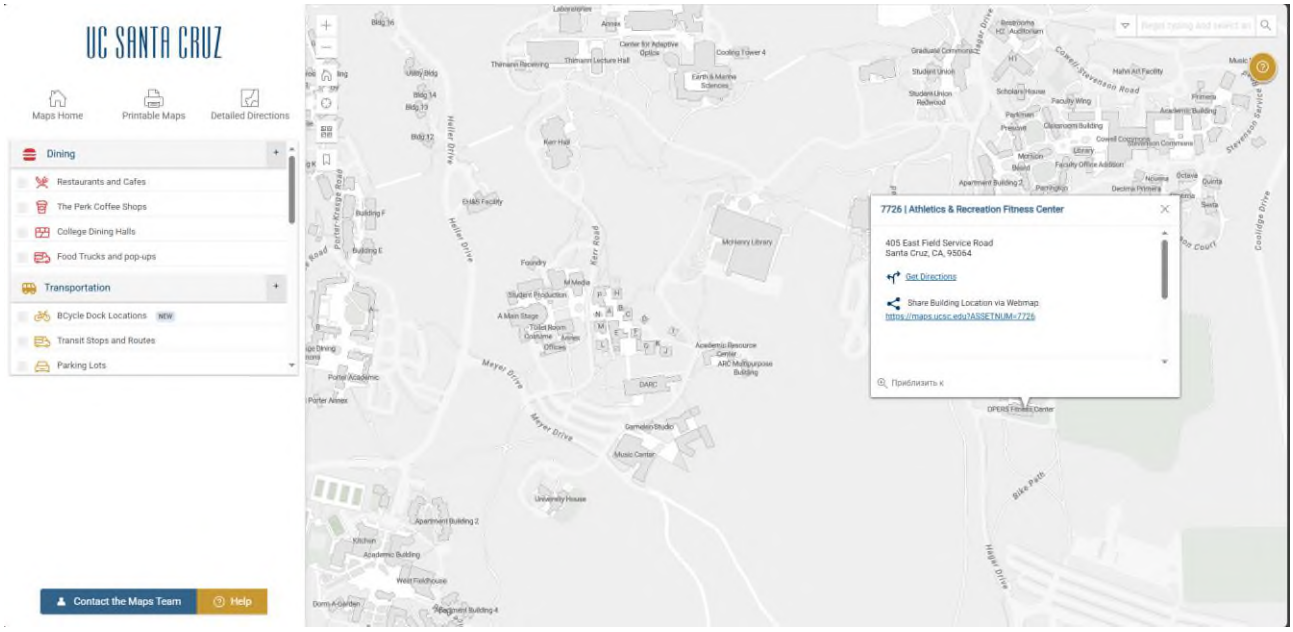


Рис. 1.3. Інтерактивний план корпусу Університету Каліфорнії в Санта-Крус, реалізований на базі технологій OpenLayers та Leaflet

Однією з особливостей навігаційної системи Університету Каліфорнії в Санта-Крус є інтеграція з розкладом занять та іншими інформаційними системами університету. Це дозволяє студентам не лише знаходити необхідні аудиторії та будівлі, але й отримувати актуальну інформацію про заняття, що проводяться в них. Така інтеграція значно підвищує практичну цінність навігаційної системи та сприяє її активному використанню студентами та викладачами.

Використання бібліотеки OpenLayers, яка є більш функціональною, але водночас більш ресурсомісткою, для основних компонентів системи дозволяє забезпечити широкий спектр навігаційних можливостей, включаючи детальне зонування території корпусу, відображення різних шарів картографічної інформації, підтримку векторної графіки тощо. Водночас, використання більш

легковагої бібліотеки Leaflet для мобільної версії системи забезпечує оптимальну продуктивність на пристроях з обмеженими ресурсами.

Дані OpenStreetMap, які лежать в основі картографічної інформації, забезпечують актуальність та точність відображення не лише території корпусу, але й прилеглих районів міста. Це особливо важливо для Університету Каліфорнії в Санта-Крус, який розташований в живописній місцевості з складним рельєфом, що впливає на планування маршрутів та орієнтування на території корпусу.

Університет Монтани: мінімалістичний дизайн та ефективність

Університет Монтани реалізував інтерактивний план корпусу з використанням технології TileMill, що дозволило створити візуально привабливе та функціональне картографічне рішення з мінімалістичним дизайном. Особливістю цього підходу є фокус на оптимізації візуальної складової карти, що досягається завдяки можливостям TileMill з детального налаштування стилів відображення картографічних елементів.

На рис. 1.4 представлений інтерактивний план корпусу Університету Монтани, який демонструє принципи мінімалістичного дизайну та функціональності, характерні для даного рішення.



Рис. 1.4. Інтерактивний план корпусу Університету Монтани, реалізований на базі технології TileMill

TileMill, який використовується як основний інструмент для створення картографічного рішення Університету Монтани, є програмою для дизайну карт, що дозволяє створювати високоякісні картографічні зображення з використанням мови стилізації CartoCSS. Цей інструмент надає розробникам можливість детально налаштовувати візуальні аспекти карти, включаючи кольорову схему, шрифти, товщину ліній, відображення різних типів об'єктів тощо.

Мінімалістичний дизайн картографічного рішення Університету Монтани характеризується використанням обмеженої кольорової палітри, чіткою ієрархією візуальних елементів та фокусом на найбільш важливій інформації. Це дозволяє користувачам легко сприймати та інтерпретувати просторову інформацію, що особливо важливо для осіб, які вперше відвідують корпус.

Незважаючи на відносну простоту технологічного рішення порівняно з іншими університетами, навігаційна система Університету Монтани відзначається високою ефективністю та задовольняє основні потреби користувачів у просторовій інформації. Це демонструє важливість збалансованого підходу до вибору технологій з урахуванням специфічних потреб та особливостей конкретного університету.

Університет Делавера впровадив інтерактивний план корпусу на основі технологій OpenLayers та OpenStreetMap, який відзначається високим рівнем інтеграції з іншими інформаційними системами університету. Це дозволяє забезпечити комплексний підхід до надання просторової інформації та підвищити корисність навігаційної системи для різних груп користувачів.

На рис. 1.5 представлений інтерактивний план корпусу Університету Делавера, який демонструє інтеграційний підхід до створення навігаційної системи.



Рис. 1.5. Інтерактивний план корпусу Університету Делавера, інтегрований з іншими інформаційними системами

Технологія OpenLayers, яка використовується в навігаційній системі Університету Делавера, є потужною JavaScript-бібліотекою для роботи з інтерактивними картами, що забезпечує широкий спектр функціональних можливостей. Вона дозволяє відображати різні шари картографічної інформації, працювати з векторною графікою, підтримує різні проекції та координатні системи, що важливо для точного відображення просторової інформації.

Особливістю навігаційної системи Університету Делавера є її інтеграція з системою управління навчальним процесом, електронним розкладом, системою бронювання приміщень та іншими інформаційними сервісами університету. Це дозволяє користувачам отримувати комплексну інформацію про об'єкти корпусу, включаючи не лише їх розташування, але й актуальні дані про події, що проводяться в них, розклад занять, доступність для бронювання тощо. [22]

Інтеграційний підхід, реалізований в Університеті Делавера, дозволяє суттєво підвищити практичну цінність навігаційної системи та забезпечити її активне використання різними групами користувачів. Це досягається завдяки створенню єдиного інформаційного простору, в якому просторові дані органічно

поєднуються з іншими типами інформації, що стосуються діяльності університету.

Університет Меріленду впровадив інтерактивний план корпусу на основі технологій OpenLayers та OpenStreetMap, який відзначається особливою увагою до питань доступності та інклюзивності. Система навігації університету спроєктована таким чином, щоб задовольнити потреби всіх категорій користувачів, включаючи осіб з різними типами обмежених можливостей.

На рис. 1.6 представлений інтерактивний план корпусу Університету Меріленду, який демонструє інклюзивний підхід до створення навігаційної системи.

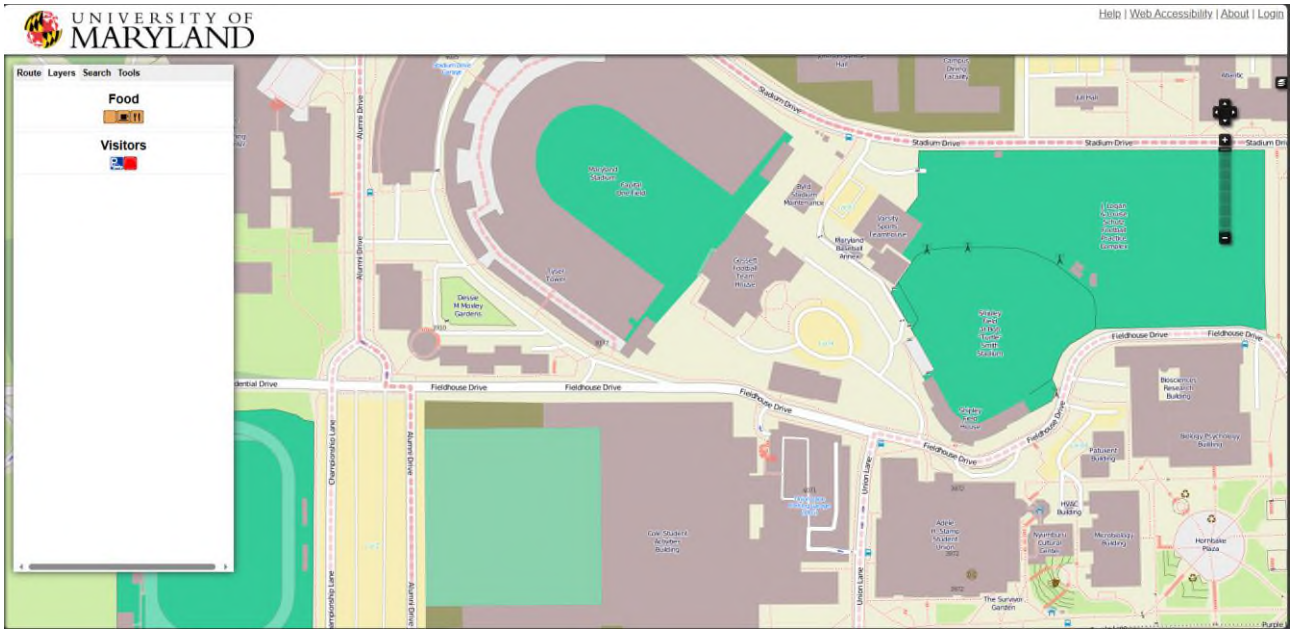


Рис. 1.6. Інтерактивний план корпусу Університету Меріленду з акцентом на доступності та інклюзивності

Навігаційна система Університету Меріленду містить детальну інформацію про доступність різних об'єктів корпусу для осіб з обмеженими можливостями, включаючи наявність пандусів, ліфтів, спеціалізованих санітарних приміщень, тактильних доріжок для осіб з вадами зору тощо. Крім того, система підтримує функцію побудови маршрутів з урахуванням вимог до

безбар'єрного доступу, що дозволяє особам з обмеженими можливостями ефективно планувати свої переміщення територією корпусу.

Особливу увагу в навігаційній системі Університету Меріленду приділено питанням доступності самого інтерфейсу для різних категорій користувачів. Система відповідає стандартам доступності WCAG 2.1, що забезпечує її використання особами з різними типами обмежених можливостей, включаючи вади зору, слуху, моторики тощо. Це досягається завдяки використанню семантичної розмітки, альтернативного тексту для зображень, можливості навігації за допомогою клавіатури, підтримки програм читання з екрану та інших технологій допоміжного доступу. [21]

Технічна реалізація системи на базі OpenLayers та OpenStreetMap забезпечує гнучкість та розширюваність, що дозволяє постійно вдосконалювати функціональні можливості навігаційної системи відповідно до зміни потреб користувачів та розвитку технологій. OpenLayers, як потужна бібліотека для роботи з інтерактивними картами, забезпечує широкий спектр можливостей для відображення просторової інформації та взаємодії з нею.

Коледж Вассар: інтеграція класичного дизайну та сучасних технологій

Коледж Вассар, один з престижних ліберальних коледжів США, впровадив інтерактивний план корпусу на основі технологій OpenLayers та ExtJS, що дозволило створити функціональну та естетично привабливу навігаційну систему, яка гармонійно поєднує класичний дизайн з сучасними технологічними рішеннями.

На рис. 1.7 представлений інтерактивний план корпусу Коледжу Вассар, який демонструє інтеграцію класичного дизайну та сучасних технологій.



Рис. 1.7. Інтерактивний план корпусу Коледжу Вассар, реалізований на базі технологій OpenLayers та ExtJS

Особливістю навігаційної системи Коледжу Вассар є використання фреймворку ExtJS для створення інтерактивного користувацького інтерфейсу. ExtJS є потужним JavaScript-фреймворком для розробки веб-додатків, який забезпечує широкі можливості для створення складних інтерфейсів з багатим функціоналом. Використання цього фреймворку дозволило реалізувати такі функції, як динамічна фільтрація об'єктів, панель пошуку з автодоповненням, деревоподібна структура категорій об'єктів, спливаючі вікна з детальною інформацією про об'єкти тощо.

Інтеграція ExtJS з бібліотекою OpenLayers, яка використовується для роботи з картографічною інформацією, забезпечує плавну взаємодію між різними компонентами системи та створює єдиний, цілісний користувацький досвід. OpenLayers надає можливості для відображення різних шарів картографічної інформації, роботи з векторною графікою, підтримки різних проекцій та координатних систем, що важливо для точного відображення просторової інформації.

Естетичний аспект навігаційної системи Коледжу Вассар заслуговує окремої уваги. Дизайн системи гармонійно поєднує класичні елементи, що відображають історичну спадщину коледжу, з сучасними підходами до організації інтерфейсу. Це досягається завдяки використанню спеціально розробленої кольорової схеми, типографіки та іконографіки, які відповідають загальному візуальному стилю коледжу.

Важливою особливістю навігаційної системи Коледжу Вассар є її історичний контекст. Система містить не лише інформацію про поточне розташування об'єктів корпусу, але й історичні відомості про будівлі та споруди, що має особливе значення для коледжу з багатою історією, заснованого в 1861 році. Користувачі можуть переглядати історичні фотографії будівель, інформацію про їх архітектурний стиль, значення в історії коледжу тощо.

Аналіз світового досвіду впровадження інтерактивних планів корпусів у закладах вищої освіти дозволяє визначити перспективні напрями розвитку таких систем та можливості їх імплементації в українських університетах. [13]

Одним з перспективних напрямів є використання технологій доповненої реальності (AR) для створення більш інтуїтивних та інформативних навігаційних систем. Це дозволить користувачам отримувати просторову інформацію безпосередньо під час перебування на території корпусу, використовуючи камеру мобільного пристрою для накладання навігаційної інформації на зображення реального світу. Такі технології вже починають впроваджуватися в деяких провідних університетах світу та демонструють високу ефективність, особливо для орієнтування в складних просторових структурах.

Іншим перспективним напрямом є інтеграція навігаційних систем з технологіями Інтернету речей (IoT) для створення "розумних" корпусів, де різні об'єкти інфраструктури можуть надавати актуальну інформацію про свій стан та доступність. Це дозволить, наприклад, відображати в реальному часі інформацію про заповненість аудиторій, доступність обладнання, наявність вільних місць у бібліотеці або їдальні тощо.

Для українських університетів впровадження інтерактивних планів корпусів на основі відкритих програмних рішень та технологій може стати важливим кроком у напрямку цифровізації освітнього середовища та підвищення його доступності для різних категорій користувачів. Використання досвіду провідних світових університетів, з урахуванням специфіки українського контексту, дозволить створити ефективні навігаційні системи, які відповідатимуть потребам студентів, викладачів та відвідувачів.

Важливим аспектом є також залучення студентів та викладачів до процесу розробки та вдосконалення навігаційних систем, що може бути реалізовано в рамках навчальних проєктів, практик або волонтерських ініціатив. Це не лише дозволить зменшити витрати на розробку та підтримку системи, але й забезпечить її відповідність реальним потребам користувачів та сприятиме формуванню практичних навичок у студентів. [17]

1.3 Методологія розробки інтерактивних планів корпусів для мобільних платформ

Розробка інтерактивних планів корпусів для мобільних платформ вимагає системного методологічного підходу, що інтегрує досягнення різних галузей: програмної інженерії, картографії, геоінформаційних систем, теорії людино-машинної взаємодії та когнітивної психології. Особливості мобільних пристроїв як основної платформи для реалізації сучасних навігаційних рішень зумовлюють специфічні вимоги до проєктування та розробки відповідних додатків. Університетські корпуси як об'єкти картографування характеризуються унікальною просторовою структурою, що включає різнофункціональні будівлі, зони рекреації, транспортні шляхи та інфраструктурні об'єкти, відображення яких потребує спеціалізованих методологічних підходів. [6]

Методологія розробки інтерактивних планів корпусів для мобільних платформ має фундаментальну основу в загальних принципах програмної інженерії, але з урахуванням специфіки геоінформаційних систем та особливостей мобільних пристроїв. Формування методологічної бази для такої розробки відбувається на перетині різних наукових дисциплін та практичних підходів, що забезпечує комплексність та ефективність створюваних рішень.

У сучасному науковому дискурсі сформувалися різноманітні методологічні підходи до розробки мобільних навігаційних систем, зокрема: ітеративний підхід, що передбачає поступове покращення функціональності системи на основі зворотного зв'язку від користувачів; компонентно-орієнтований підхід, заснований на розробці незалежних функціональних компонентів з подальшою їх інтеграцією; гібридний підхід, що поєднує нативну розробку з кросплатформеними рішеннями; адаптивний підхід, зосереджений на пристосуванні системи до різних умов використання та характеристик пристроїв.

Методологічною основою розробки інтерактивних планів корпусів для мобільних платформ є розуміння циклічності процесу, що включає етапи аналізу

вимог, проєктування, реалізації, тестування та впровадження. Кожен з цих етапів має специфічні особливості, зумовлені характером просторової інформації та обмеженнями мобільних пристроїв. Особливу увагу в методології розробки приділяють питанням збору та структурування просторових даних, вибору оптимальних технологій візуалізації, забезпечення продуктивності додатку та його адаптивності до різних пристроїв.

Важливим методологічним принципом є орієнтація на потреби користувача та врахування особливостей сприйняття просторової інформації різними групами користувачів. Це передбачає проведення досліджень користувацького досвіду на різних етапах розробки, формування персон користувачів та сценаріїв використання, проведення юзабіліті-тестувань та аналізу отриманих результатів. Такий підхід дозволяє створювати навігаційні системи, що відповідають реальним потребам цільової аудиторії та забезпечують позитивний досвід використання. [20]

У контексті розробки інтерактивних планів корпусів для мобільних пристроїв особливої значущості набуває методологічно обґрунтований вибір технологічних платформ та фреймворків, які забезпечуватимуть функціональність, продуктивність та масштабованість системи. Аналіз сучасного технологічного ландшафту дозволяє виокремити кілька основних підходів до розробки мобільних додатків, кожен з яких має свої методологічні особливості та сфери застосування.

Нативна розробка для платформи Android, яка базується на використанні офіційного інструментарію та мов програмування Java або Kotlin, забезпечує найвищий рівень продуктивності та доступ до всіх системних функцій пристрою. Методологічною основою нативної розробки є дотримання принципів Material Design, використання компонентної архітектури та паттернів проєктування, рекомендованих Google. Середовище розробки Android Studio надає інтегрований інструментарій для всіх етапів життєвого циклу додатку – від проєктування інтерфейсу до тестування та оптимізації продуктивності.

Фреймворк Jetpack Compose, представлений Google як сучасний інструментарій для розробки користувацького інтерфейсу, пропонує декларативний підхід до створення UI, що дозволяє спростити процес розробки та підвищити його ефективність. Методологічною особливістю використання Jetpack Compose є орієнтація на функціональне програмування та реактивний підхід до оновлення інтерфейсу, що особливо важливо для динамічних навігаційних систем, які повинні реагувати на зміни в реальному часі. [1]

Кросплатформена розробка, що дозволяє створювати додатки для різних мобільних операційних систем з використанням єдиної кодової бази, представлена такими фреймворками як Flutter, React Native та Xamarin. Методологічно кросплатформена розробка орієнтована на максимальне повторне використання коду та абстрагування від специфіки конкретних платформ. Flutter, розроблений Google, використовує мову Dart та власний рендеринг-двигун для створення візуально багатих інтерфейсів з високою продуктивністю. React Native, розроблений Facebook, базується на JavaScript та компонентному підході до створення інтерфейсів, з можливістю інтеграції нативного коду для платформо-специфічних функцій. [14,15]

Гібридний підхід, що поєднує елементи веб-розробки з нативним контейнером, представлений фреймворками Apache Cordova, Ionic та Capacitor. Методологічно гібридна розробка орієнтована на використання веб-технологій (HTML, CSS, JavaScript) для створення інтерфейсу та функціональності додатку, з доступом до нативних функцій пристрою через спеціальні плагіни. Такий підхід дозволяє розробникам з досвідом веб-розробки створювати мобільні додатки без необхідності вивчення нових мов програмування.

Прогресивні веб-додатки (PWA) представляють собою особливий методологічний підхід, що поєднує переваги веб-сайтів (доступність, незалежність від платформи) та нативних додатків (можливість офлайн-роботи, доступ до апаратних функцій пристрою). Методологічною основою розробки PWA є використання сервіс-воркерів для кешування даних та забезпечення

офлайн-функціональності, веб-маніфестів для визначення метаданих додатку та API-інтерфейсів для доступу до функцій пристрою.

Вибір конкретного технологічного підходу та фреймворку для розробки інтерактивного плану корпусів університету має ґрунтуватися на методологічно обґрунтованому аналізі вимог до системи, наявних ресурсів та компетенцій розробників, а також специфіки цільової аудиторії. Критеріями вибору можуть бути продуктивність, функціональність, доступність технічної підтримки, перспективи розвитку технології, відповідність стандартам та рекомендаціям.

Методологія розробки інтерактивних планів корпусів для мобільних платформ має враховувати аспекти інтеграції з іншими інформаційними системами університету та забезпечення стійкості та масштабованості рішення в умовах змінного інформаційного середовища. Формування комплексного підходу до інтеграції дозволяє максимізувати практичну корисність навігаційної системи та забезпечити її гармонійне впровадження в екосистему університету.

Інтеграція з системою управління навчальним процесом є методологічно обґрунтованим напрямком розвитку інтерактивних планів корпусів, що дозволяє забезпечити зв'язок між просторовою інформацією та освітньою діяльністю. Така інтеграція може включати: відображення на плані аудиторій, де проводяться заняття відповідно до розкладу конкретного студента або викладача; надання інформації про поточні та заплановані заняття при виборі аудиторії на плані; можливість побудови оптимального маршруту між аудиторіями відповідно до послідовності занять; відображення зайнятості аудиторій у реальному часі для планування самостійної роботи або спонтанних зустрічей.

Інтеграція з бібліотечною системою університету дозволяє пов'язати просторову інформацію з бібліотечними ресурсами та сервісами. Методологічно такий підхід може включати: відображення на плані місцезнаходження бібліотеки, читальних залів та спеціалізованих колекцій; надання інформації про наявність та розташування конкретних видань у фізичному просторі бібліотеки;

відображення даних про завантаженість читальних залів у реальному часі; інтеграція з системою бронювання робочих місць або групових кімнат у бібліотеці.

Інтеграція з системою сповіщень та інформування про події дозволяє збагатити інтерактивний план корпусів актуальною інформацією про заходи, що проводяться на території корпусу. Методологічно такий підхід може включати: відображення на плані місць проведення поточних та запланованих подій; надання детальної інформації про події при виборі відповідного місця на плані; можливість фільтрації подій за категоріями, часом проведення тощо; персоналізовані сповіщення про події, що відбуваються поблизу поточного місцезнаходження користувача або відповідають його інтересам.

Інтеграція з системою управління інфраструктурою університету дозволяє забезпечити актуальність просторової інформації та врахування стану різних об'єктів корпусу. Методологічно такий підхід може включати: відображення на плані інформації про тимчасові обмеження доступу до певних зон через ремонтні роботи, технічні проблеми тощо; урахування стану інфраструктурних об'єктів при побудові маршрутів (наприклад, виключення з маршруту непрацюючих ліфтів); надання інформації про доступність та стан інфраструктурних сервісів, таких як їдальні, кав'ярні, копіювальні центри тощо. [16]

Методологічно важливим аспектом інтеграції є забезпечення технічної взаємодії між різними системами за допомогою стандартизованих протоколів та інтерфейсів, таких як RESTful API, GraphQL або SOAP. Такий підхід дозволяє створити гнучку архітектуру, де різні компоненти можуть взаємодіяти між собою, зберігаючи при цьому незалежність та можливість окремого розвитку. Важливим методологічним принципом є забезпечення консистентності даних між різними системами, що може потребувати розробки механізмів синхронізації, версіонування та вирішення конфліктів. [2]

Впровадження інтерактивного плану корпусів у структуру інформаційного забезпечення університету є методологічно складним процесом, що потребує

системного підходу та врахування різних аспектів: технічних, організаційних, навчальних тощо. Методологічно обґрунтованим є поетапний підхід до впровадження, що включає: пілотне тестування з обмеженою групою користувачів для виявлення проблем та збору зворотного зв'язку; поступове розширення функціональності та охоплення території корпусу; проведення навчання та інформування різних груп користувачів про можливості системи; збір та аналіз метрик використання для постійного вдосконалення системи.

Аналіз методологічних аспектів розробки інтерактивних планів корпусів для мобільних платформ дозволяє виокремити кілька ключових принципів, що забезпечують ефективність та успішність таких систем. Системний підхід до інтеграції різних технологічних компонентів, орієнтація на потреби користувача, забезпечення адаптивності та доступності, використання сучасних методів візуалізації просторових даних та навігації – ці принципи формують комплексну методологічну основу для розробки навігаційних рішень у контексті університетських корпусів.

Методологія розробки інтерактивних планів корпусів для мобільних платформ є динамічною галуззю, що постійно розвивається під впливом технологічних інновацій, змін у потребах користувачів та еволюції освітнього середовища. Формування адаптивної та гнучкої методологічної бази, здатної інтегрувати нові підходи та технології, є ключовою умовою створення ефективних навігаційних рішень для університетських корпусів у сучасному цифровому світі.

РОЗДІЛ 2. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ІНТЕРАКТИВНОГО ПЛАНУ КОРПУСІВ ДЕРЖАВНОГО ПОДАТКОВОГО УНІВЕРСИТЕТУ

2.1 Аналіз інфраструктури та просторового розміщення корпусів університету

Аналіз просторового розташування корпусів Державного податкового університету є фундаментальним етапом розробки інтерактивного плану, оскільки визначає структуру даних, функціональні вимоги та особливості реалізації мобільного додатку. Проведене дослідження інфраструктури університетського корпусу, представленого на рис. 2.1, дозволило виявити ключові характеристики території, що мають значення для проєктування навігаційної системи.



Рис. 2.1. План-схема корпусу Державного податкового університету]

Територія Державного податкового університету представляє собою комплексний просторовий об'єкт із розгалуженою інфраструктурою, що включає 24 основні будівлі різного функціонального призначення. Специфіка розташування корпусів характеризується виразною зональністю – адміністративні, навчальні, культурно-соціальні та житлові об'єкти формують відносно відокремлені функціональні кластери, з'єднані мережею внутрішніх доріжок та проїздів.

Центральна частина корпусу (об'єкти 1-5) представлена адміністративно-навчальним ядром, де розташовано Центральний корпус Університету та супутні адміністративні будівлі. Ця зона характеризується парадним архітектурним оформленням та є точкою відліку для орієнтування на території корпусу. Північно-західна частина території (об'єкти 9-12) відведена під житлову зону з гуртожитками та спортивним комплексом, що формує окремий функціональний кластер. Північно-східна частина (об'єкти 13-17) містить навчально-наукові інститути та об'єкти інфраструктурного забезпечення, такі як Бібліотека та Центр інформаційних технологій. Південно-західна частина (об'єкти 18-22) сконцентрувала профільні навчально-наукові інститути економічного, фінансового та гуманітарного спрямування.

Особливістю просторової організації корпусу є наявність водойми в північній частині території, що створює природний бар'єр між функціональними зонами та водночас формує естетично привабливий ландшафтний елемент. Транспортна мережа корпусу включає головну вулицю (вул. Карла Маркса/Університетська), що проходить вздовж південного периметру території, та систему внутрішніх проїздів, що забезпечують доступ до всіх об'єктів.

Аналіз функціонального призначення об'єктів університетського корпусу дозволив виділити кілька категорій будівель, що потребують диференційованого підходу при відображенні в інтерактивному плані:

- Адміністративні будівлі (Центральний корпус Університету, Студентське самоврядування) – об'єкти, що забезпечують управлінські функції та потребують пріоритетного відображення як ключові точки орієнтування;
- Навчальні корпуси та інститути (Навчально-науковий інститут права, Навчально-науковий інститут економіки, оподаткування та митної справи, Факультет підготовки, перепідготовки та підвищення кваліфікації працівників податкової міліції та інші) – основні об'єкти для студентів та викладачів, що потребують детального інформаційного супроводу;
- Об'єкти соціально-побутової інфраструктури (Студентська їдальня, Культурно-мистецький центр «Сузір'я», Храм Св. Миколая Чудотворця) – об'єкти, що забезпечують повсякденні потреби студентів та працівників;
- Гуртожитки (Гуртожиток №1, Гуртожиток факультету податкової міліції, Гуртожитки №2-4) – об'єкти житлового призначення, що мають особливе значення для студентів;
- Об'єкти спортивно-оздоровчого призначення (Спортивний комплекс Університету) – спеціалізовані об'єкти для фізичного розвитку;
- Об'єкти інформаційного забезпечення (Бібліотека, Центр інформаційних технологій) – інфраструктурні об'єкти для підтримки навчального процесу;
- Об'єкти спеціального призначення (Конференц-комплекс, Приймальна комісія, Центр дистанційної освіти) – об'єкти, що забезпечують специфічні функції університету.

Аналіз просторової доступності об'єктів корпусу виявив нерівномірність розподілу будівель територією, що створює потенційні складнощі для навігації, особливо для нових відвідувачів. Середня відстань між об'єктами становить приблизно 100-150 метрів, що з урахуванням пішохідної швидкості переміщення вимагає від 1,5 до 2,5 хвилин на переміщення між суміжними будівлями. Найбільш віддаленими від центрального входу є об'єкти північної частини корпусу (гуртожитки та спортивний комплекс), шлях до яких може займати до 7-10 хвилин.

2.2 Проєктування архітектури програмного забезпечення

Проєктування архітектури програмного забезпечення інтерактивного плану корпусів Державного податкового університету здійснювалося відповідно до сучасних підходів розробки мобільних додатків для платформи Android із дотриманням принципів модульності, розширюваності та масштабованості. Концептуальною основою архітектурного рішення обрано архітектурний шаблон MVVM (Model-View-ViewModel), що забезпечує чітке розмежування відповідальності між компонентами системи та підвищує тестованість коду.

На рис. 2.2 представлено загальну структуру проєкту в середовищі розробки Android Studio, що відображає основні програмні компоненти додатку та їх взаємозв'язки.

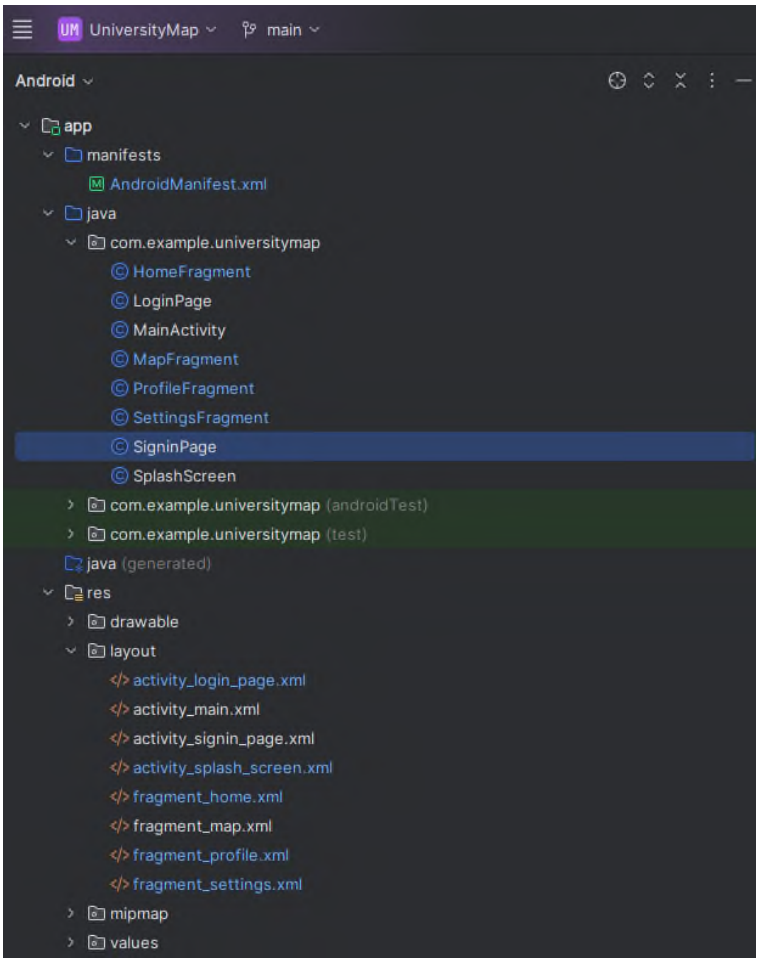


Рис. 2.2. Структура проєкту інтерактивного плану корпусів університету в середовищі Android Studio

Архітектура програмного забезпечення побудована на основі компонентного підходу з використанням архітектурних компонентів Android Jetpack, що забезпечує систематичність та єдність архітектурного рішення. Відповідно до обраного підходу, архітектура додатку структурована за наступними рівнями:

Рівень представлення (Presentation Layer), що включає активності (Activities) та фрагменти (Fragments), відповідальні за відображення користувацького інтерфейсу та обробку взаємодії з користувачем. Цей рівень реалізує паттерн "Пасивне представлення" (Passive View), де компоненти інтерфейсу делегують усю бізнес-логіку до об'єктів ViewModel.

Рівень ViewModel, що виступає посередником між моделлю даних та представленням, забезпечуючи перетворення даних моделі у форму, зручну для відображення, та обробку команд користувача. ViewModel зберігає стан інтерфейсу під час змін конфігурації (наприклад, при зміні орієнтації екрану) та використовує шаблон "Спостерігач" (Observer) через LiveData для оповіщення представлення про зміни даних.

Рівень моделі (Model Layer), що включає сутності (Entity), репозиторії (Repository) та джерела даних (Data Sources). Цей рівень відповідає за зберігання, отримання та обробку даних, абстрагуючи логіку роботи з даними від інших компонентів системи.

Рівень сервісів (Service Layer), що надає функціональні можливості, не пов'язані безпосередньо з користувацьким інтерфейсом, такі як геолокація, сповіщення, аутентифікація тощо.

Відповідно до аналізу структури проєкту (див. рис. 2.2), архітектура додатку включає наступні ключові компоненти:

MainActivity – центральний компонент рівня представлення, що виступає контейнером для фрагментів та забезпечує навігацію між різними екранами додатку. MainActivity реалізує шаблон "Single Activity" з використанням

компоненту Navigation від Android Jetpack, що спрощує управління переходами між екранами та зберігає стан навігації.

Фрагменти (Fragments) – модульні компоненти користувацького інтерфейсу, що відповідають різним функціональним екранам додатку:

- SplashScreen – стартовий екран із відображенням логотипу університету та вітального повідомлення;
- LoginPage – екран авторизації користувача;
- SigninPage – екран реєстрації нового користувача;
- HomeFragment – головний екран з відображенням новин університету та базової інформації;
- MapFragment – екран з інтерактивною картою корпусу;
- ProfileFragment – екран з інформацією про користувача та можливістю її редагування;
- SettingsFragment – екран налаштувань додатку.

ViewModels – компоненти, що забезпечують логіку представлення для відповідних фрагментів:

- MapViewModel – містить логіку обробки геопросторових даних, визначення місцезнаходження користувача, візуалізації об'єктів на карті;
- ProfileViewModel – керує даними профілю користувача, забезпечуючи їх завантаження, валідацію та збереження;
- HomeViewModel – відповідає за отримання та обробку новин університету;
- AuthViewModel – забезпечує логіку аутентифікації та авторизації користувача.
- Repositories – компоненти, що абстрагують доступ до даних та інкапсулюють логіку їх отримання з різних джерел:
- BuildingRepository – надає доступ до даних про будівлі та об'єкти корпусу;
- UserRepository – керує даними користувачів;
- NewsRepository – відповідає за отримання новин університету;

- SettingsRepository – зберігає та надає доступ до налаштувань додатку.
- Services – компоненти, що надають специфічну функціональність:
- LocationService – сервіс для визначення географічного місцезнаходження користувача та перевірки його присутності на території корпусу;
- NotificationService – сервіс для управління сповіщеннями додатку;
- AuthService – сервіс для аутентифікації та авторизації користувачів.
- RemoteAPI – віддалений API для синхронізації даних із серверною частиною системи;
- SharedPreferences – механізм для зберігання простих пар ключ-значення, використовується для налаштувань додатку.

Взаємодія між компонентами архітектури додатку побудована на основі реактивного підходу з використанням LiveData та Flow, що забезпечує асинхронну обробку даних та автоматичне оновлення користувацького інтерфейсу при зміні даних.

Розглянемо основний потік даних на прикладі MapFragment та пов'язаних компонентів. Користувач взаємодіє з інтерфейсом MapFragment, здійснюючи навігацію по карті або вибираючи конкретний об'єкт.MapFragment делегує обробку дій користувача до MapViewModel, викликаючи відповідні методи (наприклад, selectBuilding(buildingId) або getUserLocation()). MapViewModel звертається до BuildingRepository для отримання даних про об'єкти корпусу та до LocationService для визначення місцезнаходження користувача. BuildingRepository отримує дані з LocalDatabase та, за необхідності, синхронізує їх з RemoteAPI. LocationService використовує API геолокації Android для визначення координат користувача та аналізує, чи знаходиться він на території корпусу. Отримані дані обробляються в MapViewModel, який формує відповідний стан інтерфейсу та передає його до MapFragment через LiveData. MapFragment відображає актуальний стан на інтерфейсі, показуючи розташування користувача, об'єкти корпусу та, за необхідності, повідомлення про знаходження за межами території університету.

Такий підхід забезпечує чітке розділення відповідальності між компонентами, спрощує тестування та підтримку коду, а також підвищує гнучкість та розширюваність архітектури.

В архітектурі додатку особлива увага приділена механізмам захисту даних користувачів та забезпечення приватності відповідно до сучасних стандартів та вимог законодавства. Реалізовано механізм авторизації, що обмежує доступ до функціональності додатку відповідно до ролі користувача. Налаштування приватності – користувачі мають можливість контролювати збір та використання своїх даних через відповідні налаштування. Мінімізація даних – збираються та зберігаються лише ті дані, які необхідні для функціонування додатку, реалізуючи принцип "Privacy by Design".

Для забезпечення основної функціональності додатку – навігації по території корпусу – в архітектурі передбачено специфічні компоненти та механізми.

Основою навігаційної функціональності є інтеграція з Google Maps SDK через компонент MapView, що забезпечує відображення картографічної основи та інтерактивну взаємодію з нею. Для роботи з геопросторовими даними використовується спеціалізована структура даних GeoData, що інкапсулює інформацію про координати об'єктів, їх геометрію та атрибути.

Визначення місцезнаходження користувача реалізовано через FusedLocationProviderClient, що забезпечує оптимальне використання різних джерел даних про місцезнаходження (GPS, Wi-Fi, стільникові мережі) з урахуванням енергоефективності.

Для перевірки знаходження користувача на території корпусу використовується алгоритм Point-in-Polygon, реалізований у класі LocationUtils, що аналізує, чи потрапляють координати користувача в багатокутник, що описує границі території університету.

Навігаційні функції доповнені механізмом кешування картографічних даних через CacheManager, що дозволяє зберігати необхідні фрагменти карти локально на пристрої та забезпечує можливість роботи в офлайн-режимі.

Таким чином, спроєктована архітектура програмного забезпечення інтерактивного плану корпусів Державного податкового університету забезпечує надійну основу для реалізації всіх необхідних функціональних можливостей, підтримку розширюваності та масштабованості системи, а також відповідність сучасним стандартам розробки мобільних додатків для платформи Android.

2.3 Розробка інтерфейсу користувача та функціональних можливостей додатку

Розробка інтерфейсу користувача для інтерактивного плану корпусів Державного податкового університету ґрунтувалася на принципах Material Design – системи дизайну, розробленої Google, що забезпечує цілісний візуальний досвід користувача на різних пристроях та платформах. Концептуальною основою інтерфейсу стала ідея інтуїтивної навігації, що дозволяє користувачам швидко отримувати необхідну інформацію про об'єкти корпусу та ефективно орієнтуватися на території університету.

Кольорова схема інтерфейсу розроблена на основі корпоративних кольорів університету – використання насичених відтінків малинового (primary color) та зеленого (secondary color) у поєднанні з нейтральними тонами забезпечує візуальну ідентифікацію додатку з університетом та створює емоційний зв'язок з користувачами. Типографіка інтерфейсу базується на шрифті Roboto, що забезпечує високу розбірливість тексту на різних розмірах екранів мобільних пристроїв.

Структура інтерфейсу побудована за принципом "Bottom Navigation" – панелі навігації, розташованої в нижній частині екрану, що забезпечує зручний

доступ до основних розділів додатку однією рукою, що особливо важливо для мобільних пристроїв з великими екранами. Така організація інтерфейсу відповідає сучасним тенденціям у дизайні мобільних додатків та забезпечує консистентний досвід користувача. [19]

Стартовий екран та процес авторизації

Взаємодія користувача з додатком починається зі стартового екрану (SplashScreen), що відображає логотип університету, вітальне повідомлення та підзаголовок, орієнтований на основну функцію додатку – допомогу в навігації територією корпусу (див. рис. 2.3).



Рис. 2.3. Стартовий екран (SplashScreen) інтерактивного плану корпусів університету

Після короткочасного відображення стартового екрану користувач, який вперше використовує додаток, перенаправляється на екран авторизації, де може увійти в систему за допомогою існуючого облікового запису або зареєструватися. Процес реєстрації передбачає введення базової інформації про користувача, включаючи електронну пошту та пароль, що будуть використовуватися для подальшої авторизації.

Для забезпечення зручності користувачів реалізовано механізм автоматичної авторизації при повторному запуску додатку, що базується на збереженні токену доступу в захищеному сховищі пристрою. Це дозволяє користувачам переходити безпосередньо до функціонального інтерфейсу додатку без необхідності повторного введення облікових даних при кожному запуску.

Головний екран додатку (HomeFragment) забезпечує користувачам швидкий доступ до актуальної інформації про університетське життя та основні функції додатку (див. рис. 2.4).

У нижній частині головного екрану розташована мініатюрна версія карти корпусу з відображенням поточного місцезнаходження університету, що слугує швидким переходом до повнофункціонального екрану карти. Така інтеграція карти в головний екран забезпечує миттєвий доступ до основної функціональності додатку та посилює його навігаційну спрямованість.

Головний екран також містить кнопку швидкої дії "Вирушаймо!" (Call-to-Action), що переводить користувача безпосередньо до екрану карти з активованим режимом навігації, що є зручним для користувачів, які потребують негайної допомоги в орієнтуванні на території університету..

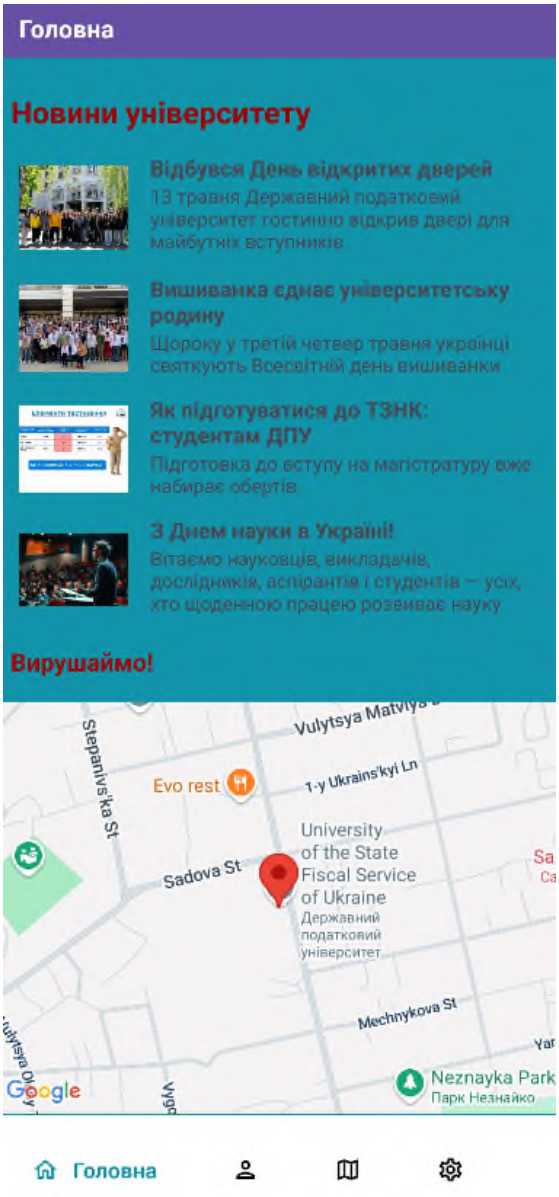


Рис. 2.4. Головний екран (HomeFragment) з відображенням новин університету та інтегрованою картою

Центральним елементом функціональності додатку є екран карти (MapFragment), що забезпечує інтерактивну візуалізацію території корпусу та об'єктів університету (див. рис. 2.5).

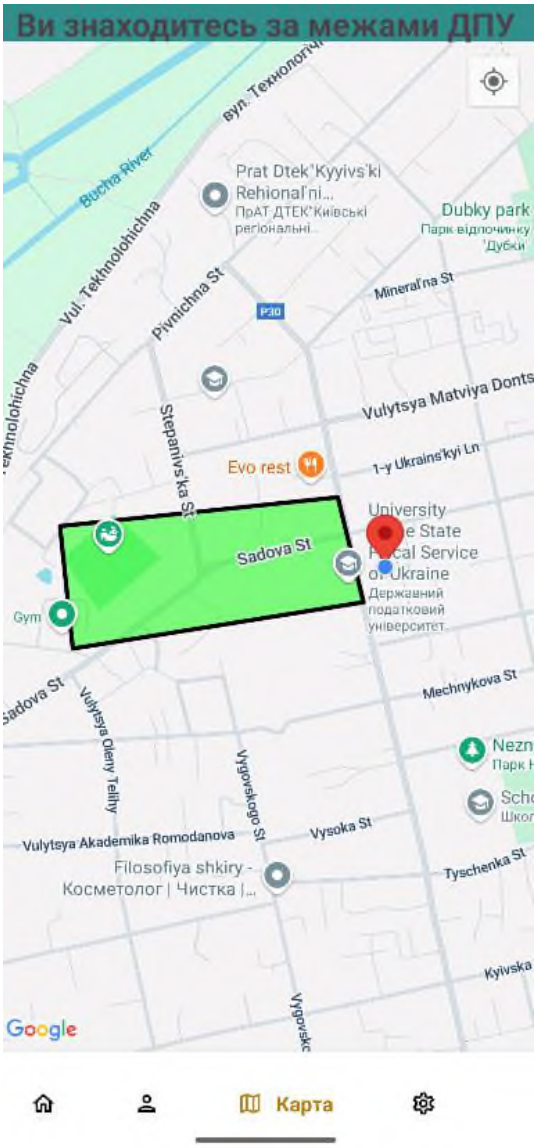


Рис. 2.5. Екран карти (MapFragment) з відображенням поточного місцезнаходження користувача відносно території університету

Екран карти реалізований на основі Google Maps SDK, що забезпечує високу якість картографічної основи, плавність навігації та доступ до стандартних функцій взаємодії з картою, таких як масштабування, поворот, нахил тощо. Для покращення користувацького досвіду реалізовано кастомізацію стандартного стилю карти з акцентуванням території корпусу та зменшенням візуального шуму від незначущих елементів карти.

Ключовою функціональністю екрану карти є визначення та відображення поточного місцезнаходження користувача відносно території корпусу. Система

автоматично аналізує, чи знаходиться користувач на території університету, та відображає відповідне повідомлення у верхній частині екрану: "Ви знаходитесь за межами ДПУ" або "Ви знаходитесь на території ДПУ". Ця функція особливо корисна для нових відвідувачів, які можуть не бути впевнені, чи досягли вони території університету.

Об'єкти корпусу відображаються на карті у вигляді маркерів з диференційованими іконками залежно від категорії об'єкта (навчальний корпус, гуртожиток, об'єкт інфраструктури тощо). При натисканні на маркер відкривається інформаційне вікно з короткими відомостями про об'єкт та кнопкою переходу до детальної інформації.

Для забезпечення зручної навігації між об'єктами реалізовано функцію побудови оптимального маршруту від поточного місцезнаходження користувача до обраного об'єкта. Маршрут відображається на карті у вигляді кольорової лінії з покроковими інструкціями, що спрощує орієнтування на місцевості.

Додатково екран карти містить елементи управління для фільтрації об'єктів за категоріями, зміни типу карти (стандартна, супутникова, гібридна) та центрування на поточному місцезнаходженні користувача.

Екран профілю користувача (ProfileFragment) забезпечує відображення та управління персональною інформацією користувача (див. рис. 2.6).

Інтерфейс профілю структурований у вигляді форми з полями для введення та редагування основної інформації про користувача:

- Ім'я та прізвище користувача;
- Адреса електронної пошти (використовується як ідентифікатор користувача);
- Номер телефону для екстреного зв'язку;
- Адреса проживання (для студентів, що проживають у гуртожитках);
- Біографічна інформація (факультет, група, рік навчання тощо).

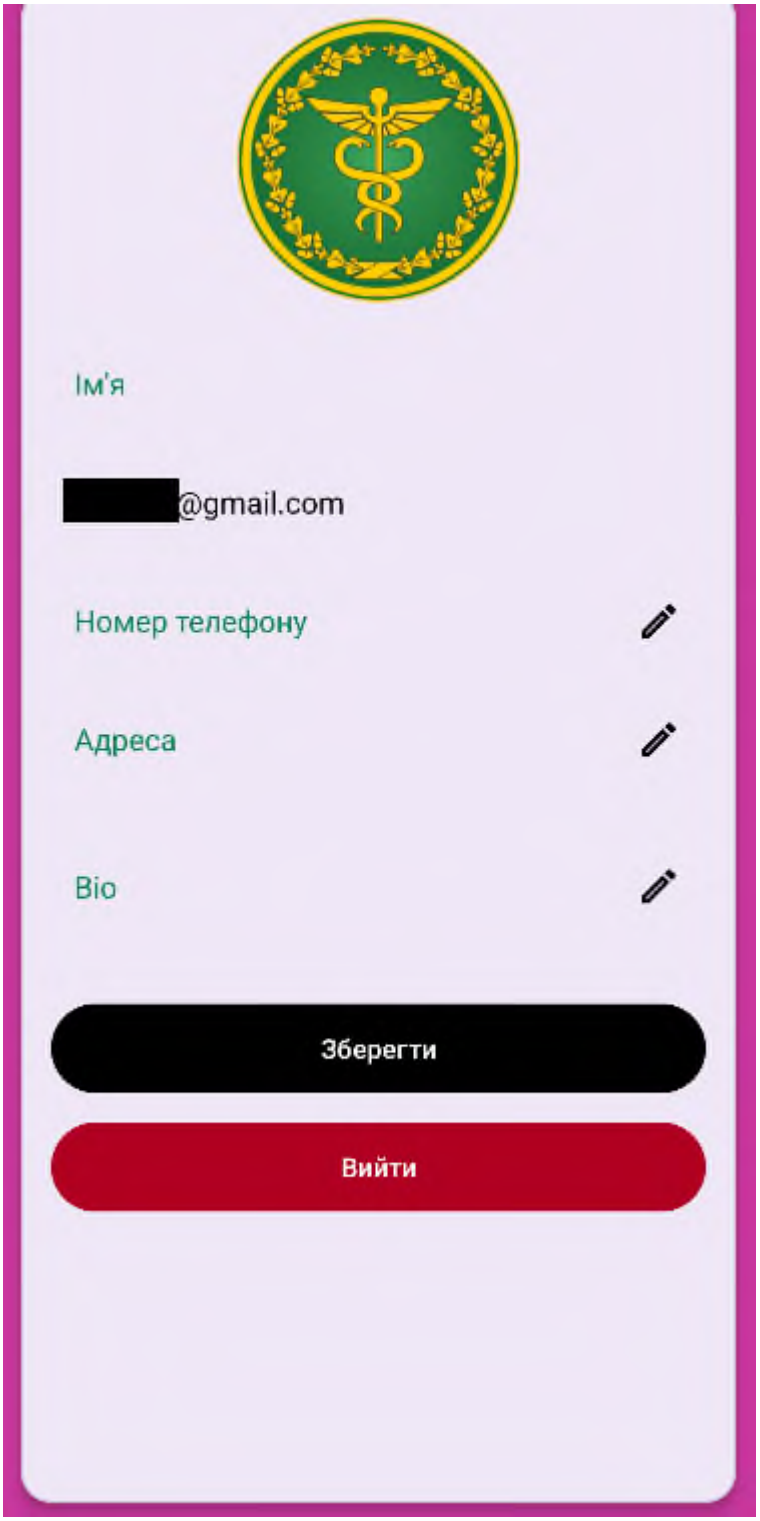


Рис. 2.6. Екран профілю користувача (ProfileFragment) з полями для введення та редагування персональної інформації

Кожне поле форми супроводжується кнопкою редагування, що активує режим зміни відповідного параметра. Для забезпечення цілісності даних

реалізовано валідацію введеної інформації з відображенням підказок у разі некоректного формату даних.

У нижній частині екрану розташовані кнопки для збереження змін ("Зберегти") та виходу з облікового запису ("Вийти"). Функція виходу з облікового запису забезпечує безпеку персональних даних при використанні додатку на спільних пристроях, видаляючи збережений токен доступу та перенаправляючи користувача на екран авторизації.

Екран налаштувань (SettingsFragment) надає користувачам можливість персоналізації функціонування додатку відповідно до їхніх потреб та преференцій (див. рис. 2.7).

Інтерфейс налаштувань структурований за категоріями, що забезпечує логічне групування споріднених опцій:

- Налаштування сповіщень – дозволяє користувачам обирати типи сповіщень, які вони бажають отримувати:
- Події Університету – інформація про заходи, конференції, зустрічі;
- Оновлення на території – сповіщення про зміни в інфраструктурі корпусу (ремонтні роботи, відкриття нових об'єктів);
- Екстрені сповіщення – термінові повідомлення про надзвичайні ситуації.
- Налаштування приватності – забезпечує контроль над збором та використанням персональних даних:
- Поширення місцезнаходження – дозволяє або забороняє збір даних про географічне положення користувача;
- Економія даних – активує режим мінімізації використання мобільного інтернету через зменшення якості завантажуваних зображень та частоти оновлення даних.

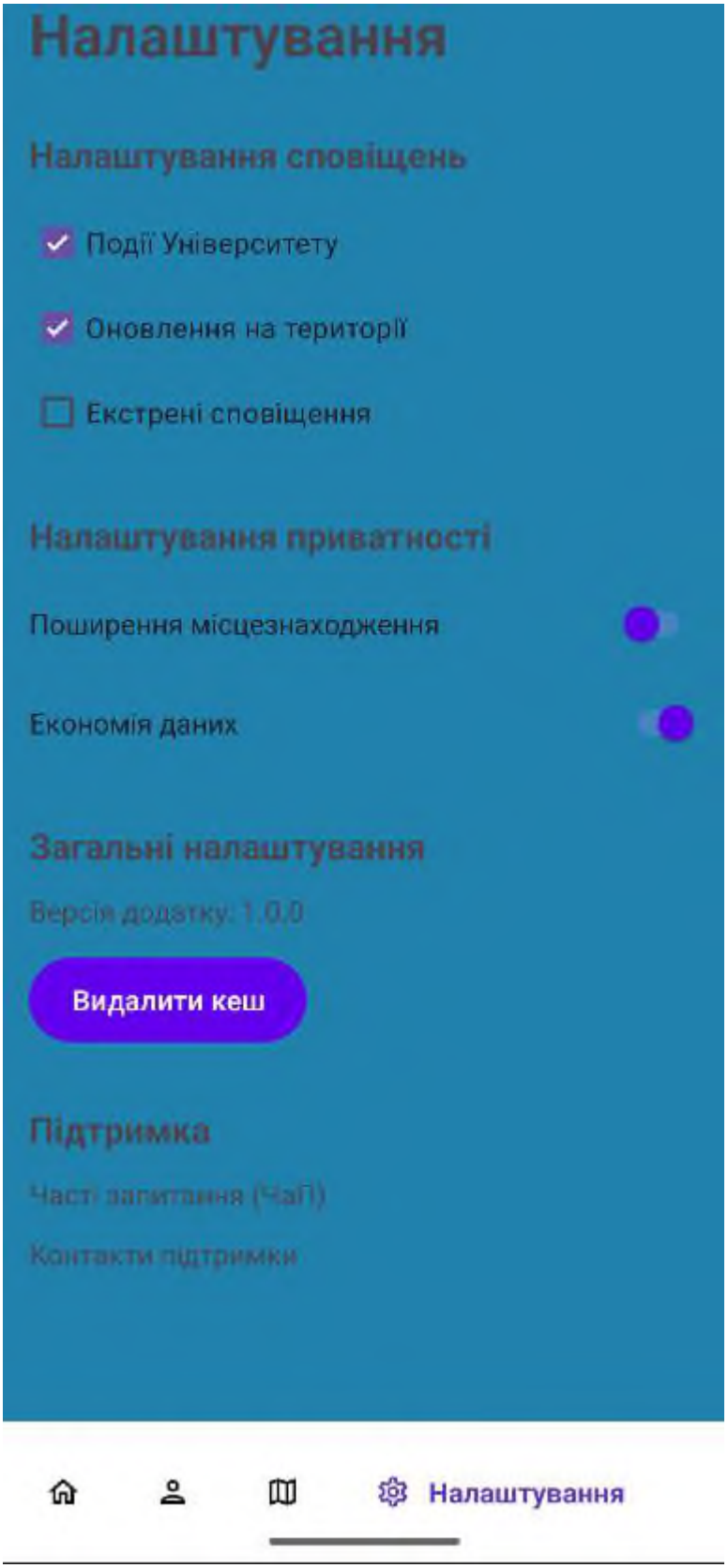


Рис. 2.7. Екран налаштувань (SettingsFragment) з опціями конфігурації додатку

Загальні налаштування – включають базові опції конфігурації додатку:

- Версія додатку – відображає поточну версію програмного забезпечення;
- Видалити кеш – функція очищення тимчасових файлів для вивільнення місця на пристрої.
- Підтримка – забезпечує доступ до ресурсів допомоги:
- Часті запитання (ЧаП) – розділ з відповідями на поширені питання користувачів;
- Контакти підтримки – інформація для зв'язку з технічною підтримкою додатку.

Інтерфейс налаштувань реалізований з використанням стандартних компонентів Android, таких як SwitchPreference для опцій типу "увімкнено/вимкнено" та PreferenceCategory для групування налаштувань, що забезпечує консистентний досвід користувача відповідно до платформних рекомендацій.

Для забезпечення повної функціональності додатку реалізовано інтеграцію з ключовими системними сервісами операційної системи Android:

Сервіси геолокації – використання GPS, Wi-Fi та мобільних мереж для визначення місцезнаходження користувача з високою точністю. Інтеграція реалізована через FusedLocationProviderClient, що оптимізує використання батареї пристрою при збереженні достатньої точності визначення позиції. [24]

Система сповіщень – використання Firebase Cloud Messaging (FCM) для доставки push-сповіщень користувачам навіть при неактивному додатку. Реалізовано диференційований підхід до сповіщень з різним рівнем пріоритету та можливістю їх налаштування користувачем.

Система контактів – опціональна інтеграція з контактами пристрою для швидкого заповнення профілю користувача з існуючою контактною інформацією (потребує окремого дозволу від користувача).

Сервіси аутентифікації – можливість авторизації через Google-акаунт, що спрощує процес входу та реєстрації користувачів.

Особлива увага при розробці інтерфейсу користувача приділялася забезпеченню адаптивності до різних розмірів екранів та орієнтацій пристрою. Реалізовано гнучку систему макетів з використанням ConstraintLayout, що автоматично адаптується до доступного простору екрану. Для підтримки пристроїв з різною щільністю пікселів (dpi) всі графічні ресурси додатку підготовлені в кількох роздільних здатностях (mdpi, hdpi, xhdpi, xxhdpi, xxxhdpi), що забезпечує чіткість відображення на будь-яких екранах. Додатково реалізована підтримка темної теми (Dark Mode) через використання атрибутів теми MaterialComponents та створення альтернативних ресурсів для нічного режиму, що покращує видимість інтерфейсу при використанні в умовах низької освітленості та зменшує навантаження на зір користувачів.

Функціональні можливості додатку охоплюють весь спектр задач, пов'язаних з орієнтуванням на території корпусу, від відображення загального плану до навігації між конкретними об'єктами з урахуванням поточного місцезнаходження користувача. Інтеграція з інформаційною системою університету забезпечує актуальність контенту та розширює корисність додатку за межі простої навігації.

Особлива увага при розробці приділялася питанням адаптивності інтерфейсу до різних пристроїв, забезпечення доступності для користувачів з обмеженими можливостями та оптимізації продуктивності додатку, що дозволило створити універсальне рішення, доступне для широкого кола користувачів.

Інтерактивний план корпусів Державного податкового університету, реалізований у вигляді мобільного додатку для платформи Android, представляє собою сучасний інструмент цифрової навігації, що суттєво підвищує комфорт перебування на території корпусу для студентів, викладачів та відвідувачів університету.

РОЗДІЛ 3. НАПРЯМИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТА МАСШТАБУВАННЯ ІНТЕРАКТИВНОГО ПЛАНУ КОРПУСІВ УНІВЕРСИТЕТУ

3.1 Шляхи вдосконалення функціональних можливостей додатку

Аналіз розробленого програмного рішення дозволяє визначити перспективні напрями вдосконалення функціональних можливостей інтерактивного плану корпусів Державного податкового університету. Одним із пріоритетних напрямів є поглиблена інтеграція з технологіями визначення місцезнаходження користувача, що забезпечить підвищення точності навігації як на відкритій території корпусу, так і всередині будівель.

Сучасна реалізація додатку використовує стандартну функціональність геолокації через FusedLocationProviderClient, що забезпечує точність визначення місцезнаходження до 5-15 метрів на відкритій місцевості. Проте для забезпечення прецизійної навігації між корпусами та всередині будівель доцільно впровадити комбіновану систему позиціонування, що інтегрує різні технології визначення місцезнаходження.

Перспективним напрямом удосконалення є впровадження технології RTK GPS (Real-Time Kinematic GPS), що дозволяє досягти субметрової точності визначення координат (до 1-2 см) через використання корегуючих сигналів від базових станцій. Реалізація такого підходу потребуватиме встановлення RTK-приймача на території корпусу та розробки програмного інтерфейсу для обміну даними з мобільним додатком. Технологія RTK GPS особливо ефективна для точного позиціонування на відкритих ділянках корпусу та може забезпечити якісно новий рівень навігаційних можливостей.

Для навігації всередині будівель, де GPS-сигнал недоступний або суттєво ослаблений, доцільно впровадити технології внутрішнього позиціонування на основі Bluetooth Low Energy (BLE) маяків. Розміщення мережі BLE-маяків у ключових точках корпусів (входи, перехрестя коридорів, аудиторії) дозволить

визначати місцезнаходження користувача з точністю до 1-3 метрів через тріангуляцію сигналів від кількох маяків. Такий підхід потребуватиме розробки алгоритмів фільтрації шумів та усереднення даних для підвищення стабільності визначення позиції.

Альтернативним або комплементарним підходом до внутрішньої навігації є використання технології Wi-Fi RTT (Round-Trip Time), відомої також як IEEE 802.11mc, що дозволяє визначати відстань між пристроєм користувача та точками доступу Wi-Fi з точністю до 1-2 метрів. Перевагою цього підходу є можливість використання існуючої інфраструктури Wi-Fi університету без необхідності встановлення додаткового обладнання. Для реалізації даного підходу необхідна модернізація програмного компонента LocationService з додаванням модуля для обробки RTT-вимірювань та алгоритмів позиціонування на їх основі.

Інноваційним напрямом удосконалення системи визначення місцезнаходження є інтеграція технологій візуальної одометрії (Visual-Inertial Odometry, VIO), що використовують камеру пристрою та інерціальні датчики (акселерометр, гіроскоп) для відстеження відносного переміщення в просторі. Ця технологія, реалізована через ARCore для Android, дозволяє забезпечити високоточну навігацію всередині будівель без необхідності додаткової інфраструктури. Впровадження візуальної одометрії потребуватиме створення тривимірних моделей внутрішніх просторів корпусів та розробки алгоритмів зіставлення візуальних орієнтирів.

Комплексне використання різних технологій визначення місцезнаходження вимагає розробки інтелектуальної системи фільтрації та комбінування даних з різних джерел. Перспективним підходом є впровадження фільтра Калмана для оптимального оцінювання позиції на основі різнорідних даних з урахуванням їх точності та надійності. Такий підхід дозволить забезпечити безперервну навігацію при переміщенні між відкритими та закритими просторами корпусу, що є типовим сценарієм використання додатку.

Важливим напрямом удосконалення функціональності інтерактивного плану корпусів є розширення навігаційних можливостей через впровадження детальної маршрутизації між корпусами та всередині будівель. Сучасна реалізація додатку забезпечує базову побудову маршрутів між об'єктами корпусу, проте для підвищення корисності системи доцільно реалізувати більш деталізовану маршрутизацію з урахуванням специфіки внутрішньої структури будівель.

Ключовим елементом удосконалення є розробка багаторівневої системи маршрутизації, що включатиме три взаємопов'язані рівні: маршрутизацію між будівлями територією корпусу, маршрутизацію між поверхами всередині будівель та маршрутизацію в межах одного поверху. Такий підхід вимагає створення деталізованих планів поверхів кожного корпусу з позначенням аудиторій, службових приміщень, сходових клітин, ліфтів та інших елементів інфраструктури. Плани поверхів мають бути геоприв'язані до загального плану корпусу, що забезпечить безперервність навігації при переході з відкритої території всередину будівлі і навпаки. [18]

Для реалізації детальної маршрутизації необхідно розробити графову модель навігаційної мережі, де вершинами будуть виступати ключові точки (входи до будівель, розгалуження коридорів, аудиторії), а ребрами – можливі шляхи переміщення між ними. Кожне ребро має характеризуватися набором атрибутів, таких як довжина, час проходження, доступність для осіб з обмеженими можливостями, завантаженість у різні години тощо. Такий підхід дозволить реалізувати алгоритми пошуку оптимального шляху з урахуванням різних критеріїв оптимальності (мінімальний час, мінімальна відстань, доступність).

Особливу увагу при вдосконаленні навігаційних можливостей слід приділити забезпеченню доступності для осіб з обмеженими можливостями. Доцільно реалізувати спеціальний режим навігації, що враховує наявність пандусів, ліфтів, спеціалізованих санітарних приміщень та інших елементів

інфраструктури, важливих для маломобільних груп населення. Такий режим має передбачати можливість побудови альтернативних маршрутів з уникненням архітектурних бар'єрів, навіть якщо це призводить до збільшення загальної довжини маршруту.

Перспективним напрямом удосконалення є інтеграція навігаційних функцій з розкладом занять, що дозволить студентам та викладачам автоматично отримувати маршрути до аудиторій відповідно до їхнього розкладу. Така інтеграція потребує розробки програмного інтерфейсу для взаємодії з системою управління навчальним процесом університету та реалізації механізму персоналізованих рекомендацій. Практична реалізація може включати функцію автоматичного нагадування про необхідність вирушити на заняття з урахуванням поточного місцезнаходження користувача та розрахункового часу на дорогу.

Для підвищення зручності використання навігаційних функцій доцільно розробити систему покрокових інструкцій, що супроводжуватимуть користувача протягом усього маршруту. Інструкції мають бути адаптовані до способу переміщення (пішки, для осіб з обмеженими можливостями) та включати чіткі вказівки на ключові орієнтири ("пройдіть повз бібліотеку", "поверніть ліворуч після інформаційного стенду" тощо). Реалізація такої системи потребує створення бази даних орієнтирів та розробки алгоритмів генерації природномовних інструкцій на основі графової моделі навігаційної мережі.

Важливим напрямом удосконалення інтерактивного плану корпусів є розширення функціональності для різних категорій користувачів, що дозволить більш повно задовольнити їхні специфічні потреби. Поточна реалізація додатку орієнтована на загальні навігаційні потреби, проте для підвищення практичної цінності доцільно розробити спеціалізовані режими роботи для окремих груп користувачів.

Для студентів першого курсу, які лише знайомляться з територією корпусу та його інфраструктурою, доцільно реалізувати режим "Знайомство з

університетом", що включатиме інтерактивну екскурсію з детальною інформацією про історію, структуру та традиції навчального закладу. Такий режим може бути доповнений ігровими елементами (gamification) у вигляді системи досягнень за відвідування різних об'єктів корпусу, виконання навчальних завдань тощо, що стимулюватиме активне використання додатку та прискорить адаптацію першокурсників.

Для викладачів та адміністративного персоналу перспективним є розробка розширеної функціональності для управління аудиторним фондом, включаючи можливість бронювання приміщень для проведення заходів, перевірки їх технічного оснащення та доступності в реальному часі. Інтеграція з системою управління навчальним процесом дозволить викладачам отримувати інформацію про розклад занять у конкретних аудиторіях, що спростить планування додаткових консультацій та інших активностей.

Для абітурієнтів та їхніх батьків, які відвідують університет під час вступної кампанії, доцільно розробити спеціалізований режим "Абітурієнт", що надаватиме інформацію про розташування приймальної комісії, факультетів та спеціальностей, а також включатиме віртуальні тури ключовими об'єктами корпусу. Такий режим може бути доповнений інформацією про освітні програми, умови вступу та студентське життя, що допоможе абітурієнтам зробити усвідомлений вибір навчального закладу.

Для гостей університету, зокрема учасників конференцій, семінарів та інших заходів, перспективним є розробка режиму "Гість", орієнтованого на тимчасових відвідувачів. Цей режим має включати спрощений інтерфейс з фокусом на ключових об'єктах, пов'язаних з конкретним заходом, а також інформацію про транспортне сполучення з містом, найближчі готелі, ресторани тощо.

3.2 Перспективи масштабування та впровадження розробленого рішення

Розроблений інтерактивний план корпусів Державного податкового університету представляє собою універсальне рішення, що має значний потенціал для масштабування та впровадження в інших закладах вищої освіти України та за її межами. Архітектурні рішення та технологічний стек, обрані при розробці додатку, забезпечують гнучкість та адаптивність системи до різних просторових конфігурацій корпусів та специфічних потреб різних навчальних закладів.

Ключовим аспектом масштабованості розробленого рішення є модульна архітектура додатку, що дозволяє відокремити специфічні для конкретного університету компоненти (просторові дані, візуальний стиль, інтеграція з університетськими системами) від універсальних функціональних модулів (навігація, визначення місцезнаходження, пошук). Така архітектура забезпечує можливість адаптації додатку для інших закладів освіти з мінімальними змінами в кодовій базі.

Процес адаптації інтерактивного плану для іншого закладу освіти може бути структурований у кілька етапів

- Збір та структурування просторових даних про корпус, включаючи геолокацію та геометрію будівель, внутрішню планувальну структуру, розташування ключових об'єктів інфраструктури. На цьому етапі можуть бути використані готові картографічні матеріали, архітектурні плани, супутникові знімки та наземна фотозйомка.
- Розробка цифрової моделі корпусу на основі зібраних даних, включаючи створення векторної карти території, тривимірних моделей будівель (за необхідності), графової моделі навігаційної мережі для маршрутизації.
- Адаптація візуального стилю додатку відповідно до корпоративного стилю навчального закладу, включаючи кольорову схему, логотипи, типографіку та інші елементи візуальної ідентичності.

- Інтеграція з інформаційними системами конкретного університету через розробку спеціалізованих адаптерів для взаємодії з API різних систем (управління навчальним процесом, бібліотечна система, система контролю доступу тощо).
- Локалізація контенту, включаючи переклад інтерфейсу та інформаційних матеріалів мовами, релевантними для цільової аудиторії конкретного навчального закладу.

Для спрощення процесу адаптації та забезпечення уніфікованого підходу до впровадження інтерактивного плану в різних закладах освіти доцільно розробити спеціалізовану систему управління контентом (Content Management System, CMS), що дозволятиме адміністраторам без глибоких технічних знань оновлювати інформацію про об'єкти корпусу, завантажувати нові просторові дані, налаштовувати візуальний стиль додатку тощо.

Важливим аспектом масштабування є забезпечення технічної підтримки та супроводу впроваджених рішень. Для цього доцільно розробити комплексну систему моніторингу та діагностики, що дозволятиме виявляти та усувати технічні проблеми на ранніх стадіях. Така система може включати збір телеметрії про використання додатку, моніторинг продуктивності, аналіз журналів помилок та інші механізми контролю якості сервісу. [23]

Перспективним напрямом масштабування є формування єдиної екосистеми інтерактивних планів для закладів освіти з можливістю обміну даними та кращими практиками між різними впровадженнями. Такий підхід дозволить створити уніфіковане навігаційне середовище для користувачів, які відвідують різні корпуси, та забезпечить синергетичний ефект від спільного розвитку системи.

Економічна ефективність впровадження інтерактивного плану корпусів у закладах вищої освіти визначається співвідношенням витрат на розробку, впровадження та підтримку системи до прямих та непрямих економічних вигод, отриманих внаслідок її використання. Аналіз економічної ефективності є

важливим інструментом для прийняття рішень про інвестування в цифрові інфраструктурні проєкти навчальних закладів.

Основні категорії витрат на впровадження інтерактивного плану включають:

- Витрати на першу розробку та адаптацію програмного забезпечення, включаючи оплату праці розробників, дизайнерів, тестувальників та проєктних менеджерів.
- Витрати на збір та підготовку просторових даних, включаючи геодезичні вимірювання, фотозйомку, цифрування планів, створення тривимірних моделей тощо.
- Витрати на обладнання для забезпечення внутрішньої навігації, якщо використовуються технології, що потребують додаткової інфраструктури (BLE-маяки, Wi-Fi точки доступу з підтримкою RTT, RTK GPS базові станції).
- Витрати на хмарну інфраструктуру для розміщення серверної частини додатку, зберігання даних, забезпечення функцій синхронізації між пристроями тощо.
- Витрати на технічну підтримку та оновлення системи, включаючи виправлення помилок, адаптацію до змін в операційних системах, розширення функціональності.

Економічні вигоди від впровадження інтерактивного плану можуть бути класифіковані на прямі (такі, що піддаються безпосередній монетарній оцінці) та непрямі (такі, що складно виразити в грошовому еквіваленті, але які мають суттєвий вплив на ефективність функціонування навчального закладу).

Прямі економічні вигоди включають:

- Економія витрат на друковані навігаційні матеріали (карти, схеми, вказівники), які потребують постійного оновлення та заміни.
- Зменшення навантаження на інформаційні служби університету, що відповідають за надання просторової інформації відвідувачам.

- Оптимізація використання приміщень через покращення навігації та моніторинг завантаженості різних об'єктів.
- Потенційні надходження від рекламних інтеграцій та просування університетських сервісів через додаток.

Непрямі економічні вигоди, які мають суттєвий вплив на загальну ефективність функціонування навчального закладу, включають:

- Підвищення загального рівня задоволеності студентів та працівників від перебування в корпусі через зменшення стресу, пов'язаного з навігацією та пошуком об'єктів.
- Покращення іміджу університету як технологічно прогресивного навчального закладу, що може позитивно вплинути на залучення абітурієнтів та партнерів.
- Зменшення часових витрат студентів та викладачів на переміщення між аудиторіями, що може транслюватися у підвищення продуктивності навчального процесу.
- Покращення інклюзивності корпусу для осіб з обмеженими можливостями, що може збільшити доступність освіти для цієї категорії студентів.

Аналіз співвідношення витрат та вигод для типового університету з корпусом середнього розміру (15-25 будівель) дозволяє оцінити період окупності інвестицій у впровадження інтерактивного плану в межах 2-3 років, за умови правильної організації процесу розробки та ефективного використання потенціалу системи.

Важливим аспектом успішного впровадження є розробка ефективної стратегії просування інтерактивного плану серед цільової аудиторії. Така стратегія має враховувати специфіку різних груп користувачів та включати різноманітні канали комунікації.

Ключовими елементами стратегії просування можуть бути:

- Інтеграція з процесом орієнтації нових студентів та співробітників, включаючи презентацію можливостей додатку під час вступних заходів та тренінгів.
- Розміщення інформаційних матеріалів (постери, QR-коди для завантаження) у ключових точках корпусу, особливо поблизу входів, інформаційних стендів та об'єктів з високою прохідністю.
- Проведення навчальних воркшопів та демонстрацій для різних груп користувачів з фокусом на специфічних функціях, релевантних для кожної групи.
- Інтеграція з офіційними комунікаційними каналами університету (веб-сайт, соціальні мережі, електронна пошта) для регулярного інформування про оновлення та нові можливості додатку.
- Розробка системи заохочень для активних користувачів, наприклад, через гейміфікацію (досягнення за відвідування різних об'єктів корпусу) або інтеграцію з програмами лояльності університету.

Реалізація запропонованих напрямів удосконалення та масштабування дозволить перетворити інтерактивний план корпусів з простого навігаційного інструменту на комплексну платформу для цифрової трансформації університетського корпусу, що інтегрує різноманітні інформаційні сервіси та забезпечує високу якість користувацького досвіду для всіх учасників освітнього процесу.

Важливо зазначити, що впровадження інноваційних технологій, таких як доповнена реальність, штучний інтелект, Інтернет речей, у контексті інтерактивного плану корпусів відповідає глобальним тенденціям розвитку освітніх технологій та може стати важливим фактором підвищення конкурентоспроможності українських закладів вищої освіти на міжнародному рівні.

ВИСНОВКИ

Проведене дослідження, присвячене розробці інтерактивного плану корпусів Державного податкового університету, дозволило створити комплексне програмне рішення, що відповідає сучасним тенденціям цифровізації освітнього середовища та забезпечує ефективне орієнтування на території університетського корпусу. Результати дослідження дозволяють сформулювати наступні висновки, що відображають основні теоретичні та практичні здобутки роботи.

Аналіз теоретико-методологічних засад розробки інтерактивних планів університетських корпусів виявив мультидисциплінарний характер даної проблематики, що інтегрує досягнення географічних інформаційних систем, мобільної розробки, когнітивної психології та освітнього менеджменту. Концептуальною основою створення таких систем є розуміння особливостей просторової орієнтації людини в середовищі та урахування специфіки функціонування освітніх установ.

Дослідження методології розробки інтерактивних планів корпусів для мобільних платформ дозволило сформувати комплексний методологічний підхід, що враховує особливості різних технологічних платформ, методи візуалізації просторових даних, принципи проєктування інтерфейсу та інструментарій для реалізації навігаційних функцій. Визначено, що оптимальною архітектурною моделлю для подібних систем є MVVM (Model-View-ViewModel).

Практична реалізація інтерактивного плану корпусів Державного податкового університету розпочалася з детального аналізу інфраструктури та просторового розміщення об'єктів університетського корпусу. Виявлено, що територія університету характеризується складною структурою з 24 основними будівлями різного функціонального призначення, організованими у виразні функціональні кластери. Такі особливості просторової організації зумовили

необхідність розробки деталізованої інформаційної моделі корпусу, що включає просторові, атрибутивні та мультимедійні дані про об'єкти.

Проєктування архітектури програмного забезпечення здійснювалося відповідно до принципів модульності, розширюваності та масштабованості з використанням архітектурного шаблону MVVM. Розроблена архітектура включає чотири основні рівні: рівень представлення, рівень ViewModel, рівень моделі та рівень сервісів, що забезпечують чітке розмежування відповідальності та гнучкість системи. Особлива увага була приділена механізмам захисту даних та забезпечення приватності користувачів, що реалізовані через шифрування даних, безпечну передачу інформації, управління доступом та налаштування приватності.

Перспективи масштабування та впровадження розробленого рішення пов'язані з можливістю його адаптації для інших закладів вищої освіти завдяки модульній архітектурі, що дозволяє відокремити специфічні для конкретного університету компоненти від універсальних функціональних модулів.

Таким чином, розроблений інтерактивний план корпусів Державного податкового університету є комплексним програмним рішенням, що забезпечує ефективну навігацію територією корпусу та створює єдиний інформаційний простір для студентів, викладачів та відвідувачів. Впровадження запропонованого рішення сприятиме підвищенню комфорту перебування в університеті, оптимізації використання просторових ресурсів та загальному покращенню освітнього середовища.

Практична значимість результатів дослідження полягає у створенні функціонального мобільного додатку, що вирішує реальну проблему орієнтування на території університетського корпусу. Розроблена методологія та архітектурні рішення можуть бути використані як основа для створення аналогічних систем в інших закладах вищої освіти, що сприятиме загальній цифровій трансформації освітнього простору України.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з поглибленням інтеграції розробленого рішення з іншими компонентами цифрової екосистеми університету, розширенням функціональних можливостей за рахунок впровадження технологій штучного інтелекту та машинного навчання, адаптацією системи для інших типів просторових об'єктів (музеї, аеропорти, торговельні центри тощо) та дослідженням соціальних аспектів використання навігаційних систем в освітньому середовищі.

Впровадження інтерактивного плану корпусів як елемента цифрової трансформації Державного податкового університету відповідає сучасним тенденціям розвитку освітніх технологій та сприяє формуванню інноваційного, комфортного та інклюзивного освітнього середовища, орієнтованого на потреби всіх учасників освітнього процесу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Android Developer Documentation: Jetpack Architecture Components. URL: https://developer.android.com/jetpack/androidx/releases/room
2. Documentation: Mapbox Android SDK. URL: https://docs.mapbox.com/android/maps/guides/
3. Documentation: OpenLayers - JavaScript library for displaying map data. URL: https://openlayers.org/en/latest/doc/
4. Evans R. Accessibility Guidelines for Mobile Applications Development. URL: https://www.w3.org/WAI/standards-guidelines/mobile/
5. Genctürk I. C. Development of a Location Based Interactive Mobile Web Application For Enriching Visitors' Knowledge And Experience : дис. ... д-ра філософії. Hannover : Leibniz University Hannover, 2024. 218 с.
6. Google Maps Platform Documentation. URL: https://developers.google.com/maps/documentation
7. Ibrahim O. A., Mohsen K. J. Design and implementation an online location based services using Google maps for android mobile. International Journal of Computer Networks and Communications Security (CNCS). 2014. № 2(3). С. 113-118.
8. Kimm H., Flynn D. Android application for tracking pedestrian movements in Realtime with firebase. 2022 IEEE Cloud Summit. IEEE, 2022. С. 156-163.
9. OpenStreetMap: Learn OSM. URL: https://learnosm.org/en/
10. Rajput S. R., Deshmukh M. S., Kale K. V., Ambedkar B. Cross-platform smartphone emergency reporting application in urban areas using GIS location based and google web services. International Journal of Computer Applications. 2015. № 130(12). С. 27-33.
11. Room Persistence Library Documentation. URL: https://developer.android.com/training/data-storage/room

12. Rouse M. How to Build and Deploy Android Apps Using Jetpack Compose UI Toolkit. URL: https://www.techtarget.com/searchmobilecomputing/tip/How-to-build-Android-apps-with-Jetpack-Compose
13. Salama R., Jabbar A. A. Developing an Android-Based Mobile App to Solve Transportation Issues. International Journal of Interactive Mobile Technologies. 2022. № 16(21). С. 74-89.
14. Adding Google Maps to a Flutter app URL: https://codelabs.developers.google.com/codelabs/google-maps-in-flutter#0
15. Google Maps for Flutter URL: https://pub.dev/packages/google_maps_flutter
16. Smart Campus: Framework, Features, and Applications URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/9115530
17. Student Involvement in Smart Campus Initiatives URL: https://www.mdpi.com/2227-7102/9/4/276
18. Liu, L., et al. (2017). Path Planning for Indoor Navigation: A Review. ISPRS International Journal of Geo-Information. URL: https://www.mdpi.com/2220-9964/6/5/135
19. Material Design – Responsive UI for Large Screens URL: https://m3.material.io/foundations/adaptive-design/overview
20. ISO 9241-210:2019 – Human-centred design for interactive systems URL: https://www.iso.org/standard/77520.html
21. UMD Campus Map Accessibility Features URL: https://maps.umd.edu
22. Zhou, Z., et al. (2019). "Smart Campus: Framework and Case Study." IEEE Access. URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/8750805
23. Sharma, R., & Sood, S. K. (2018). "Monitoring and Fault Diagnosis for Cloud-based Applications using Machine Learning." Future Generation Computer Systems. URL: https://doi.org/10.1016/j.future.2018.02.040
24. Google Play Services Location APIs Overview URL: https://developer.android.com/develop/sensors-and-location/location