

Міністерство освіти і науки України
Одеський національний технологічний університет
Кафедра комп'ютерної інженерії



**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

на тему Дослідження методів і технологій геоопозиціонування
(назва кваліфікаційної роботи згідно наказу ОНТУ)
мобільних пристроїв

Здобувача Кушніренко А. Д.
(прізвище, ініціали)
2 курсу КІ-556а групи

Керівники: доцент Ненов О. Л.
(посада, прізвище та ініціали)
ст. викл. Слушина Н. В.
(посада, прізвище та ініціали)

Консультанти: проф. Басюркіна Н. Й.
(посада, прізвище та ініціали)
доцент Шестопалов С. В.
(посада, прізвище та ініціали)

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри від 30.11 2023 р., протокол № 3
Завідувач кафедри комп. інженерії Сергій АРТЕМЕНКО
(назва кафедри) (підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Одеса - 2023 рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет комп'ютерної інженерії, програмування та кіберзахисту
Кафедра комп'ютерної інженерії
Ступінь вищої освіти магістр
Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»
Освітня програма Спеціалізовані комп'ютерні системи

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри комп'ютерної інженерії
Сергій АРТЕМЕНКО
« » 2023 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧКИ

Кушніренко Анастасії Данилівни

1. Тема роботи Дослідження методів і технологій геопозиціонування мобільних пристроїв

Затверджена наказом університету від «14» 08 2023 р., наказ № 415-03

2 Термін здачі здобувачем закінченої роботи 30.11.2023р.

3. Вихідні дані роботи

Узагальнена постановка завдання.

Документація: Google Play Services, Fused Location Provider API, Location Manager API, Google Maps Geocoding API, Google Maps API.

Інструменти розробки: середовище Android Studio, мова програмування – Java.

4. Перелік питань, які потрібно розробити

1. Вступ 2. Збір та аналіз методів і технологій геопозиціонування мобільних пристроїв. 3. Проєктування застосунку та необхідних методів.

4. Розробка застосунку на Android для визначення місцезнаходження.

5.Проведення дослідження з геопозиціонування 6. Загальні висновки. 7. Економічні розрахунки. 8. Охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Слайд 1. Характеристика кваліфікаційної роботи. Слайд 2. Огляд предметної області геопозиціонування мобільних пристроїв. Слайд 3. Методи. Слайд 4. Технології.

Слайд 5. Концепт програмного проєкту. 6. Архітектура застосунку. 7. Структура класів. Слайд 8. Ескізи інтерфейсів. Слайд 9. Діаграма станів. Слайд 10. Математична модель дослідження. Слайд 11. Результати дослідження. Слайд 12 Техніко-економічні показники. Слайд 13. Висновки.

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
<i>Економіка</i>	Басюркіна Н.Й., д.е.н., професор		
<i>Охорона праці</i>	Шестопапов С. В., к.т.н., доцент		
<i>Нормоконтроль</i>	Нєнов О. Л., к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання 31.08.23

Керівники _____ *Олексій НЄНОВ*

_____ *Наталія СЛУШНА*

Завдання прийняла до виконання _____ *Анастасія КУШНІРЕНКО*

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Збір та аналіз методів і технологій геопозиціонування мобільних пристроїв.</i>	<i>15.09.23</i>	
2.	<i>Постановка завдання на розробку.</i>	<i>18.09.23</i>	
3.	<i>Проектування методів геопозиціонування.</i>	<i>28.09.23</i>	
4.	<i>Проектування архітектури застосунку.</i>	<i>05.10.23</i>	
5.	<i>Проектування логіки та інтерфейсу застосунку.</i>	<i>10.10.23</i>	
6.	<i>Програмна реалізація застосунку.</i>	<i>05.11.23</i>	
7.	<i>Тестування застосунку.</i>	<i>10.11.23</i>	
8.	<i>Техніко-економічний аналіз проєкту.</i>	<i>15.11.23</i>	
9.	<i>Опрацювання питань охорони праці.</i>	<i>20.11.23</i>	
10.	<i>Оформлення пояснювальної записки і презентації.</i>	<i>29.11.23</i>	

Керівники _____ *Олексій НЄНОВ*

_____ *Наталія СЛУШНА*

Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ.

Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.

Здобувач-дипломник _____ *Анастасія КУШНІРЕНКО*

АНОТАЦІЯ

У кваліфікаційній роботі розглянуто сучасні методи геопозиціонування для мобільних пристроїв. На основі переваг і недоліків існуючих методів у різних умовах, запропоновано новий метод геопозиціонування. Експериментально підтверджено високу ефективність проаналізованих методів, яка проявляється у різних сценаріях використання. Отримані висновки можуть сприяти подальшому розвитку мобільних застосунків, поліпшуючи їх зручність та функціонал. Наукова робота представлена на 116 сторінках; складається з вступу, 5 розділів, висновків, додатків. Робота містить 12 таблиць, 19 рисунків, список літератури з 27 літературних джерел.

Ключові слова: геопозиціонування, мобільні технології, методи геопозиціонування, застосунки, точність, ефективність.

					КРМ.КІ.1.415-03.1.8	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ABSTRACT

The qualifying work covers modern methods of geopositioning for mobile devices. Based on the advantages and disadvantages of existing methods in various conditions, a new geopositioning method is proposed. The high efficiency of the analyzed methods has been experimentally confirmed, evident in different usage scenarios. The conclusions drawn could contribute to further developments in mobile applications, enhancing their convenience and functionality. The research comprises 116 pages, including an introduction, 5 sections, conclusions, and appendices. It contains 12 tables, 19 figures, and a bibliography with 27 literary sources.

Keywords: geopositioning, mobile technologies, geopositioning methods, applications, accuracy, effectiveness.

					KPM.KI.1.415-03.1.8	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ І ТЕХНОЛОГІЙ ГЕОПОЗИЦІОНУВАННЯ МОБІЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ	10
1.1 Актуальність тематики дослідження	10
1.2 Огляд існуючих методів і технологій геопозиціонування мобільних пристроїв	11
1.3 Аналіз досліджень і наукових публікацій	18
1.4 Мета дослідження, постановка задачі, об’єкт та предмет дослідження, технічне завдання.....	21
1.5 Методи дослідження.....	23
Висновок до першого розділу.....	24
РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА	25
2.1 Вступ	25
2.2 Дослідження і вибір методу позиціонування для реалізації проєкту	25
2.3 Основна ідея та опис застосунку	31
2.4 Взаємодія між користувачем та застосунком.....	32
2.5 Взаємодія між застосунком та мобільним пристроєм.....	33
2.6 Архітектура застосунку	34
2.7 Ключові аспекти розробки та реалізації системи	36
2.8 Проєктування логіки та інтерфейсу застосунка.....	37
2.9 Структура застосунку	39
2.10 Структура класів	40
2.11 Діаграма станів	44
2.12 Проєктування нового методу позиціонування для покращення визначення геолокації	46
Висновок до другого розділу	59
РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ	60
3.1 Вступ	60
3.2 Налаштування інтерфейсу користувача	60
3.3 Налаштування дозволів	63

					<i>КРМ.КІ.1.4 15–03.1.8</i>			
		<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>					
<i>Розробив</i>	<i>Кушніренко А.Д.</i>				<i>Дослідження методів і технологій геопозиціонування мобільних пристроїв</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акру-</i>
<i>Перевірив</i>	<i>Ненов О.Л.</i>						<i>6</i>	<i>116</i>
<i>Рецензент</i>	<i>Булюк М.</i>					<i>гр. 556А, ОНТУ</i>		
<i>Нормоконтроль</i>								
<i>Затвердив</i>	<i>Артеменко С.В.</i>							

3.4	Визначення початкового місцезнаходження.....	64
3.6	Використання Fused Location Client.....	65
3.7	Знаходження останнього відомого місцезнаходження	66
3.8	Налаштування місцезнаходження	66
3.9	Оновлення місцезнаходження	67
3.10	Взаємодія з сервісами Google Play	68
3.11	Геокодування адреси вулиці	69
3.12	Робота з картами	70
3.13	Налаштування сканування QR-кодів	72
3.14	Опис екранів та функціональність застосунку	74
3.15	Тестування застосунка.....	80
3.16	Результати дослідження ефективності методів позиціонування	83
	Висновок до третього розділу.....	91
	РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	92
4.1	Економічна ефективність найбільш розповсюджених методів і технологій геопозиціонування мобільних пристроїв.....	92
4.2	Компанії пов'язані з методами та технологіями геопозиціонування мобільних пристроїв	93
4.3	Стартап проєкт	94
	Висновок до четвертого розділу.....	105
	РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ	106
5.1	Безпечні і комфортні методи роботи за комп'ютером.....	106
5.2	Освітлення робочої зони при роботі за комп'ютером.....	108
5.3	Електробезпека під час роботи за комп'ютером	109
5.4	Пожежна безпека під час роботи за комп'ютером	111
5.5	Кондиціонування приміщень при роботі за комп'ютером	113
	Висновок до п'ятого розділу	115
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	116
	ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	117
	ДОДАТКИ.....	120
	Додаток А Вимірювання місцезнаходження в різних сценаріях.	120
	Додаток Б Відхилення від середнього значення координат у метрах	122
	Додаток В Програмний код застосунка	124

ВСТУП

В сучасному цифровому світі, де мобільні технології стають все більш інтегральною частиною нашого повсякденного життя, проблема точного геопозиціонування набуває особливої актуальності. Мобільні пристрої вимагають удосконалення та оптимізації методів і технологій геопозиціонування для досягнення високої точності та ефективності.

Точне геопозиціонування на мобільних пристроях відіграє важливу роль у багатьох галузях, включаючи навігацію, логістику, маркетинг та соціальні мережі. Від забезпечення точності цих методів залежать якість обслуговування користувачів та можливості розвитку нових інноваційних застосунків. Таким чином, дослідження та розробка методів і технологій геопозиціонування для мобільних пристроїв має велике практичне значення.

Метою кваліфікаційної роботи є дослідження методів і технологій геопозиціонування для мобільних пристроїв з метою удосконалення їх точності, стабільності та ефективності.

Завдання дослідження:

- аналіз і огляд сучасних методів геопозиціонування на мобільних пристроях;
- дослідження переваг та недоліків різних методів геопозиціонування в різних умовах;
- розробка та реалізація покращених алгоритмів геопозиціонування для досягнення високої точності;
- розробка застосунку, який інтегрує іновативні методи геолокації;
- експериментальне випробування розроблених методів та оцінка їх ефективності;
- аналіз результатів дослідження та визначення перспектив подальшої оптимізації.

Об'єкт дослідження: методи і технології геопозиціонування на мобільних пристроях.

Предмет дослідження: оцінка точності, стабільності та ефективності методів геопозиціонування на мобільних пристроях.

Методи розробки дослідження: аналіз літературних джерел, моделювання та програмування застосунку, експериментальне тестування.

Наукова новизна результатів: розроблено покращений метод геопозиціонування для мобільних пристроїв, який може забезпечити високу точність та ефективність в різних сценаріях використання.

Практичне значення результатів: отримані результати можуть бути використані для подальшої розробки та удосконалення мобільних застосунків, які вимагають точного геопозиціонування на мобільних пристроях, що в свою чергу позитивно вплине на зручність та ефективність користування цими застосунками.

Апробація результатів магістерської роботи відбулася на Третій Всеукраїнській конференції "Комп'ютерні ігри та мультимедіа як інноваційний підхід до комунікації – 2023", яка проходила у місті Одеса. Робота була представлена у вигляді публікації "Огляд та аналіз сучасних технологій локального позиціонування мобільних пристроїв" авторства Кушніренко А. Д. та Нєнова О. Л. з Одеського національного технологічного університету.

					КРМ.КІ.1.415-03.1.8	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ МЕТОДІВ І ТЕХНОЛОГІЙ ГЕОПОЗИЦІОНУВАННЯ МОБІЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ

1.1 Актуальність тематики дослідження

Актуальність тематики дослідження полягає в наступних аспектах:

- зростання використання мобільних технологій: мобільні пристрої стали невід'ємною частиною нашого життя, використовуються в різних галузях, включаючи навігацію, соціальні мережі, торгівлю та інші сфери;
- популярність локальних сервісів: зростання популярності локальних сервісів, які залежать від точності геопозиціонування, таких як мобільні застосунки для доставки їжі, застосунки для пошуку місць розваг, магазинів тощо;
- удосконалення застосунків та послуг: оптимальне геопозиціонування сприяє поліпшенню функціональності та якості мобільних застосунків та послуг, забезпечуючи кращий досвід користувача;
- розвиток мобільної комерції: точне геопозиціонування дозволяє підприємствам та підприємцям залучати клієнтів за допомогою геотаргетингу та інших маркетингових стратегій;
- використання в реалізації інноваційних ідей: геопозиціонування відкриває нові можливості для розробки іммерсивних застосунків, таких як доповнена реальність (AR), віртуальна реальність (VR), застосунки для музеїв, туристичні застосунки тощо;
- важливість в екологічних дослідженнях: геопозиціонування використовується в екологічних дослідженнях для відстеження міграції тварин, моніторингу екосистем та вивчення змін клімату;

					КРМ.КІ.1.415-03.1.8	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- забезпечення безпеки: точне геопозиціонування може бути важливим аспектом для забезпечення безпеки в різних ситуаціях, включаючи екстрені випадки та пошук загублених людей.

Загалом, актуальність тематики дослідження полягає в тому, що оптимізація та удосконалення методів геопозиціонування на мобільних пристроях має потенціал значно поліпшити і розширити важливі аспекти нашого життя та ділової діяльності.

1.2 Огляд існуючих методів і технологій геопозиціонування мобільних пристроїв

Існують різні підходи і інструменти, які використовуються для визначення місцезнаходження мобільних пристроїв. Нижче представлено деякі з основних методів і технологій, їх опис, переваги та недоліки.

1.2.1 GPS (Global Positioning System)

Система глобального позиціонування (GPS) – це спосіб визначення місцезнаходження пристроїв з використанням сигналів від супутників, які обертаються навколо Землі [1]. Основний принцип роботи GPS полягає в тому, що пристрій приймає сигнали від мінімум чотирьох супутників і визначає своє місцезнаходження на основі інформації, що міститься у цих сигналах:

- супутники об'єднуються в мережу, обертаються навколо Землі та надсилають інформацію про своє положення та час;
- приймач GPS: вбудований у мобільний пристрій, отримує сигнали від супутників і визначає місцезнаходження на основі часу приходу сигналів [2];
- триангуляція: використовується для визначення координат, обчислює відстань до супутників на основі часу затримки сигналів;
- розрахунок місцезнаходження: приймач GPS отримує точне місцезнаходження (широту, довготу, висоту) на основі інформації від чотирьох або більше супутників.

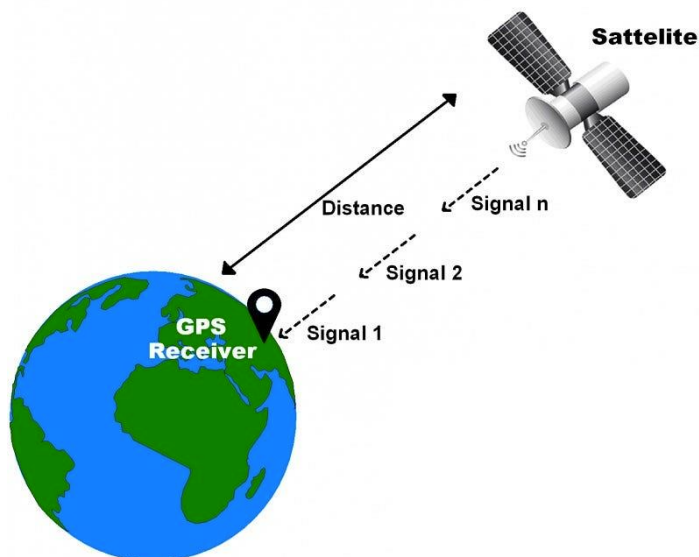


Рис. 1.1 – Ілюстрація роботи GPS

Для успішного використання GPS на мобільних пристроях важливо мати чисте небо, оскільки сигнали можуть бути блоковані будівлями або природними перешкодами, що може знизити їх точність [3]. Також важливий сильний сигнал від супутників для надійного визначення місцезнаходження.

Узагальнюючи, GPS – потужна система для визначення місцезнаходження на мобільних пристроях, яка знаходить застосування в різних застосунках і сервісах, включаючи навігацію та геолокаційні застосунки.

1.2.2. Wi-Fi-позиціонування

Метод Wi-Fi-позиціонування – це технологія визначення місцезнаходження мобільних пристроїв за допомогою інформації від точок доступу Wi-Fi [4]. Основна ідея полягає в тому, що пристрій визначає своє місцеположення на основі сигналів від доступних Wi-Fi точок доступу і їхніх відомих координат.

Мобільний пристрій автоматично сканує доступні Wi-Fi точки доступу в навколишньому середовищі, реєструючи ідентифікатори (SSID) і сили сигналу (RSSI) кожної точки доступу [5]. Інформація про них надсилається на сервери, які зберігають базу даних з відомими координатами точок доступу. Мобільний пристрій використовує цю інформацію для визначення місцезнаходження, мо-

жливо, використовуючи триангуляцію та коректуру через інші джерела інформації, такі як Bluetooth або сенсори, для покращення точності визначення місцезнаходження.

Переваги Wi-Fi-позиціонування включають можливість працювати в місцях з обмеженим сигналом GPS, наприклад, всередині будівель або в місцях з високими будівлями. Також він підходить для точного місцезнаходження багатьох користувачів одночасно, що робить його популярним для розробників застосунків для навігації, соціальних мереж і геолокаційних послуг.

Проте метод Wi-Fi-позиціонування може бути менш точним у порівнянні з GPS, особливо в областях з обмеженим доступом до точок доступу [6]. Точність також може коливатися в залежності від якості та актуальності бази даних точок доступу.

Узагальнюючи, Wi-Fi-позиціонування є важливим способом визначення місцезнаходження мобільних пристроїв в умовах, коли GPS може бути недоступним або менш точним.

1.2.3 Bluetooth-позиціонування

Метод Bluetooth-позиціонування – це технологія визначення місцезнаходження пристроїв за допомогою технології Bluetooth і сигналів від Bluetooth-пристроїв в навколишньому середовищі. Основна ідея полягає в тому, що пристрій визначає своє місцеположення на основі сигналів, які надсилаються і приймаються від інших Bluetooth-пристроїв, розташованих у навколишньому просторі [7].

Основні компоненти методу Bluetooth-позиціонування включають:

- Bluetooth-маяки: малі пристрої, що висилають Bluetooth-сигнали з унікальними ідентифікаторами [8]; вони розташовані в точках, де потрібно визначити місцезнаходження, наприклад, в магазинах, музеях і будівлях;

					КРМ.КІ.1.415-03.1.8	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Bluetooth-приймач: мобільний пристрій має вбудований Bluetooth-приймач, який отримує сигнали від Bluetooth-маяків і реєструє їхні ідентифікатори і сили сигналу;
- визначення місцезнаходження: інформація про ідентифікатори маяків і сили сигналу використовується для визначення місцезнаходження пристрою за допомогою триангуляції або інших методів аналізу сигналів для точного визначення місцезнаходження;
- мапи і бази даних: для визначення місцезнаходження за сигналами Bluetooth пристрій може користуватися мапами або базами даних, які містять інформацію про розташування маяків і їхні унікальні ідентифікатори.

Переваги Bluetooth-позиціонування включають в себе працездатність в умовах, де сигнал GPS обмежений або недоступний, і внутрішніх приміщень, де інші методи можуть бути менш ефективними [9]. Проте є обмеження – потреба в маяках у визначених точках, що може бути дорогочасним завданням, і обмежена точність в залежності від кількості маяків і перешкод.

1.2.4 Сенсори на пристрої

Метод використання сенсорів на пристроях для визначення місцезнаходження пристроїв базується на обробці даних, що надходять від різних вбудованих сенсорів пристрою, таких як акселерометр, гіроскоп, магнітний компас, барометр та інші. Цей метод вимагає збирання даних в реальному часі і їхню подальшу обробку для визначення місцезнаходження.

Основні компоненти методу використання сенсорів для визначення місцезнаходження включають [10]:

1. Акселерометр: акселерометр вимірює прискорення пристрою в трьох вимірах (по осях X, Y і Z). За допомогою акселерометра можна визначити зміну швидкості та визначити, чи рухається пристрій, і в якому напрямку.

					КРМ.КІ.1.415-03.1.8	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Гіроскоп: гіроскоп вимірює кутову швидкість обертання пристрою навколо трьох вимірів [11]. Використовуючи дані гіроскопа, можна визначити поворот пристрою і зміну напрямку руху.

3. Магнітний компас: магнітний компас вимірює магнітне поле Землі і дозволяє визначити напрямок на північ. Цей параметр доповнює інші дані для визначення точного напрямку руху.

4. Барометр: барометр вимірює атмосферний тиск, який може використовуватися для визначення висоти над рівнем моря [12].

5. Обробка даних: дані від сенсорів обробляються на пристрої або на сервері з використанням спеціальних алгоритмів. Ці алгоритми аналізують дані в реальному часі і визначають місцезнаходження на основі змін прискорення, швидкості, напрямку і інших параметрів.

6. Інтеграція з іншими джерелами: для підвищення точності і надійності визначення місцезнаходження можуть використовуватися дані від інших джерел, таких як GPS, Wi-Fi або Bluetooth.

Метод використання сенсорів на пристроях може бути особливо корисним в ситуаціях, коли інші методи, такі як GPS або Wi-Fi, можуть бути недоступними, наприклад, у внутрішніх приміщеннях або на території з обмеженим покриттям сигналу. Однак точність цього методу може коливатися залежно від якості і кількості сенсорів на пристрої, а також від складності алгоритмів обробки даних.

1.2.5 Мережеве геопозиціонування

Мережеве геопозиціонування – це метод визначення місцезнаходження пристроїв, який використовує інформацію про мережеві точки доступу (cell towers) і стан з'єднання з мобільними мережами, такими як 2G, 3G, 4G, або 5G [13]. Основна ідея полягає в тому, що пристрій визначає своє місцезнаходження на основі інформації про сигнали від близьких мережевих точок доступу і їхніх відомих координат.

Основні компоненти методу мережевого геопозиціонування включають:

- мережеві точки доступу (cell towers): мобільні мережі розділені на клітини, кожна з яких обслуговується мережевою точкою доступу (cell tower). Ці мережеві секції доступу мають відомі координати і надсилають сигнали до пристроїв, які перебувають в їхньому радіусі дії;
- сигнали мережевих точок доступу: мобільний пристрій реєструє сигнали від близьких мережевих точок доступу і вимірює їхню силу сигналу (RSSI) та інші параметри [14];
- пошук мережевих точок доступу: пристрій надсилає інформацію про отримані сигнали мережевих точок доступу на сервери, які обробляють ці дані;
- триангуляція і обчислення місцезнаходження: за допомогою інформації про сигнали від різних мережевих точок доступу та їхніх відомих координат може бути застосована триангуляція або інші алгоритми для визначення точного місцезнаходження пристрою [15].

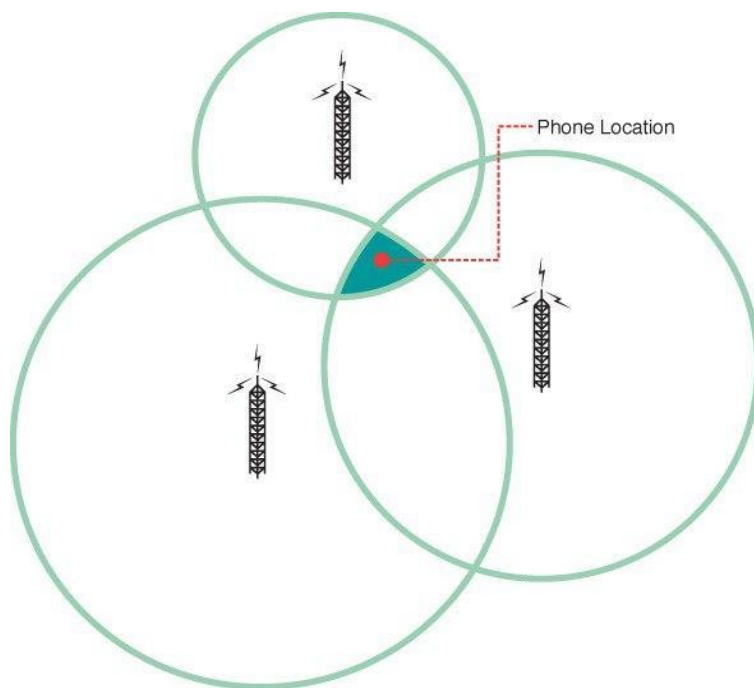


Рис. 1.2 – Ілюстрація методу триангуляції

					КРМ.КІ.1.415-03.1.8	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Переваги мережевого геопозиціонування включають працездатність у будь-якому місці з мобільним покриттям, включаючи внутрішні приміщення, та незалежність від видимості неба, як GPS. Однак точність може бути обмеженою в густонаселених або слабко покритих областях, залежно від кількості та розташування мережевих точок доступу. Мережеве геопозиціонування є важливим методом визначення місцезнаходження мобільних пристроїв, особливо в ситуаціях, коли інші методи недоступні або менше точні.

Переваги та недоліки розглянутих методів зведені у порівняльну таблицю 1.1.

Таблиця 1.1

Переваги і недоліки мережевого геопозиціонування

Метод	Переваги	Недоліки
GPS	Висока точність позиціонування на відкритому повітрі, глобальне охоплення.	Погана працездатність у внутрішніх приміщеннях, високий рівень споживаної енергії.
Wi-fi	Доступно у внутрішніх приміщеннях, більш енергоефективне порівняно з GPS.	Точність залежить від доступних точок Wi-Fi, можливість зміни локації через переміщення точок.
Bluetooth	Зручний для користувачів у внутрішніх приміщеннях або в місцях зі складним супутниковим сигналом.	Переважно призначений для обмежених областей, які покриваються Bluetooth-пристроями.
Сенсори на пристрої	Зменшення витрат енергії, можливість визначення місцезнаходження в обмежених умовах.	Зазвичай вимагає додаткових обчислень та калібрування.

Метод	Переваги	Недоліки
Мережеве геопозиціонування	Зручно в місцях з низьким покриттям GPS або Wi-Fi.	Може бути менш точним у порівнянні з іншими методами.

Залежно від конкретних умов та вимог проєкту, розробники можуть використовувати один або кілька з цих методів для досягнення необхідної точності і надійності геопозиціонування на мобільних пристроях. Кожен з цих методів має свої переваги і обмеження, і вибір залежить від конкретних завдань та обставин.

1.3 Аналіз досліджень і наукових публікацій

Дослідження в галузі геопозиціонування на мобільних пристроях мають велике практичне значення, оскільки вони розширюють можливості мобільних застосунків та послуг, пов'язаних з місцезнаходженням. Розглянемо ключові тенденції та методи, які виносяться вченими у цій області, щоб зрозуміти, які можливості і виклики існують в сучасних методах геопозиціонування.

Протягом останніх кількох років безліч смартфонів обладнано технологією Global Navigation Satellite System (GNSS), що відкрило можливість розробки точних систем позиціонування для звичайних споживачів. З того часу було проведено численні дослідження, оскільки точна інформація про місцезнаходження стимулює створення нових застосунків для смартфонів. Незважаючи на досягнутий прогрес, все ще існує обмеження, які потрібно подолати для підтримки застосунків, включаючи обмеження доступності сигналу, помилки в часі та частоті, атмосферні впливи та залежність від інфраструктури.

Дослідження “Location-Based Applications for Smarthphones”[16] розглядає розробку сервісу на основі геопозиціонування для смартфонів і включає в себе огляд потреби в послугах, пов'язаних із визначенням місцезнаходження, а та-

кож методів отримання такого місцезнаходження, включаючи GPS, сотові станції, точки доступу Wi-Fi і визначення геолокації на основі IP-адреси. Також проводиться огляд сучасних технологій розробки програмних систем, заснованих на послугах, пов'язаних із визначенням місцезнаходження, та їхнього використання на смартфонах. Стаття також описує реалізацію ГІС (геоінформаційної системи), призначеної для надання інформації про місцеположення на основі інформації про місцезнаходження смартфонів. Ця робота корисна для встановлення контексту і підготовки до подальших досліджень в цій області.

У науковій статті “Method of Assessing the Impact of External Factors on Geopositioning System Operation Using Android GPS API”[17], було розглянуто основні методи аналізу точності геолокаційних систем. Автори пропонують новий підхід для підвищення точності геопозиціонування в смартфонах Android за допомогою комбінації сигналів GPS, Wi-Fi і стільникової мережі. Вони провели експерименти, щоб оцінити ефективність свого підходу та порівняли його з іншими існуючими методами.

Останні декілька років свідчать про важливість внутрішнього локаціонування та відстеження, оскільки люди проводять більше часу всередині приміщень, що сприяє визначенню місцезнаходження об'єкта. Внутрішнє позиціонування дозволяє точну і надійну навігацію всередині будівель, де сигнали GPS часто слабкі або недоступні. Зі швидким розвитком смартфонів та зростанням їхнього використання, системи позиціонування на основі смартфонів застосовуються в численних областях. Смартфон вбудований з інерційною вимірювальною системою (IBC), яка складається з різних сенсорів для визначення ходи користувача і створення алгоритму для внутрішньої навігації за методом мертвого розрахунку пішохода (PDR).

Наукова стаття “A Review of Indoor Localization Techniques and Wireless Technologies”[18] представляє огляд технології локального позиціонування. У статті наводиться порівняльний аналіз існуючих систем локалізації з точки зору точності, вартості, переваг і недоліків. Також у статті представлені різні методи виявлення та їх порівняння з точки зору точності та вартості. Нарешті, у статті

					<i>KPM.KI.1.415-03.1.8</i>	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

представлені методи та алгоритми локалізації, такі як кут приходу (AOA), час приходу (TOA) та отримана сила сигналу (RSS). Дослідження містить поняття, вимоги і характеристики для кожної категорії методів, надає переваги та недоліки досліджених методів і проводить їх порівняння. Ця стаття є важливою для розробників мобільних застосунків геопозиціонування, особливо в області внутрішньої локалізації. Вона може допомогти вибрати найбільш підходящий метод для конкретного застосунка. Також ця стаття може служити джерелом даних для досліджень та розробки нових алгоритмів та систем локалізації внутрішніх приміщень.

У публікації “A Two-Step Fusion Method of Wi-Fi FTM for Indoor Positioning”[19] розглядається протокол Wi-Fi Fine Time Measurement (FTM), який визначений у стандарті IEEE 802.11-2016 і надає новий підхід для двостороннього вимірювання відстані з метою покращення можливостей геопозиціонування. Подібно до інших бездротових сигналів, точність вимірювання відстані в реальному часі за допомогою FTM піддавалася впливу різних помилок. У цій роботі аналізуються характеристики помилок вимірювання відстані та вводиться абстрактна модель для вимірювання відстані. З погляду максимальної використання вимірювань відстані з FTM, у цій статті розробляються два етапи позиціонування та запропонований метод фузії для покращення точності внутрішнього позиціонування.

У дослідженні “Smartphone-Based Indoor Localization Systems: A Systematic Literature Review”[20] було проведено огляд наукової літератури з локального позиціонування смартфонів. Були взяті статті, опубліковані з 2015 по 2022 рік, з чотирьох баз даних: Science Direct, Web of Science (WOS), IEEE Xplore та Scopus. Усього було оглянуто 109 статей із 4186 ідентифікованих на основі критеріїв включення та виключення. Це дослідження розкриває технології та методи, які використовуються для розробки систем локального позиціонування. В ньому також наводяться аналізи зразків, ходи, позицій смартфонів та типів сенсорів, про які повідомлялося в попередніх дослідженнях. Загалом, цей систематичний огляд літератури висвітлює сучасний науковий погляд на

					KPM.KI.1.415-03.1.8	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дослідження в цій області. Ця робота може допомогти дослідникам виявити прогалини у своїх здобутках, що дозволить їм правильно планувати свою роботу, щоб заповнити ці прогалини.

Аналіз сучасних досліджень і наукових публікацій методів і технологій геопозиціонування на мобільних пристроях демонструє великий інтерес до цієї області досліджень. Вчені та дослідники активно працюють над розвитком нових методів і підходів для покращення точності та ефективності геопозиціонування на смартфонах.

Багато з цих досліджень зосереджені на внутрішньому локаціонуванні, особливо в умовах, де сигнал GPS є обмеженим або недоступним. Однак дослідники також визначають виклики, пов'язані з покращенням точності та стійкості систем геопозиціонування, а також забезпечення конфіденційності та безпеки даних користувачів. Майбутні дослідження в цій області можуть сприяти подальшому розвитку технологій геопозиціонування на мобільних пристроях та розширенню їхнього застосування в різних галузях.

1.4 Мета дослідження, постановка задачі, об'єкт та предмет дослідження, технічне завдання

Метою дослідження є аналіз, обґрунтування та розробка нових методів і технологій геопозиціонування мобільних пристроїв з метою покращення точності та ефективності геолокації в різних сценаріях використання. Дослідження також спрямоване на створення практичного застосунка, який використовує новий методи геопозиціонування та покращує існуючі способи визначення місцезнаходження мобільних пристроїв.

Постановка задачі:

- провести аналіз існуючих методів і технологій геопозиціонування мобільних пристроїв з оцінкою їхніх переваг та обмежень;
- розробити нові методи геопозиціонування або покращити існуючі, які забезпечують вищу точність та ефективність;

					КРМ.КІ.1.415-03.1.8	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- розробити мобільний застосунок, який імплементує нові методи гео-позиціонування та забезпечує користувачам зручну і точну геолокацію;
- провести тестування розробленого застосунка в різних умовах та з використанням різних джерел сигналу (наприклад, в умовах поганого зв'язку) для підтвердження покращення точності геопозиціонування;
- оцінити ефективність розробленого застосунка.

Об'єкт дослідження: об'єктом дослідження є мобільні пристрої, які використовуються для геопозиціонування та навігації.

Предмет дослідження: предметом дослідження є методи і технології гео-позиціонування, їхні можливості та обмеження, а також розроблений мобільний застосунок для покращення геолокації на мобільних пристроях.

Технічне завдання для кваліфікаційної роботи:

- розробити програмне забезпечення для мобільних пристроїв (застосунків), яке забезпечує геопозиціонування з високою точністю і з використанням різних джерел сигналу (GPS, Wi-Fi, сотова мережа);
- реалізувати нові або покращені методи геопозиціонування в застосунку для забезпечення точності та надійності;
- провести тестування та оцінку продуктивності та точності застосунка в різних умовах;
- розробити інтерфейс користувача, який дозволяє налаштовувати параметри геопозиціонування та відображає інформацію про місцезнаходження.
- підготувати документацію для розгортання та використання застосунка;
- здійснити порівняльний аналіз розробленого застосунка з існуючими рішеннями для геопозиціонування на мобільних пристроях;

					КРМ.КІ.1.415-03.1.8	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- зробити висновки та рекомендації щодо подальшого розвитку і вдосконалення методів і технологій геопозиціонування на мобільних пристроях.

1.5 Методи дослідження

Методи дослідження, які використано для роботи, повинні бути спрямовані на реалізацію поставлених завдань і досягнення цілей дослідження.

Літературний аналіз: дослідження починається з огляду літератури з питань геопозиціонування і технологій, пов'язаних з цією областю. Це допоможе виокремити існуючі методи та проблеми, які вже вивчені.

Аналіз існуючих рішень: провести детальний аналіз існуючих рішень і технологій геопозиціонування на ринку мобільних застосунків. Оцінити їхню ефективність, точність та інші характеристики.

Дослідження нових методів: розглянути нові технології та методи, які можуть бути використані для покращення геопозиціонування на мобільних пристроях. Це може включати в себе вивчення актуальних наукових досліджень та інновацій.

Розробка застосунка: розробити мобільний застосунок, який імплементує нові методи геопозиціонування і покращує існуючі способи визначення місцезнаходження. Використовувати різні джерела сигналу, такі як GPS, Wi-Fi, сотова мережа, для отримання максимальної точності.

Тестування і оцінка продуктивності: провести тестування розробленого застосунка в різних умовах та з використанням різних джерел сигналу. Оцінити точність, швидкодію та витрату енергії застосунка.

Порівняльний аналіз: порівняти розроблений застосунок з існуючими рішеннями для геопозиціонування на мобільних пристроях, визначити переваги та недоліки.

Аналіз результатів: зробити висновки на основі отриманих результатів дослідження та тестування, визначити можливості подальшого вдосконалення і розвитку методів і технологій геопозиціонування. Використовуючи ці методи,

					КРМ.КІ.1.415-03.1.8	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

можна реалізувати дипломну роботу та створити практичний застосунок для покращення геопозиціонування на мобільних пристроях.

Висновок до першого розділу

Запропоновано дослідження, яке розглядає тему геопозиціонування на мобільних пристроях, звертаючи увагу на важливість подальшого розвитку точних технологій геолокації у зв'язку зі зростанням використання мобільних технологій та популярністю локальних сервісів. Дослідження чітко визначає мету аналізу, обґрунтовану розробку та реалізацію нових підходів у геопозиціонуванні мобільних пристроїв.

Також слід зазначити високу цінність створення практичного застосунка, який використовує інноваційні методи геолокації та покращує існуючі підходи до визначення місцезнаходження мобільних пристроїв.

Задачі, сформульовані у цьому дослідженні, добре структуровані та відповідають цілям. Вони включають аналіз існуючих методів, розробку нових або вдосконалення наявних підходів, розробку мобільного застосунка, тестування та оцінку його ефективності.

Дослідження відзначає об'єкт і предмет вивчення, а саме мобільні пристрої, що використовуються для геопозиціонування та навігації, і методи геолокації з їх можливостями та обмеженнями.

Методи, що застосовуються у роботі, обґрунтовані та спрямовані на досягнення мети, включаючи літературний аналіз, аналіз існуючих рішень, дослідження нових методів, розробку застосунка, тестування та порівняльний аналіз.

Технічне завдання для кваліфікаційної роботи визначає конкретні кроки для створення програмного забезпечення з геопозиціонування на мобільних пристроях з використанням різних джерел сигналу та оцінкою його продуктивності.

РОЗДІЛ 2

ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

2.1 Вступ

У рамках практичної частини роботи спроектовано застосунок, який дозволяє визначати місцезнаходження мобільних пристроїв з використанням різних методів геопозиціонування. Це дозволяє користувачам отримувати найточнішу інформацію про своє положення навіть в умовах обмеженого сигналу. Окрім того, в рамках проєкту було реалізовано новий спосіб визначення геопозиції за допомогою QR-кодів, що відкриває нові можливості для використання цієї технології в умовах, коли інші методи геопозиціонування можуть бути неефективними. Дослідження та розробка цього застосунку відкривають нові перспективи для поліпшення точності та надійності геопозиціонування мобільних пристроїв, що може бути корисним у багатьох галузях та сценаріях використання. Далі в роботі будуть розглянуті деталі дослідження, розробки та тести, що дозволять краще зрозуміти переваги та обмеження кожного методу геопозиціонування та новий підхід з використанням QR-кодів. Додатково в цій роботі, запропоновано і спроектовано новий метод визначення геопозиції, коли інші методи недоступні.

2.2 Дослідження і вибір методу позиціонування для реалізації проєкту

Найпопулярнішим методом позиціонування, який використовують для розробки мобільний застосунків на Андроїд, вважають Fused location. Він включений в більшість мобільних пристроїв і доступний через стандартні API для позиціонування. Fused location працює шляхом об'єднання даних з різних методів позиціонування в єдину модель. Цей метод поєднує дані з GPS, Wi-Fi і Cell ID, для забезпечення більш високої точності і стабільності. Ця модель використовується для визначення положення пристрою з більш високою точністю і стабільністю, ніж будь-який метод позиціонування, який використовується окремо.

					КРМ.КІ.1.415-03.1.8	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Аналогами Fused location є такі методи позиціонування:

1. Visual-Inertial Odometry (VIO) – це метод позиціонування, який використовує дані з камери і датчиків руху для визначення положення пристрою. VIO може забезпечити більш високу точність позиціонування, ніж Fused location, але він також може бути менш енергоефективним.

2. Ultra Wideband (UWB) – це метод позиціонування, який використовує.

3. UWB + VIO – це метод позиціонування, який поєднує дані з UWB і VIO для забезпечення радіочастоти для визначення положення пристрою. UWB може забезпечити більш високу точність позиціонування, ніж Fused location, але він також може бути більш дорогим високої точності і стабільності.

Ці методи позиціонування ще не є настільки поширеними, як Fused location, але вони розвиваються і можуть стати більш доступними в майбутньому. Складемо статистику щодо характеристик цих методів там відобразимо це у таблиці (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Характеристика методів позиціонування

Характеристика	Fused location	VIO	UWB	UWB + VIO
Точність	Залежить від обраних методів позиціонування від 3-х метрів	Середня: 1-5 метрів	Висока: 0,1-1 метр	Висока: 0,1-1 метр
Стабільність	Відмінна	Хороша	Хороша	Хороша
Енергоефективність	Хороша	Менш енергоефективний, ніж Fused location	Менш енергоефективний, ніж Fused location	Менш енергоефективний, ніж Fused location

Характеристика	Fused location	VIO	UWB	UWB + VIO
Ціна	Доступний	Може бути дорожчим, ніж Fused location	Може бути дорожчим, ніж Fused location	Може бути дорожчим, ніж Fused location
Складність використання	Простий у використанні	Може бути складнішим у використанні, ніж Fused location	Може бути складнішим у використанні, ніж Fused location	Може бути складнішим у використанні, ніж Fused location

Fused location є хорошим вибором для більшості застосунків. Він забезпечує високий рівень точності, стабільності і ефективності. Однак аналоги Fused location можуть бути корисними для застосунків, які вимагають високої точності або мають особливі вимоги до позиціонування.

Точність Fused location залежить від доступності методів позиціонування. Якщо доступні GPS, Wi-Fi і Cell ID, то точність Fused location може бути дуже високою. Однак у деяких випадках, наприклад, усередині приміщення або в районах з поганим покриттям GPS, точність Fused location може бути нижчою.

VIO може забезпечити більш високу точність, ніж Fused location, особливо в умовах, коли доступні тільки камери і датчики руху. UWB і UWB + VIO також можуть забезпечити більш високу точність, ніж Fused location, але вони також більш дорогі і складні у використанні.

Використання Fused Location Provider не вимагає спеціального апаратного обладнання, оскільки він використовує вже існуючі датчики та сигнали, такі як GPS, Wi-Fi і Cell ID, які доступні на більшості мобільних пристроях.

VIO може бути дорожчим, ніж Fused location, оскільки він вимагає використання камери і датчиків руху, які можуть бути дорогими. UWB і UWB + VIO також можуть бути дорожчими, ніж Fused location, оскільки вони вимагають використання UWB маяків, які можуть бути дорогими.

Розробка застосунків на основі Fused Location Provider може бути більш простою і доступною завдяки високому рівню підтримки для Android та iOS. Використання UWB або VIO може вимагати більшої розробки і інтеграції, що може збільшити вартість розробки.

Fused location є стабільним методом позиціонування. Він забезпечує постійне положення пристрою, навіть якщо умови навколишнього середовища змінюються.

VIO також є стабільним методом позиціонування, але він може бути менш стабільним, ніж Fused location, в умовах, коли доступні тільки камери і датчики руху. UWB і UWB + VIO також є стабільними методами позиціонування, але вони можуть бути менш стабільними, ніж Fused location, в умовах, коли доступні тільки UWB маяки.

Fused location є енергоефективним методом позиціонування. Він споживає менше батареї, ніж методи позиціонування, які використовують тільки один тип сигналу.

VIO може бути менш енергоефективним, ніж Fused location, оскільки він використовує дані з камери і датчиків руху, які споживають більше батареї. UWB і UWB + VIO також можуть бути менш енергоефективними, ніж Fused location, оскільки вони використовують радіочастоти, які споживають більше батареї.

Виходить, що Fused location є найоптимальнішим рішенням для створення мобільного застосунку із розглянутих вище методів.

До API для позиціонування, які використовують метод Fused Location відносяться:

					КРМ.КІ.1.415-03.1.8	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Apple Core Location – це API для позиціонування, який використовується в iOS. Він використовує Fused location для забезпечення високої точності і стабільності позиціонування.

2. Mapbox Location – це API для позиціонування, який надається компанією Mapbox. Він використовує Fused location для забезпечення високої точності і стабільності позиціонування.

3. Google Geolocation API – це API для позиціонування, який використовує Fused location для визначення положення пристрою.

4. FusedLocationProvider – це API для позиціонування, яке використовується в Android. Він поєднує дані з різних методів позиціонування, таких як GPS, Wi-Fi і Cell ID, для забезпечення більш високої точності і стабільності.

5. LocationManager – це старий API для позиціонування, який також використовується в Android. Він також поєднує дані з різних методів позиціонування, але він не так ефективний, як FusedLocationProvider.

Ефективність Apple Core Location, Mapbox Location, Google Geolocation API, FusedLocationProvider дуже схожа, тоді як більше застарілий API Location Manager трохи поступається іншим. У таблиці 2.2 наведено порівняльну характеристику LocationManager та FusedLocationProvider.

Таблиця 2.2

Порівняльна характеристика LocationManager та FusedLocationProvider

API	FusedLocationProvider	LocationManager
Точність	3-5 метрів	5-10 метрів
Енергоефективність	Споживає на 20-30% менше енергії, ніж LocationManager	Споживає на 20-30% більше енергії, ніж FusedLocationProvider

API	FusedLocationProvider	LocationManager
Простота використання	Для використання FusedLocationProvider потрібно написати менше коду, ніж для використання LocationManager	Потребує написання більше коду
Підтримка нових функцій	Визначення висоти та швидкості. Налаштування точності, частоти запитів і витрат енергії.	-

FusedLocationProvider забезпечує точність позиціонування в межах 3-5 метрів, тоді як LocationManager забезпечує точність позиціонування в межах 5-10 метрів. Це пов'язано з тим, що FusedLocationProvider поєднує дані з різних методів позиціонування, що дозволяє йому компенсувати недоліки кожного методу.

FusedLocationProvider є більш енергоефективним, ніж LocationManager. Це пов'язано з тим, що FusedLocationProvider використовує тільки ті методи позиціонування, які необхідні для отримання необхідної точності. У дослідженні, проведеному Google, було показано, що FusedLocationProvider споживає на 20-30% менше енергії, ніж LocationManager.

FusedLocationProvider простіше в налаштуванні і використанні, ніж LocationManager. Для використання FusedLocationProvider потрібно написати менше коду, ніж для використання LocationManager.

FusedLocationProvider підтримує нові функції, такі як визначення висоти і швидкості, а також більш гнучке налаштування параметрів позиціонування.

FusedLocationProvider може визначати висоту пристрою над рівнем моря, і швидкість руху пристрою, а також дозволяє налаштувати параметри позиціонування, такі як точність, частота запитів і витрати енергії.

В цілому, FusedLocationProvider є найкращим вибором для більшості випадків. Він забезпечує більш високу точність, стабільність і енергоефективність, ніж LocationManager. Саме тому для реалізації проекту використано FusedLocationProvider.

2.3 Основна ідея та опис застосунку

"MultiLocate" – це застосунок для мобільних Андроїд пристроїв, призначений для надання користувачам найточнішої інформації про їхнє місцезнаходження в різних умовах. Застосунок використовує різні методи геопозиціонування, такі як GPS, Wi-Fi та мережеві точки доступу, для забезпечення найвищого рівня точності.

Основні функції:

1. Змішане геопозиціонування: застосунок поєднує дані від різних джерел, включаючи супутниковий GPS, сигнали Wi-Fi та мережеві точки доступу, для надання користувачам найточнішого результату.

2. Вибір методів геопозиціонування: застосунок дозволяє користувачу самостійно обирати та тестувати різні методи геопозиціонування.

3. Аналіз результатів: застосунок надає результати геопозиціонування, що надає користувачу можливість проаналізувати ефективність різних методів.

4. QR-коди для надійності: у випадку низького сигналу, коли інші методи неефективні, користувачі можуть скористатися QR-кодами, розташованими на локації. Вони сканують QR-код за допомогою камери свого пристрою, і застосунок використовує координати з коду для визначення їхнього точного місцезнаходження.

5. Мапи: користувачі можуть переглядати своє місцезнаходження на мапі.

Переваги застосування "MultiLocate":

					КРМ.КІ.1.415-03.1.8	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- надійність і точність: застосунок використовує різні методи геопозиціонування для забезпечення найточніших результатів навігації;
- адаптивність: можливість використання QR-кодів у випадку слабого сигналу робить застосунок надзвичайно універсальним;
- простота використання: інтуїтивний інтерфейс робить застосунок доступним для всіх користувачів, незалежно від їхнього технічного рівня;
- зручність в будь-якому контексті: застосунок може бути використаний в різних сценаріях, включаючи подорожі, пошук місць у торгових центрах, знаходження геолокації на великих заходах.

"MultiLocate" – це інноваційний застосунок, який розв'язує проблеми навігації в умовах, коли інші методи геопозиціонування можуть бути неефективними. Він пропонує надійний спосіб визначення місцезнаходження для користувачів у різних контекстах.

2.4 Взаємодія між користувачем та застосунком

Основна взаємодія між користувачами та програмою передбачає взаємодію користувача, пристроя та активностей у застосунку (рис. 2.1). Ці взаємодії охоплюють широкий спектр дій і відповідей, які утворюють ядро взаємодії з користувачем.

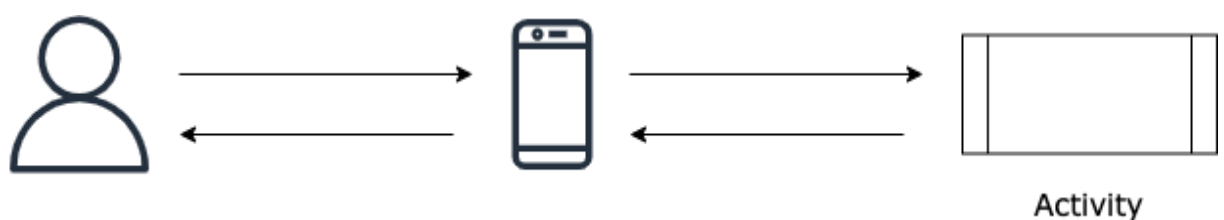


Рис. 2.1 – Архітектура взаємодії між користувачем та застосунком

Ось як ці елементи взаємодіють:

- користувач ініціює дії через пристрій (дотик, голос, сенсори);
- пристрій веде взаємодію до відповідних активностей застосунку;

- активності надають відповіді та спілкуються з користувачем через пристрій;
- пристрій відображає відповіді та взаємодію з користувачем через різні інтерфейсні засоби;
- користувач переміщується між активностями та взаємодіє з пристроєм.

Ця діаграма визначає ключові елементи взаємодій у системі "користувач-застосунок-пристрій", підкреслюючи роль користувачів у цьому процесі, де пристрій та активності застосунка обробляють їхні дії та надають відповідний зворотний зв'язок.

2.5 Взаємодія між застосунком та мобільним пристроєм

Розглянуто, як взаємодіють мобільний пристрій, застосунок і його компоненти (Activity.java, xml файл) (рис. 2.2.).

Ось як ці елементи взаємодіють:

- мобільний пристрій надсилає запит на відкриття застосунка;
- застосунок ініціалізує і створює активність Activity.java для взаємодії з користувачем;
- Activity.java відображає інтерфейс користувача на мобільному пристрої;
- Activity.java також взаємодіє з xml файлом для відображення вмісту і налаштувань інтерфейсу;
- користувач взаємодіє з Activity.java через мобільний пристрій;
- Activity.java обробляє взаємодію користувача та виконує відповідні дії в застосунку;
- застосунок містить внутрішню логіку та обробку запитів від Activity.java;
- результати відображаються на мобільному пристрої через Activity.java.

					KPM.KI.1.415-03.1.8	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Запит на відкриття застосунку надсилається з мобільного пристрою. Застосунок ініціалізує та створює активність Activity.java, яка відповідає за взаємодію з користувачем. Activity.java відображає інтерфейс користувача на мобільному пристрої та взаємодіє з xml файлом для відображення вмісту та налаштувань інтерфейсу.

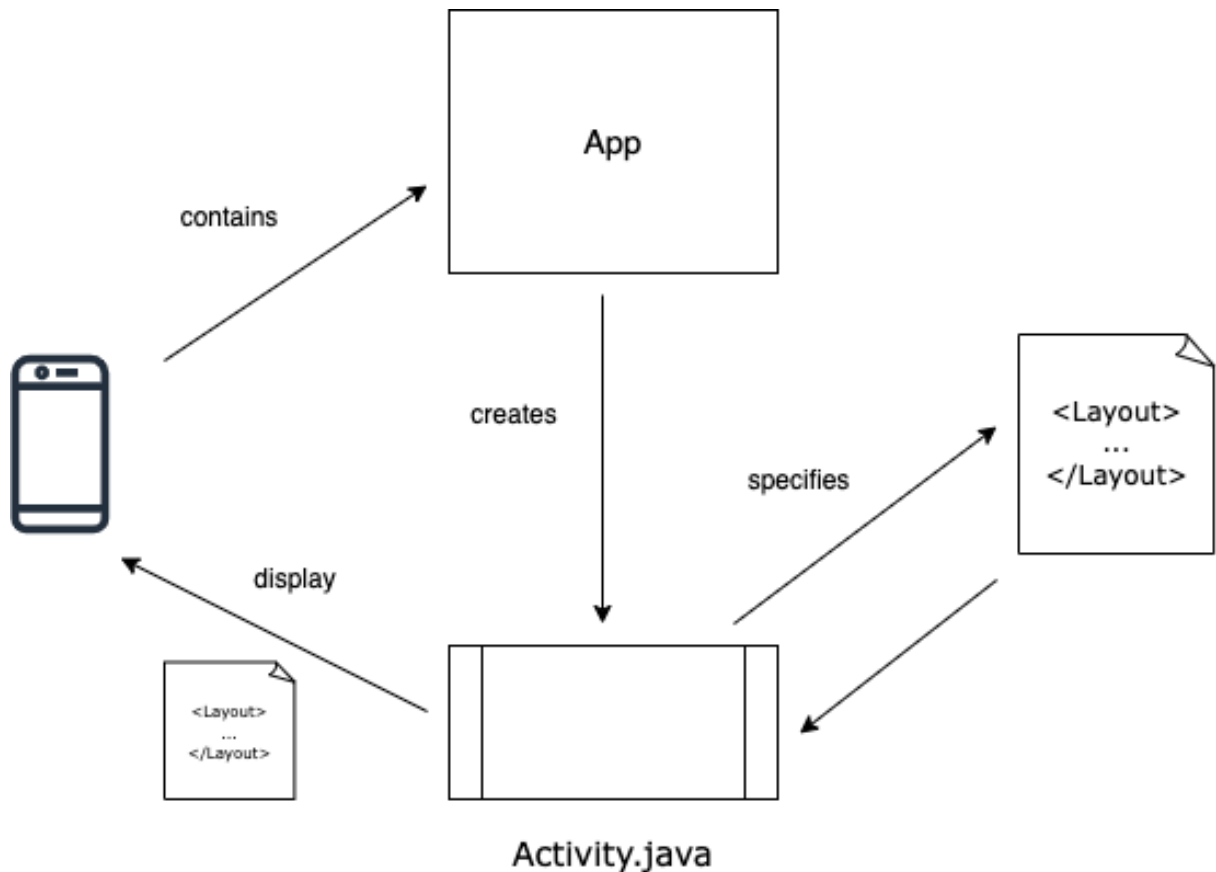


Рис. 2.2 – Архітектура взаємодії між Android застосунком та мобільним пристроєм

2.6 Архітектура застосунку

Застосунок має монолітну архітектуру. Важливо врахувати, що в архітектурі застосунку серверна частина відсутня, і весь функціонал зосереджений на стороні клієнта (мобільного пристрою). Нижче наведено опис архітектури застосунка.

Клієнтська архітектура: застосунок є клієнтським застосуванням, що встановлюється на мобільному пристрої користувача. Весь функціонал і дані обробляються локально на пристрої.

Монолітна структура: всі класи та компоненти застосунку включені в межі застосунка, і немає розділення на серверну та клієнтську частини. Весь код виконується на пристрої користувача.

Взаємодія з Android API: застосунок взаємодіє з Android API, включаючи роботу з геолокацією, картами, камерою, дозволами тощо.

Взаємодія з сторонніми API: застосунок може взаємодіяти зі сторонніми сервісами та API, такими як Google Play Services, для роботи з геолокацією та картами.

Активності та фрагменти: застосунок використовує Android-компоненти, такі як активності та фрагменти, для керування інтерфейсом користувача та взаємодії з користувачем.

Захист та безпека: потрібно забезпечити безпеку застосунка на стороні клієнта, включаючи захист даних, обробку помилок та вразливостей.

Користувацький інтерфейс: застосунок має графічний користувацький інтерфейс (UI) для взаємодії з користувачем та відображення інформації.

Керування життєвим циклом: застосунок реагує на події життєвого циклу Android, такі як створення, призупинення, відновлення тощо.

Взаємодія зі сторінками та картами: застосунок може взаємодіяти з картою, показувати місцезнаходження на карті та відправляти дані місцезнаходження на сервери, якщо це становить ваш функціонал.

У цілому, застосунок використовує клієнтську архітектуру, спеціалізовану на локальній обробці даних, взаємодії з користувачем та використанні Android-специфічних можливостей. Він може отримувати дані про геолокацію, відображати їх на карті, спрощувати взаємодію з користувачем через інтерфейс та надавати зручний доступ до інших функцій пристрою, таких як камера, дозволи тощо.

					KPM.KI.1.415-03.1.8	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.7 Ключові аспекти розробки та реалізації системи

Зазначені нижче технічні терміни та компоненти використано для побудови застосунку.

FusedLocationProviderClient: це стандартний API Android, який використовується для зчитування даних GPS та розташування веж стільникового зв'язку. Цей компонент дозволяє отримувати точні дані про місцезнаходження користувача на пристрої Android.

Дозволи: дозволи в цьому контексті вказують на необхідність програмі отримати дозвіл від користувача для відстеження його місцезнаходження. Це важливий аспект з точки зору приватності та безпеки.

LocationRequest: цей клас визначає параметри, які впливають на точність і частоту оновлення місцезнаходження. Іншими словами, це дозволяє налаштувати, наскільки точним та частим повинно бути відстеження місцезнаходження, з урахуванням балансу між споживанням акумулятора та продуктивністю програми.

Служби Google Play: це залежність, яку багато застосунків на Android використовують для отримання доступу до різних функцій, включаючи GPS та Карти. Це важливий компонент для роботи з геоданими та картами на Android-пристроях.

OnSuccessListener і Location Callback: це методи або інтерфейси, які використовуються для обробки оновлень місцезнаходження, коли телефон оновлює своє GPS-місцезнаходження. Вони використовуються для обробки та виконання дій на основі нових даних про місцезнаходження.

Запуск і зупинка відстеження місцезнаходження: це важливі операції для керування процесом відстеження місцезнаходження. Програміст може включити або виключити цей процес в залежності від потреб застосунку.

GeoCode: це служба Google, яка автоматично перекладає географічні координати, отримані від GPS, у адреси на вулицях. Це корисна функція для відображення користувачам зрозумілої інформації про їхнє місцезнаходження.

					КРМ.КІ.1.415-03.1.8	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технологія зчитування QR-коду Android: ця технологія дозволяє застосункам Android зчитувати QR-коди з використанням камери пристрою. В даному контексті, це важливий компонент для користувачів, які використовують QR-коди для визначення місцезнаходження в умовах, коли інші методи геопозиціонування не працюють надто добре.

2.8 Проєктування логіки та інтерфейсу застосунка

Використання ескізів екранного інтерфейсу допомагає зрозуміти поставлену задачу та сформуванати концепцію інтерфейсу та типові сценарії використання програми, перш ніж переходити до безпосередньої розробки в інструментальному середовищі. Створення ескізів відображає поточне розуміння проблеми і одночасно допомагає виявити можливі варіанти рішень.

У першому концептуальному ескізі інтерфейсу розглядаються три взаємопов'язаних екрани (рис. 2.3).

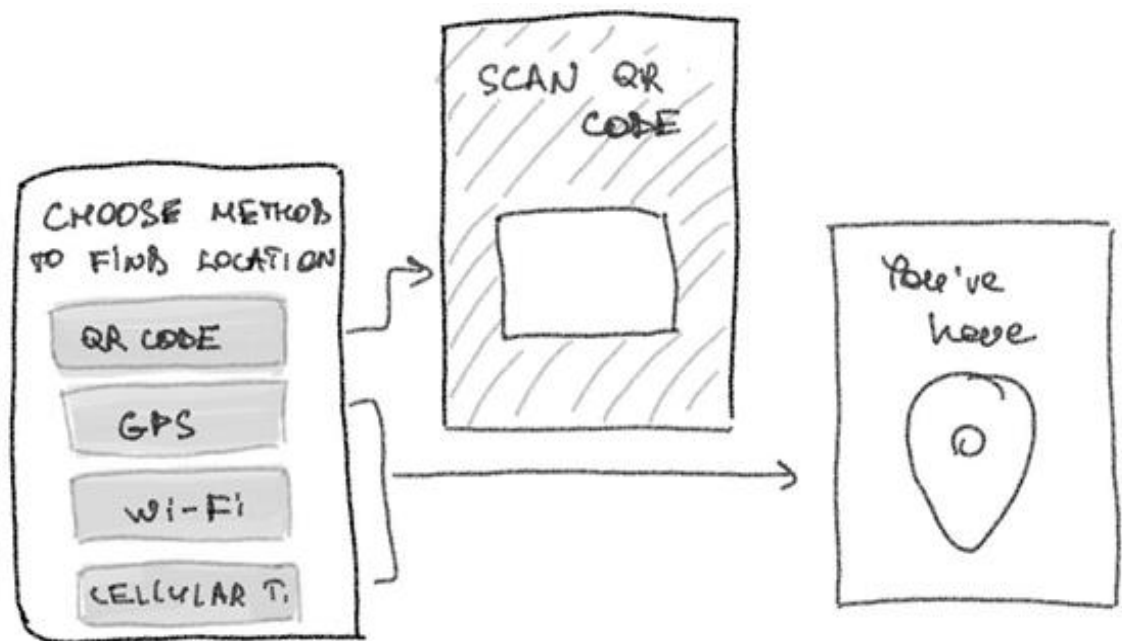


Рис. 2.3 – Перший ескіз застосунку

Перший екран пропонує вибір різних методів геопозиціонування, таких як GPS, Wi-Fi, стільникові вежі або сканування QR-кодів для визначення місце-

знаходження. Залежно від обраного варіанту, застосунок переходить до наступного екрану. Якщо обрано геопозиціонування за допомогою GPS, Wi-Fi або стільникові вежі користувачу відображається карта з поточним місцезнаходженням. Якщо обрано сканування QR-кодів, застосунок спроможний розпізнавати QR-коди з вбудованими географічними даними і відображати їх на карті.

У другому ескізі запропоновано доповнити перший функціоналом, що дозволяє користувачу зробити певні налаштування та переглянути кінцеві результати. Додано екран налаштувань, який дозволяє увімкнути або вимкнути певні методи. А також додано екран з незалежними результатами, отриманими кожним методом, щоб користувач міг оцінити їх ефективність в поточних умовах. Логіка побудована таким чином:

Перший екран дозволяє користувачеві вибрати метод геопозиціонування (за замовчуванням GPS) за допомогою кнопки "Find location" або налаштувати інший метод у розділі налаштувань.

Процес пошуку геопозиції складається з двох можливих частин:

1. Неможливо визначити точне місцезнаходження: застосунок пропонує два варіанти. Користувач може відсканувати QR-код із вбудованими географічними даними або переглянути приблизне розташування на карті.

2. Можливо визначити точне місцезнаходження: у цьому випадку застосунок відразу відображає точне місцезнаходження на карті.

Заключний екран містить результати процесу пошуку. Тут користувач може переглядати та аналізувати результати вибраних методів, такі як точність та швидкість.

Побудова даних ескізів допомогло знайти нові шляхи і перспективи в проектуванні застосунку. Для подальшої розробки застосунку був використаний другий запропонований варіант.

					КРМ.КІ.1.415-03.1.8	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

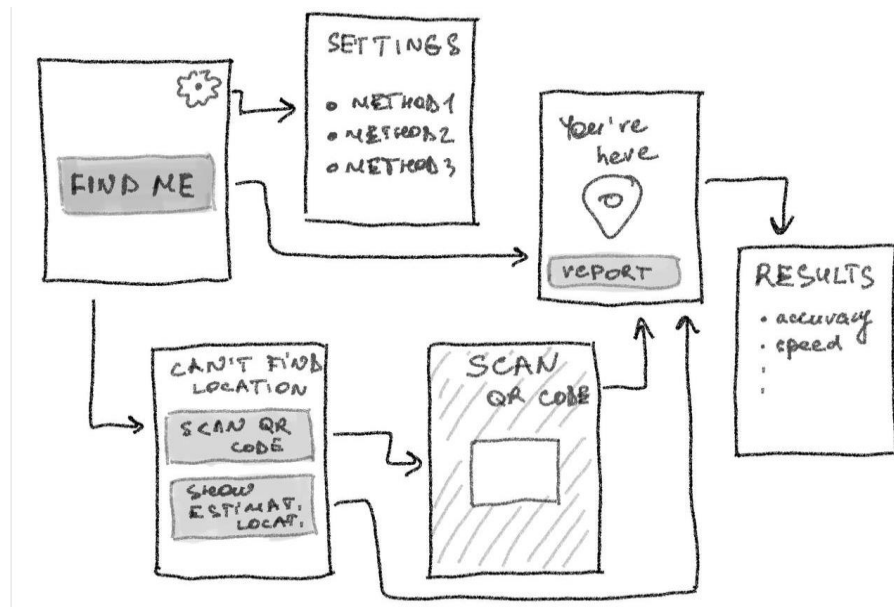


Рис. 2.4 – Другий ескіз застосунку

2.9 Структура застосунку

Структура застосунку "MultiLocate" може бути описана наступним чином:

Пакет com.uni.gpstracking:

- MainActivity: основний клас Activity застосунку;
- ReportActivity: Activity для створення звіту;
- SettingsActivity: Activity для управління налаштуваннями;
- DecisionActivity: Activity для прийняття рішення (вибір локації);
- MapsActivity: Activity для відображення карти та локацій;
- MyApplication: клас застосунку для зберігання загальних налаштувань та даних;
- додаткові допоміжні класи та ресурси;

Рівень інтерфейсу користувача (UI): XML-файли розмітки інтерфейсу користувача.

Рівень логіки застосунку (Application Logic):

- LocationHelper: клас для роботи з геолокацією та Location Services;
- GeocoderHelper: клас для визначення адреси за координатами.

- PreferenceFragmentCompat: фрагмент для управління налаштуваннями застосунку.

Ресурси: зображення, значки, макети, кольори та рядки.

Додаткові файли: AndroidManifest.xml, build.gradle та інші файли налаштування проєкту.

Ця структура дозволяє організувати застосунок за паттерном проєктування Model-View-Controller (MVC) або подібними архітектурними підходами. Можливість гнучкого розширення та підтримки функціональності, пов'язаної з геолокацією, картами та налаштуваннями, робить цю структуру досить ефективною для розробки застосунків, які використовують геолокацію на мобільних пристроях.

2.10 Структура класів

У даному застосунку представлені такі класи: MyApplication, MainActivity, ReportActivity, SettingsActivity, DecisionActivity, MapsActivity. Зобразимо їх за допомогою UML діаграми, а потім розглянемо детальніше кожний (рис. 2.5).

Клас MyApplication є підкласом Application в Android і виконує наступні основні функції та має такі властивості:

- зберігання глобальних змінних, таких як стан GPS, режими точності місцезнаходження, адреса тощо;
- зберігання місцезнаходження (локації) та налаштувань для отримання локації;
- методи для отримання та встановлення різних параметрів, таких як режим точності, стан GPS, адреса тощо;
- методи для зміни налаштувань та отримання локаційних запитів;
- методи для роботи з адресою та інформацією про місцезнаходження;
- реалізує паттерн одиночки (singleton) для забезпечення єдиного екземпляру класу в застосунку.

					КРМ.КІ.1.415-03.1.8	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

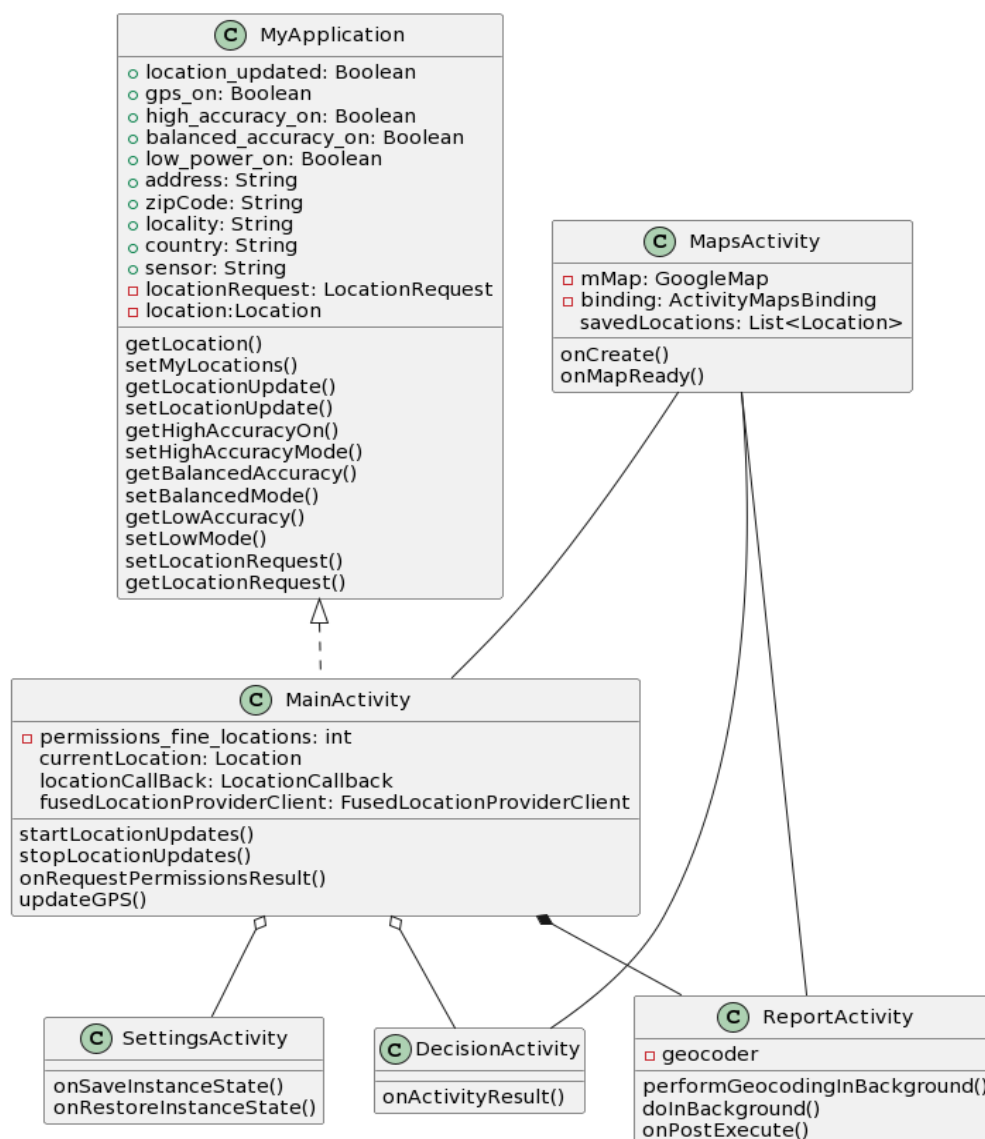


Рис. 2.5 – Класи системи

Загалом, цей клас MyApplication забезпечує зберігання глобальних налаштувань та даних, пов'язаних з місцезнаходженням та сенсорами, які доступні для всього застосунку Android.

Клас MainActivity є активністю в Android застосунку та виконує такі основні функції:

- відображає головний інтерфейс користувача (UI) застосунку;
- взаємодіє з користувачем, надаючи можливість вибору налаштувань та перегляду мапи;

- визначає дозвіл на використання місцезнаходження та отримує поточні координати місцезнаходження користувача;
- підтримує можливість відстеження змін місцезнаходження користувача та оновлення відповідного інтерфейсу;
- запускає і зупиняє відстеження місцезнаходження залежно від налаштувань та дозволів;
- відкриває інші активності, такі як MapsActivity та SettingsActivity, на основі даних місцезнаходження та вибору користувача.

Загалом, цей клас відповідає за взаємодію з місцезнаходженням та надає основні функціональні можливості застосунку.

Клас ReportActivity є активністю в Android застосунку та виконує такі основні функції:

- відображає інтерфейс для створення звіту на основі інформації про місцезнаходження користувача;
- взаємодіє з користувачем, надаючи можливість перегляду інформації про поточне місцезнаходження та здійснення геокодування;
- використовує дані місцезнаходження, які зберігаються в класі MyApplication, для відображення географічних координат, точності, швидкості тощо;
- виконує геокодування, щоб визначити адресу, поштовий індекс, локалітет та країну на основі координат місцезнаходження;
- забезпечує можливість перезавантаження і відображення згодом отриманої інформації.

Цей клас спеціалізується на створенні та відображенні звіту про місцезнаходження користувача.

Клас SettingsActivity відображає інтерфейс налаштувань для застосунку та дозволяє користувачу вибирати різні опції стосовно місцезнаходження. Його стислі функції:

					KPM.KI.1.415-03.1.8	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- відображає сторінку налаштувань, де користувач може вибирати режими місцезнаходження;
- дозволяє вибирати різні режими точності (висока, збалансована, низька), що впливають на вимоги до GPS та інших сенсорів;
- керує включенням та виключенням відстеження місцезнаходження;
- зберігає вибрані налаштування та використовує їх в застосунку для забезпечення відповідного режиму місцезнаходження.

Цей клас дозволяє користувачу налаштовувати режими місцезнаходження та впливати на точність та використання різних сенсорів.

Клас `DecisionActivity` дозволяє користувачеві вибирати між двома опціями:

- сканувати QR-код для отримання координат і відобразити місцезнаходження на мапі;
- перейти до відображення поточного місцезнаходження на мапі без точних координат з QR-коду.

Цей клас обробляє вибір користувача і може обробити QR-код для отримання координат для подальшого відображення на мапі.

Клас `MapsActivity` відповідає за відображення мапи та роботу з місцезнаходженням. Основні функції цього класу:

- відображає мапу Google та визначає місцезнаходження на ній;
- додає маркери на мапу, відображаючи поточне місцезнаходження або інші координати, які надходять як параметри;
- надає можливість користувачу переходити до створення звіту про місцезнаходження (якщо є необхідність);
- керує можливістю зуму та переміщення камери на мапі.

Цей клас спрощує відображення мапи та додавання маркерів для відображення місцезнаходження.

					KPM.KI.1.415-03.1.8	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.11 Діаграма станів

Діаграма зображена на рис. 2.6 представляє діаграму станів системи. Діаграми станів використовуються для моделювання поведінки систем, які можуть перебувати в різних станах і змінювати свої стани в результаті подій або умов.

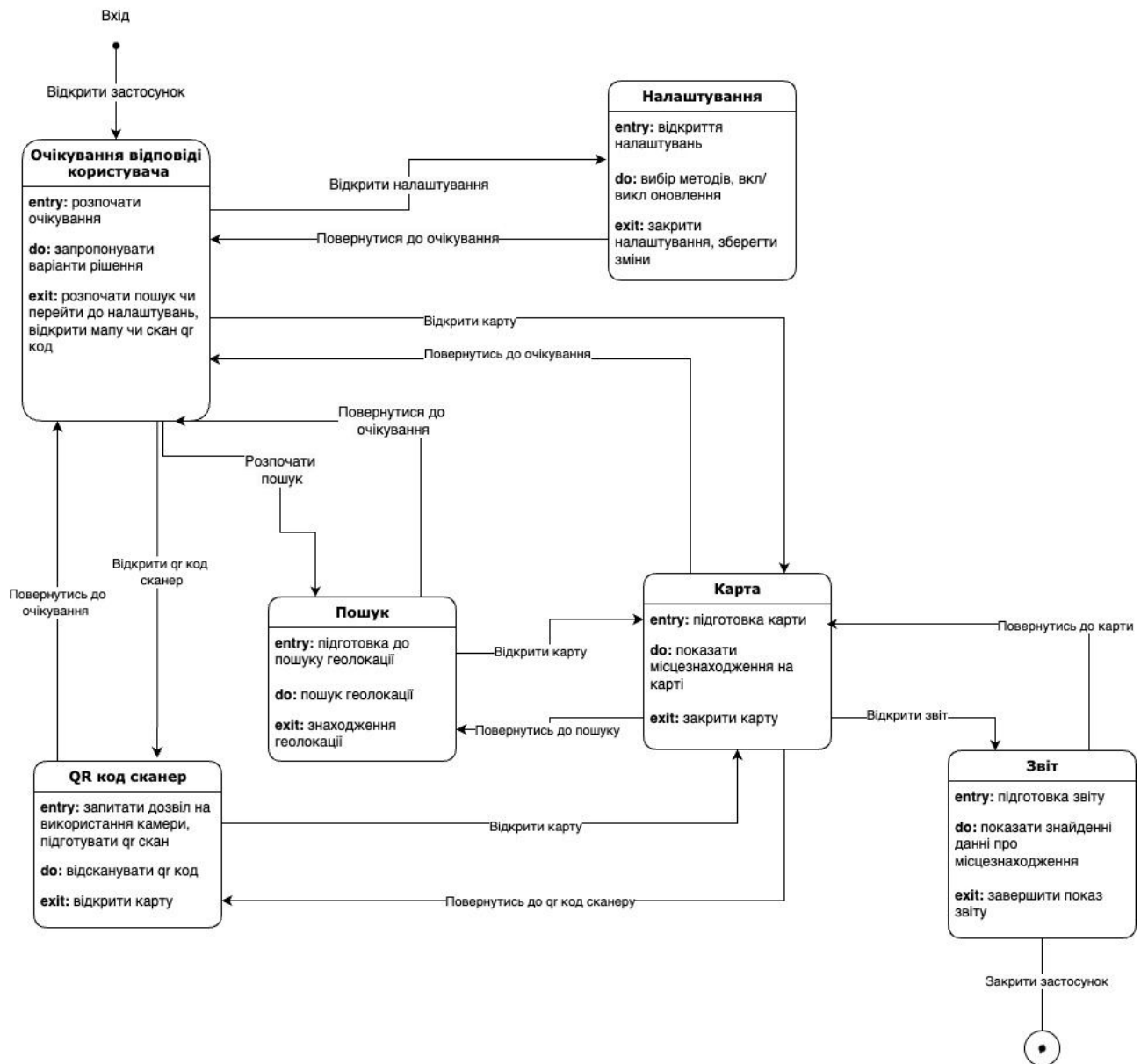


Рис.2.6 – Діаграма станів проєкту

На цій діаграмі є шість основних станів: "Очікування відповіді", "Налаштування", "Пошук", "QR код сканер", "Звіт" та "Карта". Вони представлені як прямокутники з округленими кутами.

Кожен стан має такі компоненти:

- entry: дії, що виконуються при входженні в стан;
- do: постійні дії, що виконуються під час перебування у стані;
- exit: дії, що виконуються при виході зі стану.

Є також перехідні стрілки, які показують, як можна перейти від одного стану до іншого. Наприклад, із стану "Очікування відповіді" можна перейти в "Налаштування" або "Пошук" залежно від вибору користувача.

Опис кожного із станів:

1. Очікування відповіді – цей стан є початковим, де користувач може вибрати дію або отримати рекомендації щодо подальших дій.
2. Налаштування – у цьому стані користувач може модифікувати налаштування системи, зокрема методи оновлення інформації.
3. Пошук – у стані "Пошук" відбувається пошук геолокації.
4. Карта – стан "Карта" активується, коли користувач хоче побачити геолокаційні дані на карті, із можливістю закрити карту, коли це більше не потрібно.
5. QR код сканер – представляє собою функцію сканування QR кодів, яка може бути викликана з основного стану очікування. Після сканування система переходить до перегляду карти, показуючи інформацію, пов'язану зі сканованим QR кодом.
6. Звіт – цей стан відповідальний за генерацію та показ звітів, які містять дані про місцезнаходження як результат пошуку або від сканування QR коду. Після завершення перегляду звіту, користувач може вийти з цього стану.

Кожен стан є частиною циклу інтерфейсу користувача, де вибір дій залежить від попередніх дій користувача і можливих входів. Стрілки між станами вказують на можливі переходи між цими станами.

					КРМ.КІ.1.415-03.1.8	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.12 Проєктування нового методу позиціонування для покращення визначення геолокації

Один з нових методів геопозиціонування, який буде використано в умовах, коли інші методи геолокації недоступні, може базуватися на використанні вбудованих датчиків у телефоні, які вимірюють не лише кількість кроків, а й зміни у рухах та відхиленнях. Ці дані можна використовувати для створення унікального шаблону руху для конкретного користувача. Потім цей шаблон можна порівнювати з попередніми рухами, щоб оцінити приблизне розташування телефону відносно його останньої відомої позиції. Такий метод використовуватиме алгоритми машинного навчання для аналізу та порівняння паттернів руху для оцінки поточного місцезнаходження. Розглянемо ключові компоненти розробки даного методу.

2.12.1 Збір даних

Використання акселерометра, гіроскопа, магнітометра та педометра, вбудованих у смартфон, для збору даних про рухи та відхилення (рис. 2.7). Збір включає дані про зміни швидкості, напрямку, кількості кроків та орієнтації телефону.

Аналіз для збору даних та їх основні функції:

1. Акселерометр:

- функція: вимірює зміни лінійної швидкості в трьох вимірах (X, Y, Z);
- дані: записує прискорення або сповільнення телефону під час руху;
- застосування: допомагає визначати швидкість руху та раптові зміни напрямку.

2. Гіроскоп:

- функція: виявляє ротаційний рух та орієнтацію в просторі;
- дані: відстежує зміни напрямку та обертання телефону навколо своєї осі;

					КРМ.КІ.1.415-03.1.8	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- застосування: використовується для визначення змін у положенні телефону при поворотах і нахилах.

3. Магнітометр (цифровий компас):

- функція: визначає магнітну орієнтацію телефону відносно Землі;
- дані: надає інформацію про напрямок, у якому спрямований телефон;
- застосування: дозволяє фіксувати зміни напрямку руху користувача відносно сторін світу.

4. Педометр:

- функція: підраховує кількість кроків;
- дані: вимірює частоту і ритм ходьби або бігу.
- застосування: використовується для оцінки відстані, пройденої користувачем, на основі кількості кроків.

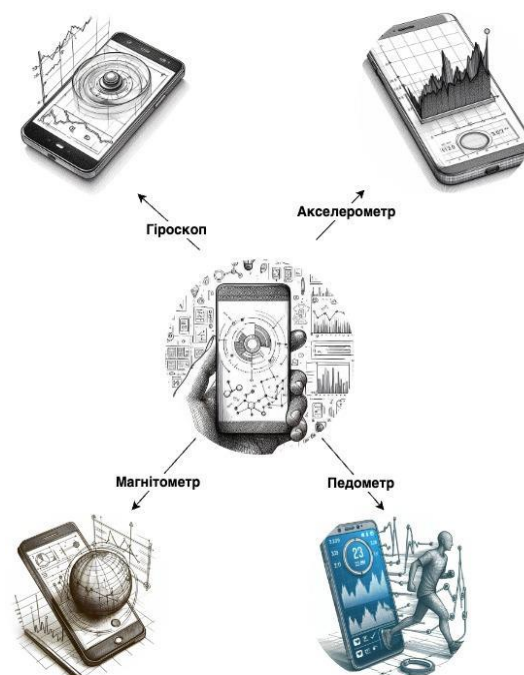


Рис.2.7 - Збір даних за допомогою вбудованих датчиків

Збір цих даних дозволяє створити детальний профіль руху користувача. Комбінування цієї інформації з алгоритмами машинного навчання дозволить

виявляти унікальні шаблони руху, які можна використовувати для точнішого визначення місцезнаходження та моніторингу фізичної активності.

2.12.2. Обробка даних

Для ефективної обробки даних у системі геопозиціонування, яка використовує вбудовані датчики смартфона, необхідно відфільтрувати та нормалізувати отримані дані для мінімізації впливу шумів та неточностей. Для фільтрації даних використано фільтр Калмана.

Фільтр Калмана ефективно використовується для систем з динамічними процесами, оскільки дозволяє оцінити стан системи (наприклад, швидкість і напрямок руху) через шумні вимірювання. Цей метод поєднує вимірювання з попередніми прогнозами, мінімізуючи похибку оцінки.

1. Етап прогнозування.

Формула (2.1) прогнозує стан об'єкта на наступний момент часу, виходячи з його попередньої оцінки та відомої моделі динаміки системи:

$$\hat{x}_{k|k} = F_k \times \hat{x}_{k-1|k-1} + B_k \times u_k, \quad (2.1)$$

де $P_{k|k-1}$ – оцінка стану на момент часу k , заснована на інформації до часу $k-1$,

F_k – матриця переходу стану,

$P_{k|k-1}$ – оцінка стану на момент часу $k-1$,

B_k – матриця керування,

u_k – вектор керування.

Для прогнозування коваріації помилок є формула (2.2):

$$P_{k|k} = P_{k|k-1} \times F_k^T \times F_k + Q_k, \quad (2.2)$$

де $P_{k|k-1}$ – оцінка коваріації помилок на час k ,

$P_{k-1|k-1}$ – оцінка коваріації помилок на час $k-1$,

F_k – матриця переходу стану,

Q_k – коваріація шуму процесу,

F_k^T – транспонована матриця переходу стану.

2. Етап оновлення.

Оновлення з урахуванням вимірювань можна розрахувати за допомогою формули (2.3):

$$P_k = P_{k|k-1} \times K_k \times (P_k \times P_{k|k-1} \times K_k + R_k)^{-1}, \quad (2.3)$$

де K_k – калманівський коефіцієнт посилення,

H_k – матриця вимірювання,

R_k – коваріація шуму вимірювань.

Формула (2.4) оновлює оцінку стану, враховуючи нові вимірювання:

$$\hat{x}_{k|k} = \hat{x}_{k|k-1} + K_k \times (P_k - P_k \times H_k^T \times \hat{x}_{k|k-1}), \quad (2.4)$$

де $\hat{x}_{k|k}$ – оновлена оцінка стану,

P_k – вимірювання на момент часу k .

Формула (2.5) оновлює оцінку коваріації помилок, враховуючи нові вимірювання:

$$P_{k|k} = (P_k - P_k \times H_k^T \times P_k) \times P_{k|k-1}, \quad (2.5)$$

де $P_{k|k}$ – оновлена оцінка коваріації помилок,

I – одинична матриця.

Ці формули дозволяють фільтру Калмана ефективно комбінувати та оновлювати інформацію про стан об'єкта, враховуючи як нові вимірювання, так і попередні оцінки.

Після фільтрації дані піддаються нормалізації, щоб усі вимірювання були на одній шкалі, що спрощує аналіз і порівняння даних. Нормалізація часто включає перетворення даних до одного діапазону (наприклад, 0-1) або віднімання середнього значення і поділ на стандартне відхилення (стандартизація).

Ці кроки забезпечують очищені та точні дані для наступних етапів обробки, включаючи створення шаблонів руху та аналіз за допомогою алгоритмів машинного навчання.

2.12.3 Проектування шаблону руху

Метою алгоритму, який пропонується в цій роботі, є створення унікального шаблону руху для кожного користувача на основі зібраних даних про його рухи (рис.2.8).

Алгоритм складається з наступних етапів:

1. Збір даних:

- дані збираються з акселерометра, гіроскопа, магнітометра та інших відповідних датчиків у телефоні;
- шум фільтрується та дані нормалізуються.

2. Особливості даних (Feature Engineering)

- виділяються характеристики, які найкраще описують рух, такі як швидкість, частота кроків, амплітуда рухів тощо;
- дані аналізуються в певних вікнах часу для стабільності даних.

3. Тренування моделі:

- для аналізу послідовностей часових рядів використовується нейронна мережа, така як LSTM (Long Short-Term Memory);
- зібрані дані поділяються на тренувальні та тестові набори.

4. Тестування та валідація:

- точність моделі перевіряється на тестовому наборі;
- стабільність моделі оцінюється за допомогою перехресної валідації.

5. Аналіз і створення шаблонів:

- використовується модель для визначення унікальних шаблонів руху кожного користувача;

- система дозволяється динамічно навчатися, використовуючи нові дані для удосконалення шаблонів.

6. Інтеграція та застосування:

- модель інтегрується в мобільний застосунок для використання в реальному часі;
- модель регулярно покращується шляхом аналізу зворотного зв'язку користувачів та оновлення алгоритмів.

7. Додаткові кроки:

- безпека та приватність даних: забезпечується, що всі дані обробляються з дотриманням безпеки та приватності.

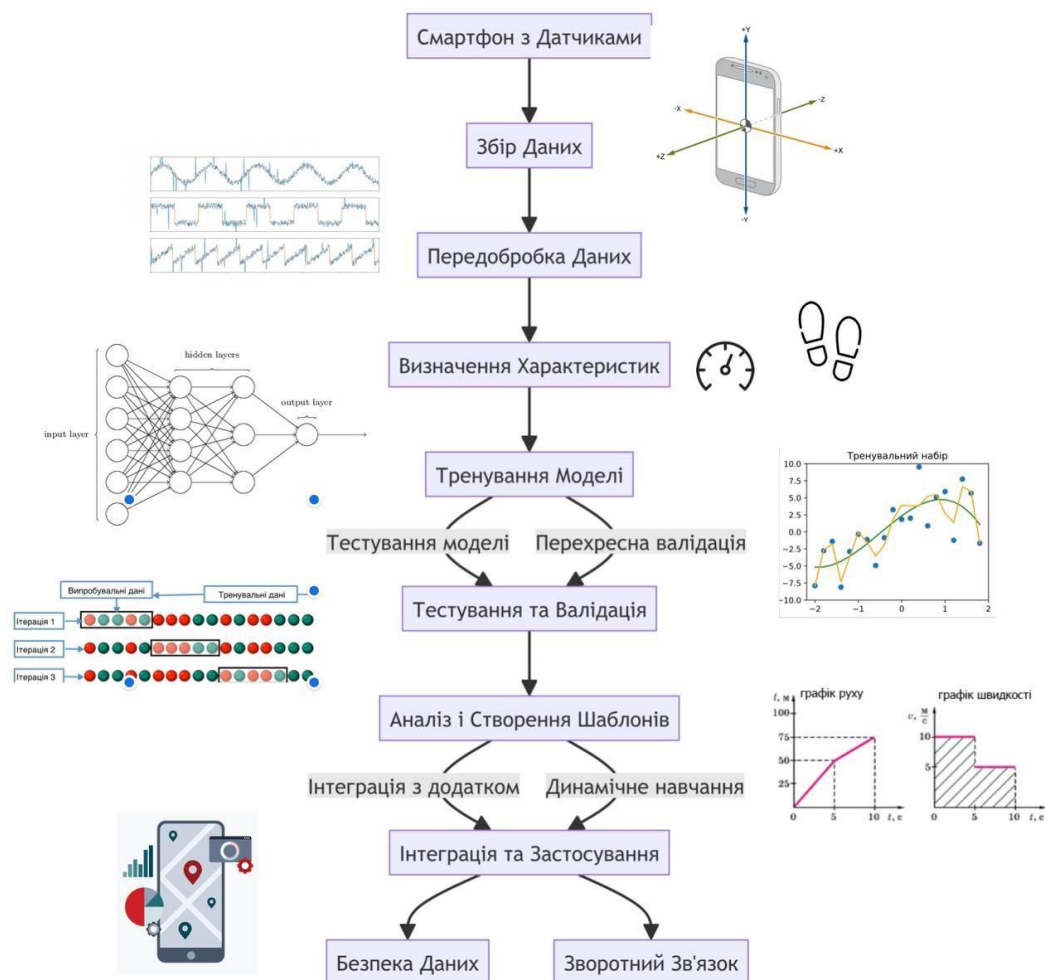


Рис.2.8 - Алгоритм створення унікального шаблону руху

2.12.4. Порівняння шаблонів

Для розробки системи для порівняння поточного патерну руху з попередньо збереженими для оцінки приблизного розташування використано відстань Махаланобі.

Відстань Махаланобі – це метрика відстані, яка використовується для порівняння векторів у багатовимірному просторі. Вона може бути використана для визначення ступеня схожості між двома векторами. Алгоритм порівняння шаблонів руху за допомогою відстані Махаланобі складається з наступних кроків:

1. Представлення даних.

Попередньо збережені шаблони руху представляють у вигляді векторів. Це можна зробити, використовуючи такі методи, як:

- будова векторів із характеристик руху;
- використання методу Principal Component Analysis (PCA) для зменшення розмірності даних.

2. Визначення відстані Махаланобі.

Для кожного попередньо збереженого шаблону руху визначається відстань Махаланобі між ним і поточним шаблоном руху (2.6):

$$\square(\square, \square) = \sum_{i=1}^d (\square_{\square} - \square_{\square})^2 / \square_{\square}^2, \quad (2.6)$$

де $\square(\square, \square)$ – відстань Махаланобі між векторами,

$\square_{\square}$ та $\square_{\square}$ – компоненти векторів $\square$ та $\square$,

$\sigma_{\square}$ – стандартне відхилення i -го компонента.

3. Оцінка розташування.

Потім визначається шаблон руху з найменшою відстанню Махаланобі. Цей шаблон вважається найближчим до поточного шаблону руху. Наприклад, припустимо, що у нас є два попередньо збережених шаблони руху:

					КРМ.КІ.1.415-03.1.8	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$x = [1, 2, 3]$$

$$y = [4, 5, 6]$$

Поточний шаблон руху має значення:

$$z = [3, 4, 5]$$

Відстань Махаланобі між векторами x і z дорівнює (2.7):

$$D(x, z) = \sum_{i=1}^3 (x_i - z_i)^2 / \sigma_i^2 = \sum_{i=1}^3 (1 - 3)^2 / \sigma_i^2 \quad (2.7)$$

Якщо припустити, що стандартне відхилення для кожного компонента дорівнює 1, то відстань Махаланобі дорівнює:

$$D(x, z) = \sum_{i=1}^3 (1 - 3)^2 = \sqrt{18} = 3\sqrt{2}$$

Відстань Махаланобі між векторами y і z дорівнює (2.8):

$$D(y, z) = \sum_{i=1}^3 (y_i - z_i)^2 / \sigma_i^2 = \sum_{i=1}^3 (4 - 5)^2 / \sigma_i^2 \quad (2.8)$$

Якщо припустити, що стандартне відхилення для кожного компонента дорівнює 1, то відстань Махаланобі дорівнює:

$$D(y, z) = \sum_{i=1}^3 (4 - 5)^2 = \sqrt{36} = 6$$

Оскільки відстань Махаланобі між векторами x і z менше, ніж відстань Махаланобі між векторами y і z , то шаблон руху x вважається найближчим до поточного шаблону руху.

2.12.5. Калібрування та точність

Після того, як дані зібрані, їх можна використовувати для оцінки точності системи визначення місцезнаходження. Для цього можна використовувати наступні метрики:

1. Середньоквадратичне відхилення (RMSE). Це метрика, яка визначає, наскільки в середньому результати системи відрізняються від реального значення (2.9):

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(\hat{y}_i - y_i)^2}{n}}, \quad (2.9)$$

де y_i – реальне значення i -го вимірювання,
 $\hat{y}_i$ – прогнозоване значення i -го вимірювання,
 n – кількість вимірювань.

2. Коефіцієнт детермінації (R^2). Це метрика, яка визначає, наскільки результати системи пояснюються реальними даними (2.10):

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}, \quad (2.10)$$

де y_i – реальне значення i -го вимірювання,
 $\hat{y}_i$ – прогнозоване значення i -го вимірювання,
 $\bar{y}$ – середнє значення всіх вимірювань.

Для підвищення точності системи визначення місцезнаходження можна використовувати калібрування. Калібрування передбачає підгонку параметрів системи для того, щоб вона краще відповідала реальним даним.

Існує два основних типи калібрування:

- параметричне калібрування, цей тип калібрування передбачає підгонку параметрів системи, таких як коефіцієнти регресії або параметри фільтру;
- непараметричне калібрування, цей тип калібрування передбачає навчання моделі, яка підбирає функцію, та перетворює результати системи визначення місцезнаходження в більш точні значення.

Щоб підвищити точність системи визначення місцезнаходження в різних умовах, необхідно враховувати різні типи рухів і умови. Наприклад, для ходьби

і бігу необхідно використовувати різні моделі, оскільки ці рухи мають різні характеристики. Крім того, необхідно враховувати умови навколишнього середовища, такі як шум, перешкоди і складний ландшафт.

Ось деякі конкретні методи для врахування різних типів рухів і умов:

- використання різних моделей для різних типів рухів; наприклад, можна використовувати одну модель для ходьби, а іншу – для бігу;
- використання адаптивних моделей; адаптивна модель може автоматично підлаштовуватися до різних умов;
- використання додаткових даних; наприклад, можна використовувати дані про швидкість руху або про напрямок руху для підвищення точності визначення місцезнаходження.

2.12.6. Інтеграція з іншими системам

Спроектовано інтеграцію запропонованого методу з існуючими системами геолокації, такими як GPS та Wi-Fi, які використовують *FusedLocationProvider*, для поліпшення точності.

Потрібно створити клас *CustomLocationProvider*, який реалізує інтерфейс *LocationProvider* та надає новий метод геопозиціонування (лістинг 2.1).

Лістинг 2.1. Елемент коду “*CustomLocationProvider*”

```
java

public class CustomLocationProvider implements LocationProvider {

    // Реалізація методів LocationProvider для власного методу геопозиціонування.

    // ...

}
```

Ініціалізація екземпляру *CustomLocationProvider* у коді, де налаштовується існуючий *FusedLocationProvide* (лістинг 2.2).

					КРМ.KI.1.415-03.1.8	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Лістинг 2.2. Ініціалізація *CustomLocationProvider*

```
java

CustomLocationProvider customLocationProvider = new
CustomLocationProvider();

customLocationProvider.initialize(context);
```

Підписка на геопозиційні оновлення через *FusedLocationProvider* (лістинг 2.3).

Лістинг 2.3. Підписка через *FusedLocationProvider*

```
java

fusedLocationProviderClient.requestLocationUpdates(locationRequest,
locationCallback, Looper.getMainLooper());
```

Обробка отриманих даних в *CustomLocationProvider*. У методі *onLocationResult* з *LocationCallback* передаються отримані дані у *CustomLocationProvider* для аналізу та обробки (лістинг 2.4).

Лістинг 2.4. Обробка отриманих даних в *CustomLocationProvider*

```
java

@Override

public void onLocationResult(LocationResult locationResult) {

    if (locationResult != null) {

        Location newLocation = locationResult.getLastLocation();

        customLocationProvider.processLocation(newLocation);

    }

}
```

Потрібно використовувати додаткові геопозиційні дані для оптимізації точності визначення місцезнаходження та об'єднувати ці дані з існуючими даними для отримання більш точного результату (лістинг 2.5).

					КРМ.КІ.1.415-03.1.8	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Лістинг 2.5. Приклади оптимізації точності

```
java

// Приклад оптимізації точності з використанням нових даних.

double optimizedLatitude = optimizeLatitude(existingLatitude,
newLatitude);

double optimizedLongitude = optimizeLongitude(existingLongitude,
newLongitude);
```

Використання геопозиційних даних для виклику аналізу рухових патернів на основі нового методу геопозиціонування (лістинг 2.6).

Лістинг 2.6. Виклик аналізу рухових патернів

```
java

// Приклад запуску аналізу рухових патернів.

MotionPatternAnalyzer.analyzeMovement(newMovementData);
```

Використання отриманих даних для збереження історії переміщень користувача, щоб можна було аналізувати його попередні локації та рухові звички (лістинг 2.7).

Лістинг 2.7. Використання отриманих даних

```
java

// Приклад збереження історії переміщень на основі нових геопозиційних даних.

HistoryManager.saveLocationHistory(newLocationData);
```

Використання результатів обробки нових геопозиційних даних для покращення чи додавання функціональності в існуючій системі (лістинг 2.8).

Лістинг 2.8. Використання результатів обробки нових геопозиційних даних

					КРМ.КІ.1.415-03.1.8	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

java

// Використання результатів обробки нових геопозиційних даних в існуючій системі.

existingSystem.updateWithCustomLocationData(customLocationProvider.getResult());

```

Потрібно враховувати можливість динамічного перемикання між *FusedLocationProvider* та *CustomLocationProvider* залежно від умов чи конфігурації (лістинг 2.9).

Лістинг 2.9. Перемикання між *FusedLocationProvider* та *CustomLocationProvider*

```

java

if (useCustomLocationProvider) {

    // Використання нового методу геопозиціонування.

} else {

    // Використання стандартного FusedLocationProvider.

}

```

Такий підхід дозволяє інтегрувати новий метод геопозиціонування в існуючу систему, забезпечуючи гнучкість та збереження сумісності зі стандартним *FusedLocationProvider*.

Ці кроки дозволяють не лише отримувати геопозиційні дані, але і повністю використовувати їх для розширення функціональності застосунку чи сервісу.

Такий метод може бути корисним у середовищах зі слабким або недоступним GPS сигналом, наприклад, всередині будівель або в міських каньйонах.

Це лише загальний опис процесу. Розробка такого методу потребує багато часу, досліджень та тестувань для забезпечення точності та надійності.

Висновок до другого розділу

У рамках практичної частини кваліфікаційної роботи було розроблено застосунок для визначення місцезнаходження мобільних пристроїв з використанням різних методів геопозиціонування. Ця розробка спрямована на поліпшення точності та надійності визначення геопозиції, навіть в умовах обмеженого сигналу.

В роботі розглянуті основні аспекти взаємодії між користувачем, застосунком і мобільним пристроєм. Розглянуті ключові компоненти системи, такі як три джерела даних про місцезнаходження, налаштування місцезнаходження та оновлення місцезнаходження.

Також проведено аналіз структури застосунку, його класів і станів, що дозволило краще зрозуміти внутрішню організацію системи.

У результаті дослідження та проєктування цього застосунку виявлені нові перспективи в галузі геопозиціонування, зокрема використання QR-кодів для визначення місцезнаходження. Також запропоновано новий метод пошуку геопозиціонування в умовах, коли інші методи недоступні. Цей підхід відкриває нові можливості для використання технології в умовах, коли інші методи геопозиціонування можуть бути недоступними або неефективними. Робота над подальшими дослідженнями та розвитком може призвести до покращення геопозиціонування мобільних пристроїв у різних сценаріях використання.

РОЗДІЛ 3

ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ

3.1 Вступ

У цьому розділі кваліфікаційної роботи розглянуто практичну реалізацію розробленого застосунку. В рамках цього розділу описано основні аспекти створення та функціонування програмного забезпечення, спрямованого на визначення місцезнаходження мобільних пристроїв. Робочі компоненти, функціональність та ключові взаємодії користувача із застосунком ретельно проаналізовані та розглянуті. Також надано огляд тестування та виявлені можливості для покращення роботи програми.

3.2 Налаштування інтерфейсу користувача

При розробці нового Android-застосунка, проєктування інтерфейсу користувача (UI) є важливою частиною процесу. В Android Studio можна визначити інтерфейс або елементи керування двома способами:

- оголошення елементів інтерфейсу користувача в XML;
- створення елементів інтерфейсу в Design mode.

В Android Studio можна створювати такі ж макети, як веб-сторінки в HTML, використовуючи типові представлення та групи переглядів у файлі XML. Файл макета має містити лише один кореневий елемент, який має бути об'єктом View або ViewGroup. Після визначення кореневого елемента потрібно додати додаткові об'єкти макета або віджети як дочірні елементи для створення ієрархії View, яка визначає макет.

Нижче наведено приклад визначення елементів керування інтерфейсу користувача (TextView) у файлі XML (activity_main.xml) за допомогою ConstraintLayout у застосунку (лістинг 3.1).

Лістинг 3.1. Елемент коду у файлі XML

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<androidx.constraintlayout.widget.ConstraintLayout
xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
    xmlns:app="http://schemas.android.com/apk/res-auto"
    xmlns:tools="http://schemas.android.com/tools"
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="match_parent"
    tools:context=".MainActivity">

    <TextView
        android:id="@+id/tv_labellat"
        android:layout_width="100dp"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:text="Latitude:"
        android:textSize="18dp"
        app:layout_constraintStart_toStartOf="parent"
        app:layout_constraintTop_toTopOf="parent" />

    <TextView
        android:id="@+id/tv_lat"
        android:layout_width="wrap_content"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:text="0.00"
        android:textSize="18dp"
        app:layout_constraintStart_toEndOf="@+id/tv_labellat"
        app:layout_constraintTop_toTopOf="parent" />
</androidx.constraintlayout.widget.ConstraintLayout>
```

У Android кожний елемент управління має конкретний набір подій, і ці події будуть запускатися, коли користувач виконує певні дії, наприклад, вводить текст або торкається кнопки.

Також потрібно створити файли макету інтерфейсу користувача (UI) в каталозі проекту `/res/layout`, тільки тоді файли макету будуть правильно компілюватися.

Завершивши створення макету з елементами керування інтерфейсом користувача, потрібно завантажити ресурс XML-макету з методу зворотнього виклику `onCreate()` діяльності, як показано нижче (лістинг 3.2).

					KPM.KI.1.415-03.1.8	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Лістинг 3.2. Метод onCreate()

```
protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {  
    super.onCreate(savedInstanceState);  
    setContentView(R.layout.activity_main);  
}
```

Макет потрібно викликати, використовуючи метод setContentView у вигляді R.layout.layout_file_name. У цьому випадку назва XML-файлу – activity_main.xml, тому використано назву файлу activity_main.

Зазвичай, при запуску діяльності метод зворотнього виклику onCreate() викликається фреймворком Android для отримання необхідного макету для діяльності.

Якщо потрібно створити елементи інтерфейсу під час виконання, необхідно програмно створити власні об'єкти View з макетами. Нижче наведено приклад створення елементів інтерфейсу (лістинг 3.3).

Лістинг 3.3. Клас MainActivity

```
public class MainActivity extends AppCompatActivity {  
    TextView tv_labellat, tv_lat;  
  
    @Override  
    protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {  
        super.onCreate(savedInstanceState);  
  
        tv_labellat = findViewById(R.id.tv_labellat);  
        tv_lat = findViewById(R.id.tv_lat);  
    }  
}
```

Створюючи власні об'єкти View і ViewGroup програмно, можна визначити елементи інтерфейсу в макетах відповідно до вимог в застосунках Android.

					КРМ.КІ.1.415-03.1.8	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3 Налаштування дозволів

У Android-застосунках дозволи та початкове місцезнаходження відіграють важливу роль у забезпеченні правильної роботи застосунка та наданні зручного користувацького досвіду.

Дозволи в Android – це заходи безпеки, які допомагають захистити дані та приватність користувача, контролюючи доступ застосунка до ресурсів та інформації. Деякі загальні види дозволів включають доступ до камери, мікрофону, сховища, місцезнаходження, контактів тощо.

Ось як реалізований функціонал дозволів в проєктованому Android-застосунку:

1. Оголошення дозволів: у файлі `AndroidManifest.xml` застосунка визначено дозволи, які застосунок потребує. Наприклад, якщо застосунок потребує доступ до GPS-місцезнаходження треба включити наступне оголошення (лістинг 3.4).

Лістинг 3.4. Оголошення дозволу

```
<uses-permission  
android:name="android.permission.ACCESS_FINE_LOCATION" />
```

2. Запит дозволів під час роботи: починаючи з Android 6.0 (API рівень 23), користувачам необхідно надавати деякі дозволи під час роботи програми. Потрібно перевірити, чи користувач надав необхідні дозволи та, якщо цього не сталося, запросити їх. Зазвичай це включає відображення діалогового вікна запиту дозволу користувачу.

Приклад запиту дозволу на доступ до місцезнаходження (`ACCESS_FINE_LOCATION`) під час роботи застосунка (лістинг 3.5).

Лістинг 3.5. Запит на доступ до місцезнаходження

```
if (ContextCompat.checkSelfPermission(this,
Manifest.permission.ACCESS_FINE_LOCATION) !=
PackageManager.PERMISSION_GRANTED) {
    ActivityCompat.requestPermissions(this, new
String[]{Manifest.permission.ACCESS_FINE_LOCATION},
PERMISSION_REQUEST_CODE);
}
```

3. Обробка результатів запиту дозволів: після запиту дозволів треба обробити результати в методі `onRequestPermissionsResult` активності, щоб визначити, чи користувач надав чи відмовив від запитаних дозволів.

3.4 Визначення початкового місцезнаходження

Під час розробки застосунків, які потребують доступу до місцезнаходження пристрою, важливо враховувати початкове місцезнаходження та як його отримати. Початкове місцезнаходження, як правило, вказує на початкові географічні координати пристрою. Можна отримати цю інформацію за допомогою служб розташування Android:

1. Служби розташування: для доступу до місцезнаходження пристрою варто використовувати служби розташування Android, такі як `LocationManager` і `Fused Location Provider` (представлений у бібліотеці `Google Play services`). Останній рекомендується для більшості випадків, оскільки він надає більш високорівневий та ефективний інтерфейс для доступу до інформації про місцезнаходження.
2. Запит початкового місцезнаходження: щоб отримати початкове місцезнаходження або отримувати оновлення місцезнаходження, потрібно запитати оновлення місцезнаходження від служб розташування. Можна визначити критерії для оновлень місцезнаходження, такі як точність та інтервали оновлень.
3. Реалізація обробників розташування: необхідно реалізувати обробники розташування або зворотні виклики, щоб отримувати оновлення місцезнаходження. Для цього можна використовувати інтерфейси, такі як

					КРМ.КІ.1.415-03.1.8	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

LocationListener для LocationManager або LocationCallback від Google для Fused Location Provider.

Ось приклад реалізації запиту оновлень місцезнаходження в застосунку (лістинг 3.6).

Лістинг 3.6. Запиту оновлень місцезнаходження

```
FusedLocationProviderClient client =  
LocationServices.getFusedLocationProviderClient(this);  
LocationRequest locationRequest = new LocationRequest();  
locationRequest.setPriority(LocationRequest.PRIORITY_HIGH_ACCURACY)  
;  
locationRequest.setInterval(10000); // Запит оновлень місцезнахо-  
дження кожні 10 секунд  
locationRequest.setFastestInterval(5000); // Найшвидший інтервал  
для оновлень  
client.requestLocationUpdates(locationRequest, locationCallback,  
Looper.myLooper());
```

Важливо завжди відповідально використовувати дозволи та доступ до місцезнаходження, оскільки приватність користувача є важливим питанням у розробці застосунків.

3.6 Використання Fused Location Client

Перш ніж будувати логіку застосунку, є деякі важливі факти щодо сервісу, який стоїть за API, які варто розглянути.

Геолокація мобільних телефонів може бути визначена за допомогою трьох типів сигналів: місцезнаходження за допомогою GPS-супутників, розташування за допомогою стільникових веж та місць Wi-Fi.

Сигнал GPS є найточнішим, але він також споживає найбільше енергії батареї. Якщо декілька застосунків на телефоні запитують дані про місцезнаходження телефону, Android може надати кожному з них дані після одного запиту, замість того, щоб кожен застосунок повторював той самий процес. Усі запити щодо місцезнаходження можна здійснити за допомогою одного класу, який називається FusedLocationProvider, який "поєднує" ці функції разом, роблячи

					KPM.KI.1.415-03.1.8	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

застосунок якомога точнішим та енергоефективним. У FusedLocationProvider є налаштування, за допомогою яких можна запросити найточніші доступні дані або найкращу точність без додаткового споживання енергії.

3.7 Знаходження останнього відомого місцезнаходження

Використовуючи Fused Location Provider API, програма може запитувати останнє відоме місцезнаходження пристрою користувача. Отримання останнього відомого місцезнаходження зазвичай є хорошою відправною точкою для програм, яким потрібна інформація про місцезнаходження.

Приклад реалізації цього методу в проєктованому застосунку представлено нижче (лістинг 3.7).

Лістинг 3.7. Запит останнього відомого місцезнаходження

```
fusedLocationProviderClient.getLastLocation().addOnSuccessListener(  
this, new OnSuccessListener<Location>() {  
    @Override  
    public void onSuccess(Location location) {  
        if(location != null) {  
            currentLocation = location;  
            myApplication.setLocation(location);  
        }  
    }  
});
```

3.8 Налаштування місцезнаходження

Вирішити, які джерела розташування використовувати, може бути складно, але API fused location provider дозволяє автоматично змінювати джерела розташування залежно від ситуації. Наприклад, він може використовувати GPS, коли вимагається висока точність, і автоматично перемикає на Wi-Fi або мережу стільникового зв'язку, коли точність може бути менш важливою, але важливо зберегти енергію пристрою. Розробникам застосунків лише потрібно вказати бажаний рівень обслуговування (наприклад, висока точність або низька споживана енергія), і API вирішить, які джерела розташування використовувати і як налаштувати пристрій для досягнення цього рівня обслуговування.

До FusedLocation Provider відноситься об'єкт даних під назвою LocationRequest, який містить параметри якості обслуговування. Ці параметри використовуватимуться під час ініціалізації запиту до класу FusedLocationProvider Android. Наприклад, якщо програмі потрібне високоточне місцезнаходження, необхідно створити запит про місцезнаходження зі значенням `setPriority(int)` у `PRIORITY_HIGH_ACCURACY` і значенням `setInterval(long)` у 5 секунд. Це підійде для картографічних програм, які показують місцезнаходження в реальному часі (лістинг 3.8).

Лістинг 3.8. Приклад налаштування об'єкта даних запиту розташування

```
// create a new instance of the class
LocationRequest locationRequest = new LocationRequest();

// update the app every 30 seconds by default
locationRequest.setInterval(30000);

// get location update every 5 seconds when using GPS setting
locationRequest.setFastestInterval(5000);

// use WI-Fi and towers most of the time
locationRequest.setPriority(LocationRequest.PRIORITY_BALANCED_POWER_ACCURACY);

// use GPS to get location - requires more battery power
locationRequest.setPriority(LocationRequest.PRIORITY_HIGH_POWER_ACCURACY);
```

3.9 Оновлення місцезнаходження

Окрім останнього відомого місцезнаходження, Fused Location Provider API може через певні проміжки часу доставляти оновлення місцезнаходження для зворотного виклику у програмі. Можна вказати бажаний інтервал як параметр якості обслуговування. Використовуючи оновлення місцезнаходження, застосунок може надавати додаткову інформацію, як-от напрямок і швидкість.

Оновлення місцезнаходження в контексті Fused Location Provider API відображається наступним чином: Fused location provider API надає можливість отримувати регулярні оновлення місцезнаходження через певні інтервали часу. Ці оновлення передаються до застосунку у формі зворотного виклику, дозво-

					КРМ.КІ.1.415-03.1.8	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ляючи програмі отримувати актуальну інформацію про розташування користувача.

Основні аспекти оновлень місцезнаходження:

1. Інтервали часу: можна вказати бажаний інтервал часу як параметр якості обслуговування при налаштуванні Fused Location Provider API. Наприклад, можна запросити оновлення кожні 5 секунд або кожну хвилину, залежно від потреб застосунку.

2. Зворотний виклик: застосунок може визначити зворотний виклик, який буде викликаний при отриманні нового оновлення місцезнаходження. Цей зворотний виклик дозволяє застосунку обробляти інформацію про розташування, як-от координати, напрямок і швидкість користувача.

3. Напрямок і швидкість: окрім координат, оновлення місцезнаходження може також містити іншу корисну інформацію, таку як напрямок руху та швидкість переміщення користувача. Це особливо корисно для застосунків, які відстежують рух та навігацію.

Завдяки оновленням місцезнаходження застосунок може надавати користувачу актуальну інформацію про його розташування, а також використовувати цю інформацію для різних цілей, таких як навігація, визначення маршруту, відстеження активності тощо.

3.10 Взаємодія з сервісами Google Play

Щоб отримати доступ до Fused Location Provider, проєкт розробки застосунка має містити служби Google Play як залежність у файлі Gradle. Служби Google Play включають більшість функцій програми, які можна було б використовувати в багатьох комерційних продуктах, зокрема:

1. Fused Location Provider: замість того, щоб мати групу різних програм, що працюють у фоновому режимі в різний час і запитують місцезнаходження, служби Google Play можуть надавати дані про місцезнаходження відносно економним способом;

					КРМ.КІ.1.415-03.1.8	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. карти: карти Google є найпопулярнішими картами та навігаційними програмами для користувачів. За допомогою Maps SDK розробники можуть використовувати дані Карт Google у своїх власних програмах.

Щоб розробити функції, які залежать від API служб Google Play, у файл build.gradle у каталозі модулів програми додано певні залежності.

Нижче показано фрагмент файлу build.gradle, який використовує бібліотеку розташування (лістинг 3.9).

Лістинг 3.9. Фрагмент коду у файлі build.gradle

```
plugins {  
    id 'com.android.application'  
    id 'com.google.android.libraries.mapsplatform.secrets-gradle-plugin'  
}  
  
dependencies {  
    implementation 'com.google.android.gms:play-services-location:21.0.1'  
}
```

3.11 Геокодування адреси вулиці

Для налаштування геокодування адреси вулиці в Android застосунку використано Google Maps Geocoding API.

Перш ніж почати використовувати Google Maps Geocoding API, потрібно отримати API ключ. Для цього потрібно перейти на Google Cloud Console (<https://console.cloud.google.com/>), створити проєкт, активувати службу Geocoding API та згенерувати API ключ.

Як тільки це зроблено, потрібно додати бібліотеку Google Play Services, яка містить класи для роботи з Google Maps. Додано наступний рядок в файл build.gradle проєкту, де замість xx.xx.xx актуальна версія бібліотеки (лістинг 3.10).

Лістинг 3.10. Фрагмент коду у файлі build.gradle

```
implementation 'com.google.android.gms:play-services-maps:xx.xx.xx'
```

					KPM.KI.1.415-03.1.8	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В Android застосунку використано Geocoding API для геокодування адреси вулиці. Ось приклад коду, який демонструє, як це зроблено (лістинг 3.11).

Лістинг 3.11. Використання Geocoding API

```
import android.location.Address;
import android.location.Geocoder;
import java.io.IOException;
import java.util.List;
import java.util.Locale;

// Initialize the Geocoder object
Geocoder geocoder = new Geocoder(this, Locale.getDefault());

// The address you want to geocode
String address = "Our address";

try {

    // Get a list of possible results
    List<Address> addresses = geocoder.getFromLocationName(address, 1);
    if (addresses != null && !addresses.isEmpty()) {
        Address location = addresses.get(0);
        double latitude = location.getLatitude();
        double longitude = location.getLongitude();

        // You can use the coordinates here
    } else {
        // Address not found
    }
} catch (IOException e) {
    e.printStackTrace();
}
```

Важливо звернути увагу, що цей код розміщено в окремому потоці (не в головному потоці), оскільки потрібно більше часу, щоб його виконати.

3.12 Робота з картами

Для роботи з картами в Android застосунку використано Google Maps API. API ключ від Google вже отримано та додано залежності до проєкту у попередньому розділі. Тепер необхідно додати карту до макету (layout):

					КРМ.КІ.1.415-03.1.8	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Макет (XML файл) містить елемент `MapView` для відображення карти (лістинг 3.12).

Лістинг 3.12. Фрагмент XML файлу

```
<com.google.android.gms.maps.MapView
    android:id="@+id/mapView"
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="match_parent" />
```

В активності ініціалізовано `MapView` та зроблено налаштування, використовуючи отриманий API ключ (лістинг 3.13).

Лістинг 3.13. Ініціалізація `MapView`

```
import com.google.android.gms.maps.MapView;
import com.google.android.gms.maps.OnMapReadyCallback;
import com.google.android.gms.maps.GoogleMap;
import com.google.android.gms.maps.SupportMapFragment;

MapView mapView = findViewById(R.id.mapView);
mapView.onCreate(savedInstanceState);

mapView.getMapAsync(new OnMapReadyCallback() {
    @Override
    public void onMapReady(GoogleMap googleMap) {
        // Операції з мапою можна виконувати тут
    }
});
```

Тепер можна взаємодіяти з картою, збільшувати, переміщати та відображати мітки. Наприклад, можна додати маркери, лінії тощо за допомогою методів `GoogleMap` (лістинг 3.14).

Лістинг 3.14. Методи `GoogleMap`

```
// Zoom in on the map
googleMap.animateCamera(CameraUpdateFactory.zoomTo(15));

// Display the map within a specific region
LatLngBounds bounds = new LatLngBounds(southwest, northeast);
googleMap.moveCamera(CameraUpdateFactory.newLatLngBounds(bounds,
padding));
```

					КРМ.КІ.1.415-03.1.8	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.13 Налаштування сканування QR-кодів

Для налаштування сканування QR-кодів в Android застосунку знадобилась бібліотека, яка дозволяє взаємодіяти з камерою телефону та обробляти QR-коди. Один з популярних способів реалізації цієї функціональності – використовувати бібліотеку "ZXing" (Zebra Crossing).

Ось кроки, які виконано:

1. Додано бібліотеку "ZXing" до проєкту, включивши відповідну залежність в файлі build.gradle застосунку (лістинг 3.15).

Лістинг 3.15. Фрагмент файлу build.gradle

```
implementation 'com.google.zxing:core:3.4.1'
```

2. Додано віджет ZXingScannerView до макету застосунку, в якому заплановано реалізувати сканер QR-коду (лістинг 3.16).

Лістинг 3.16. Віджет ZXingScannerView

```
<me.dm7.barcodescanner.zxing.ZXingScannerView  
    android:id="@+id/scannerView"  
    android:layout_width="match_parent"  
    android:layout_height="match_parent" />
```

3. В активності ініціалізовано ZXingScannerView та зроблені налаштування (лістинг 3.17).

Лістинг 3.17. Ініціалізація ZXingScannerView

```
import me.dm7.barcodescanner.zxing.ZXingScannerView;  
import android.os.Bundle;  
import android.app.Activity;
```

					KPM.KI.1.415-03.1.8	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

public class QRScannerActivity extends Activity implements
ZXingScannerView.ResultHandler {
    private ZXingScannerView mScannerView;

    @Override
    public void onCreate(Bundle state) {
        super.onCreate(state);
        mScannerView = new ZXingScannerView(this);
        setContentView(mScannerView);
    }

    @Override
    public void onResume() {
        super.onResume();
        mScannerView.setResultHandler(this);
        mScannerView.startCamera(); // Запуск камери для сканування
    }

    @Override
    public void onPause() {
        super.onPause();
        mScannerView.stopCamera(); // Зупинка камери при паузі
    }

    @Override
    public void handleResult(Result rawResult) {
        // Отриманий результат при скануванні QR-коду
        String result = rawResult.getText();
        // Тут ви можете використовувати результат, наприклад, ві-
        добразити його на екрані або виконати інші дії.
    }
}

```

4. В активності, де реалізовано логіку сканування, створено новий “Intent” відкриття сканеру (лістинг 3.18).

Лістинг 3.18. Новий Intent

```

Intent intent = new Intent(this, QRScannerActivity.class);
startActivity(intent);

```

Також важливо пам'ятати про реалізацію запиту дозволу на використання камери в маніфесті застосунку.

Запит на дозвіл на використання камери в маніфесті Android-застосунку виконується за допомогою елемента `<uses-feature>` та елемента `<uses-`

					KPM.KI.1.415-03.1.8	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

permission>. Ось як виглядає код в маніфесті для запиту дозволу на використання камери (лістинг 3.19).

Лістинг 3.19. Налаштування дозволів

```
<manifest
xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
    package="com.example.myapplication">

    <!-- Дозвіл на використання камери -->
    <uses-feature android:name="android.hardware.camera" />
    <uses-feature android:name="android.hardware.camera.autofocus"
/>

    <uses-permission android:name="android.permission.CAMERA" />

    <!-- Інші налаштування та компоненти маніфесту -->

    <application>
        <!-- Додаткові налаштування застосунку -->
    </application>
</manifest>
```

Використано `<uses-feature>` для вказівки, що застосунок потребує доступ до камери та автофокусу. Потім застосовано `<uses-permission>` для запиту дозволу CAMERA.

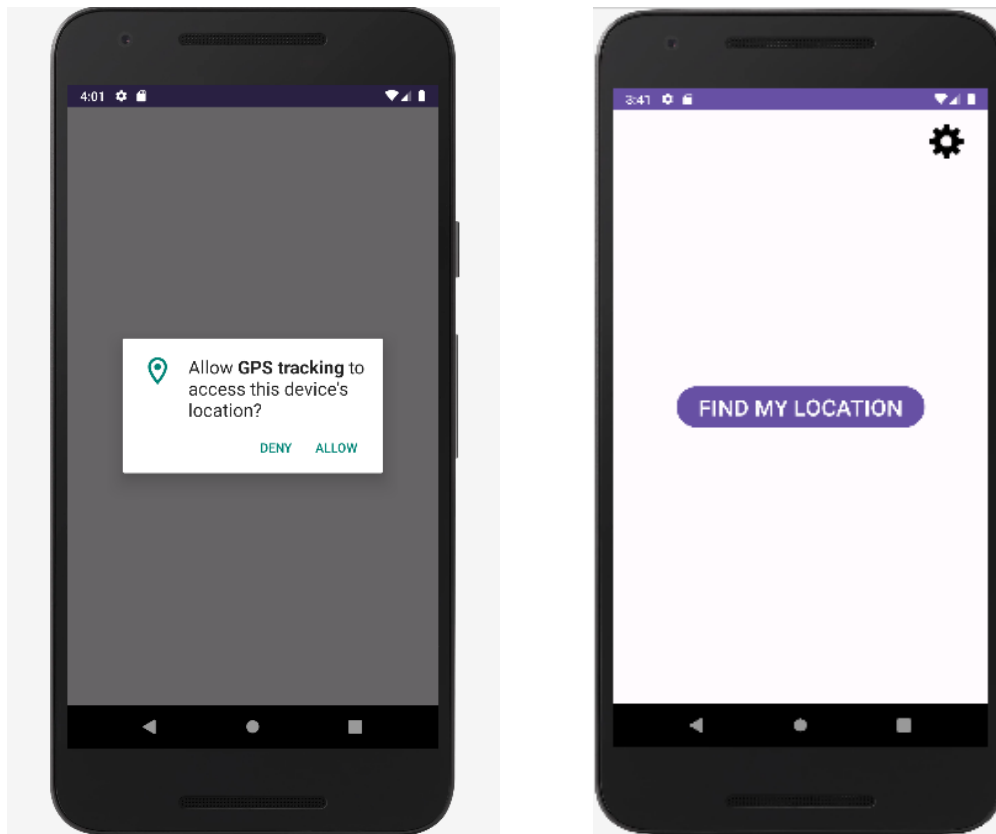
Це дозволяє застосунку запитувати користувача про доступ до камери під час використання функцій, пов'язаних з камерою, такими як сканування QR-кодів чи фотографування.

Варто також пам'ятати і здійснювати запит на дозвіл на використання камери в коді застосунку, якщо це необхідно для конкретної дії. В даному застосунку використано `PackageManager` для перевірки дозволу та `ActivityCompat.requestPermissions()` для запиту дозволу в коді застосунку.

3.14 Опис екранів та функціональність застосунку

Як тільки застосунок запускається, він автоматично виводить запит на надання дозволу для відстеження вашого місцезнаходження користувача (рис. 3.1 а).

					КРМ.КІ.1.415-03.1.8	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



а)

б)

Рис. 3.1 – Запит дозволу на використання місцезнаходження

Це означає, що програма просить згоду для використання інформації про геолокацію користувача, такої як, наприклад, визначення вашого місцезнаходження на карті. Можна вибрати, чи надавати цей дозвіл чи відмовити в ньому, вибираючи відповідну опцію в налаштуваннях застосунка.

Після надання дозволу на відстеження геолокації, відкривається перший екран застосунка (рис. 3.1 б), на якому потрібно обрати одну з двох опцій. Можна одразу розпочати пошук поточного місцезнаходження, просто натиснувши кнопку *"Find my location"*. У цьому випадку застосунок самостійно визначить найкращий метод для визначення геолокації, що забезпечить найточніші результати.

Або ж можна перейти до налаштувань, натиснувши на відповідну кнопку, і вручну обрати метод геопозиціонування. Це дозволяє контролювати, як саме

застосунок визначатиме місцезнаходження, вибираючи той метод, який найкраще відповідає потребам користувача чи ситуації.

На екрані налаштувань (рис. 3.2 а) є можливість обрати самостійно оптимальний метод визначення геолокації серед наступних варіантів:

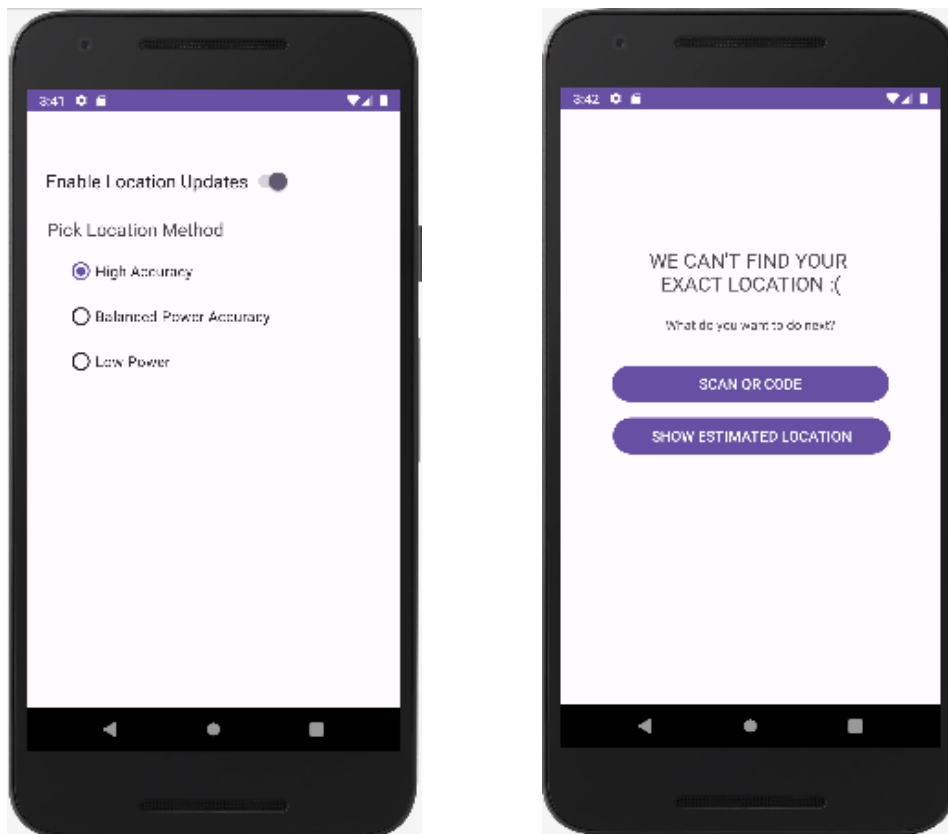


Рис.3.2 – Екрани:

а) налаштувань

б) опцій

"High accuracy" – цей варіант гарантує найвищу точність геолокації, оскільки використовує комбінацію даних з GPS, Wi-Fi та стільникових веж. Це ідеальний вибір, коли потрібна максимальна точність та надійність при визначенні місцезнаходження.

"Balanced accuracy" – цей режим також надає досить точну інформацію про геолокацію, використовуючи дані з Wi-Fi та стільникових веж. Він є гарним компромісом між точністю та витратою енергії, і може бути корисним, коли точність є важливою, але не критичною.

"Low power" – цей режим використовує лише дані стільникових веж для визначення місцезнаходження, забезпечуючи інформацію про місцезнаходження на рівні міста. Він відмінно підходить для ситуацій, коли важлива економія енергії та точність до декількох сотень метрів.

Крім того, в налаштуваннях можна вибирати, чи отримувати оновлення про поточну геолокацію, що дозволяє контролювати, як часто і в який спосіб застосунок оновлює інформацію про місцезнаходження.

Після натискання кнопки "*Find my location*", якщо визначення точної геолокації вдалося, застосунок автоматично перенаправить користувача на екран мапи, де буде показано поточне місцезнаходження.

У випадку, якщо точне визначення геолокації неможливе, застосунок автоматично переведе користувача на інший екран та запропонує дві альтернативи (рис. 3.2 б).

1. Відсканувати найближчий QR-код на місцевості, який допоможе точніше визначити місцезнаходження. Це корисна опція, яка дозволить отримати точніші координати, якщо користувач перебуває в зоні з обмеженим доступом до супутникових чи інших сигналів.

2. Спробувати відобразити приблизне місцезнаходження на карті, якщо точні координати недоступні. Ця опція дозволяє отримати загальну інформацію про місцезнаходження на карті, хоча точність може бути обмеженою.

При виборі опції "*Scan QR код*", застосунок автоматично запитає дозвіл на доступ до камери (рис. 3.3 а), оскільки це необхідно для використання функції сканування QR-коду. Цей дозвіл дозволить застосунку активувати камеру пристрою та провести сканування QR-коду, щоб визначити точну геолокацію.

Після надання дозволу на використання камери, застосунок автоматично перенаправить на екран сканування QR-коду (рис. 3.3 б). Після завершення процесу сканування, він відобразить геолокацію на карті. Таким чином, користувач отримає точні координати місцезнаходження, які були визначені завдяки

інформації, закодованій в QR-коді, та відобразить їх на карті для зручного перегляду.



Рис.3.3 – Екрани:

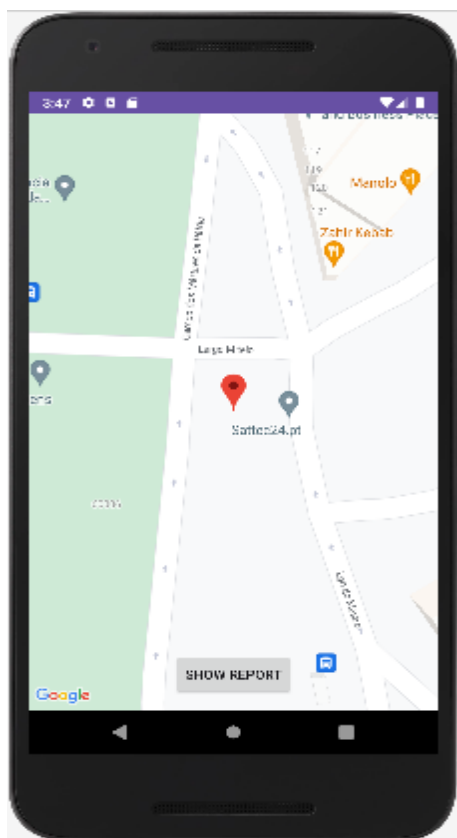
- а) Запиту на використання камери; б) QR-коду

На екрані нижче зображено карту з поточним місцезнаходженням, реалізовану в застосунку (рис. 3.4 а). Якщо необхідно подивитися результати, можна натиснути кнопку *"Show report"* і перейти на відповідний екран, де будуть відображені відомості або інформація, що стосується геолокаційного запиту.

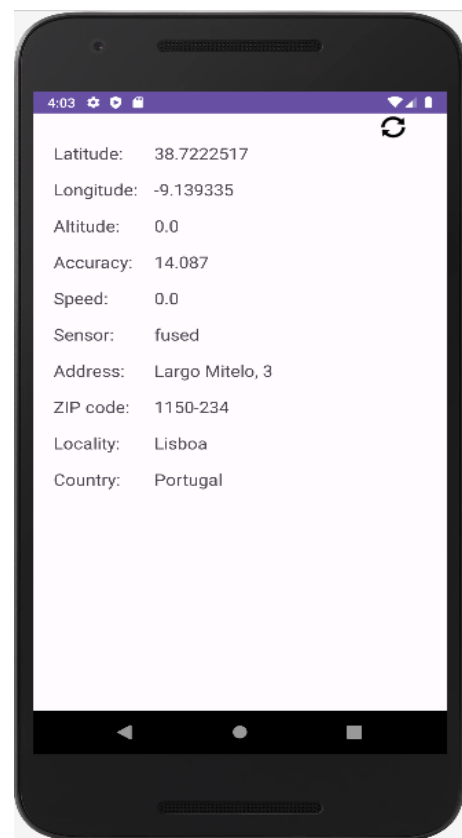
На екрані результатів (рис. 3.4 б) можна переглянути всю доступну інформацію щодо геолокаційного запиту. Ця інформація включає в себе наступні дані:

- широта: географічна широта поточного місцезнаходження;
- довгота: географічна довгота поточного місцезнаходження;
- висота: висота над рівнем моря, якщо така інформація доступна;

- точність: ступінь точності визначення геолокації;
- швидкість: швидкість, з якою була визначена геолокація;
- датчик: інформація про використовуваний датчик або технологію для визначення місцезнаходження;
- адреса: адреса, яка відповідає місцезнаходженню;
- поштовий індекс: поштовий індекс області, де знаходиться геолокація;
- місцевість: назва місцевості або регіону;
- країна: назва країни, де розташоване місцезнаходження.



а)



б)

Рис.3.4 – Екран з картою та екран результатів

Ця інформація допомагає отримати повний обсяг даних щодо геолокації та використовуваних технологій для її визначення.

3.15 Тестування застосунка

Завершальним етапом розробки є тестування мобільного застосунка. Воно важливе для перевірки якості та надійності роботи застосунка, а також його відповідності вимогам. Тестування включає функціональні та нефункціональні аспекти.

Функціональне тестування, яке виконується, має на меті перевірити, чи відповідає застосунок функціональним вимогам. Воно проводиться в умовах, близьких до користувачів, і охоплює тести на різних пристроях, різних розмірів екрану та різних версіях операційної системи. Метою функціонального тестування є перевірка:

- виконання основних функцій застосунка;
- реакції на помилки користувачів;
- відповідності очікуваної поведінки та реальної;
- виявлення прихованих дефектів;
- доступності застосунка на різних пристроях.

Для функціонального тестування був складений перелік основних функцій, які включають пошук місцезнаходження, налаштування методів визначення місцезнаходження, сканування QR-код, відображення місцезнаходження на мапі, отримання результатів визначення місцезнаходження.

На основі цього списку було проведено тестування на пристроях Samsung Galaxy S20 та Samsung Galaxy M52. Результати тестування представлені в таблиці 3.1.

Після успішного функціонального тестування було проведено нефункціональні тести для перевірки аспектів, що не стосуються функціональності, таких як зручність для користувачів, стабільність, продуктивність та інші. Один з аспектів нефункціонального тестування включав usability testing, яке спрямовано на оцінку зручності користування застосунком.

					KPM.KI.1.415-03.1.8	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Результати тестування на Samsung Galaxy S20 та Samsung Galaxy M52

Функції	Samsung Galaxy S20	Samsung Galaxy M52
Пошук місцезнаходження	+	+
Налаштування методів визначення місцезнаходження	+	+
Сканування QR-коду	+	+
Відображення місцезнаходження на мапі	+	+
Отримання результатів визначення місцезнаходження	+	+

Для проведення usability testing була залучена група з 3-х учасників, які випробували основні функції застосунка та оцінили зручність користування за 5-бальною шкалою. Результати цього тестування представлено в таблиці 3.2 для подальшого аналізу.

Учасники тестування виділили наступні незручності в роботі застосунку:

- незрозумілість застосування налаштувань: користувачам було важко визначити, чи їхні налаштування були успішно застосовані після зміни параметрів;
- недостатня доступність для людей з вадами зору: інтерфейс застосунку не був оптимізований для користувачів з вадами зору, що ускладнювало їхню взаємодію з програмою;
- недостатня інформація про технології визначення геопозиції: користувачі не мали достатньої інформації про технології, які використовуються для визначення їхнього місцезнаходження, що призводило до незрозумілості та недовіри.

Результати тестування

Характеристика	Учасник 1 (оцінка)	Учасник 2 (оцінка)	Учасник 3 (оцінка)
Зручність навігації по застосунку	5	4	4
Швидкість та точність пошуку	5	5	5
Якість та зрозумілість результатів пошуку	4	5	4
Зручність налаштування та вибору методів визначення місцезнаходження	5	5	5
Простота та швидкість сканування QR-кодів	5	5	5
Якість та зрозумілість відображення місцезнаходження на карті	5	5	5
Функціональність взаємодії з картою (переміщення, обертання, збільшення, зменшення масштабу лупи)	5	5	5
Загальне задоволення та комфорт від використання застосунку	5	5	5
Зручність інтерфейсу та роботи з ним	4	5	5

На основі результатів проведеного тестування, було визначено можливості для покращення роботи застосунка:

- доробити та протестувати оновлений інтерфейс: рекомендується переглянути та покращити інтерфейс застосунку, зосереджуючи увагу на зручності користувачів з вадами зору. Доступність і використання

альтернативних засобів навігації та спеціальних підказок може значно полегшити роботу з програмою;

- забезпечити більше інформації про методи визначення геопозиції: додавання докладної інформації про використані технології визначення місцезнаходження в інтерфейсі може допомогти користувачам краще зрозуміти та довіряти процесу визначення їхнього місцезнаходження.

Ці покращення спрямовані на забезпечення більшої зручності та доступності для всіх користувачів застосунку.

3.16 Результати дослідження ефективності методів позиціонування

В рамках тестування методів для знаходження геолокації в розробленому застосунку вдалося зафіксувати їх ефективність.

FusedLocationProvider використовує три методи для знаходження геолокації: high accuracy, balanced power і low power. Ці методи відрізняються точністю, швидкістю і витратами енергії.

Метод *high accuracy* забезпечує найвищу точність позиціонування. Він використовує всі доступні методи позиціонування, включаючи GPS, Wi-Fi і Cell ID.

Метод *balanced power* забезпечує середню точність позиціонування. Він використовує Wi-Fi і Cell ID, але може використовувати їх не так часто, як метод *high accuracy*. Цей метод є хорошим вибором для застосунків, які не вимагають високої точності позиціонування, але також не хочуть витрачати багато енергії.

Метод *low power* забезпечує найнижчу точність позиціонування. Він використовує тільки Cell ID. Цей метод є найкращим вибором для застосунків, які не вимагають високої точності позиціонування і хочуть зберегти заряд батареї.

Для підтвердження цих тверджень проведено вимірювання в різних сценаріях, використовуючи кожен з методів, зібрано вибірку даних (додаток А). У кожному сценарії проведено по 5 вимірювань для кожного методу та зафіксо-

					КРМ.KI.1.415-03.1.8	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вано значення координат. На підставі цих даних знайдено середнє значення широти та довготи, виміряно відхилення від середнього значення кожної з координат у метрах, а також розраховано середнє значення точності (додаток Б).

Для обчислення середнього значення координат використано формули (3.1 та 3.2):

$$\underline{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (3.1)$$

$$\underline{y} = \frac{y_1 + y_2 + \dots + y_n}{n} \quad (3.2)$$

де: x – широта, y – довгота, n – кількість точок.

Для розрахунку відхилення від середнього значення координат використано формулу гаверсинусів. Ця формула використовується для обчислення відстаней між точками на сфері за їхніми широтами і довготами.

Формула гаверсинусів для розрахунку відстані між двома точками на сфері з відомими широтами ($lat1, lat2$) і довготами ($lon1, lon2$) в радіанах виглядає так (3.3):

$$d = 2r \times \arcsin \left(\sqrt{\sin^2\left(\frac{lat2-lat1}{2}\right) + \cos(lat1) \times \cos(lat2) \times \sin^2\left(\frac{lon2-lon1}{2}\right)} \right) \quad (3.3)$$

де: d – відстань між точками на поверхні сфери;

r – радіус Землі (зазвичай використовується середній радіус Землі приблизно 6371 км);

$lat1, lat2$ – широти точок у радіанах;

$lon1$ та $lon2$ – довготи точок у радіанах.

Для конвертації градусів в радіани використано наступну формулу (3.4):

$$радіани = \frac{градуси \times \pi}{180} \quad (3.4)$$

					КРМ.КІ.1.415-03.1.8	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Наприклад:

Зроблено вимірювання, використовуючи метод GPS, Wi-Fi і Cell towers, знаходячись у місті на відкритому просторі. Отримано таку вибірку координат:

1. Широта: 38,703119; Довгота: -9,228044
2. Широта: 38,703171; Довгота: -9,228044
3. Широта: 38,703139; Довгота: -9,228088
4. Широта: 38,703098; Довгота: -9,228069
5. Широта: 38,703088; Довгота: -9,227996

Розраховано середнє значення широти та довготи для даної вибірки.

Середнє значення широти:

$$\underline{x} = \frac{38,703119 + 38,703171 + 38,703139 + 38,703098 + 38,703088}{5} =$$
$$= 38,703123$$

Середнє значення довготи:

$$\underline{x} = \frac{-9,228044 + (-9,228044) + (-9,228088) + (-9,228069) + (-9,227996)}{5} =$$
$$= -9,2280482$$

Конвертовано градуси в радіани. Якщо широта 38,703119 градусів, то для переведення в радіани виконаємо такі дії:

$$38,703119 \times \pi / 180 \approx 0,6751544092 \text{ радіан}$$

Використовуючи формулу гаверсинусів, розраховано відстань між точками першого заміру та середнім значенням координат (3.5):

$$d = 2r \times \arcsin \left(\sqrt{\sin^2 \left(\frac{\text{lat}2 - \text{lat}1}{2} \right) + \cos(\text{lat}1) \times \cos(\text{lat}2) \times \sin^2 \left(\frac{\text{lon}2 - \text{lon}1}{2} \right)} \right) \quad (3.5)$$

					KPM.KI.1.415-03.1.8	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Конвертовано таким чином кожну координату. Результати представлені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Довгота в радіанах

Широта	Широта в радіанах	Довгота	Довгота в радіанах
38,703119	0,6751544092	-9,228044	-0,1609781009
38,703171	0,6751553163	-9,228044	-0,1609781009
38,703139	0,6751547581	-9,228088	-0,1609788684
38,703098	0,6751540429	-9,228069	-0,160978537
38,703088	0,6751538684	-9,227996	-0,1609772636
38,703123	0,675154479	-9,2280482	-0,1609781742

Радіус Землі r дорівнює приблизно 6371 км.

Нехай координати середнього значення будуть (lat1, lon1) і координати першого заміру – (lat2, lon2).

Підставлено значення та розраховано відстань:

$$d_l = 2 \times 6371 \times \arcsin\left(\sqrt{\sin^2\left(\frac{0,6751544092 - 0,675154479}{2}\right) + \cos(0,675154479) \times \cos(0,6751544092) \times \sin^2\left(\frac{-0,1609781009 + 0,1609781742}{2}\right)}\right) = 0,0025 \text{ км}$$

Отже, відстань між цими двома точками становить приблизно 0,0025 км, що може бути логічним результатом, оскільки координати дуже близькі одна до одної.

Розраховано відстань між іншими точками та середнім значенням координат та зафіксуємо у додатку Б.

Отримано відхилення від середнього та представлено результати в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

Відхилення від середнього

Широта	Довгота	Відхилення від середнього (м)
38.703119	-9.228044	2,5
38.703171	-9.228044	7
38.703139	-9.228088	4,3
38.703098	-9.228069	6,2
38.703088	-9.227996	5

Знайдено середнє значення, це і буде значенням точності для методу GPS, Wi-Fi і Cell towers у місті на відкритому просторі:

$$\text{Точність} = \frac{2,5 + 7 + 4,3 + 6,2 + 5}{5} = 5 \text{ (м)}$$

Тепер використовуючи середнє значення точності кожного методу при певних сценаріях, розраховано ефективність кожного методу та представлено результати в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5

Ефективність методів позиціонування

Сценарій	Показник	Метод		
		GPS, Wi-Fi і Cell towers	Wi-Fi і Cell towers	Cell towers
Місто, відкритий простір	точність (м)	5	30	100
	швидкість (с)	6	6	7
	витрати енергії (mA)	125	50	5
	загальна ефективність (%)	86	78	42

KPM.KI.1.415-03.1.8

Арк.

87

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Сценарій	Показник	Метод		
		GPS, Wi-Fi і Cell towers	Wi-Fi і Cell towers	Cell towers
Місто, парк	точність (м)	15	40	150
Приміщення, біля вікна	швидкість (с)	7	7	7
	витрати енергії (mA)	145	50	5
	загальна ефективність (%)	78	71	15
	точність (м)	2	5	100
	швидкість (с)	4	6	6
	витрати енергії (mA)	125	50	5
	загальна ефективність (%)	86	97	44
	загальна ефективність (%)	28	30	38

Для перевірки ефективності методів позиціонування, використано середньозважений показник, коли кожному показнику надається різна вага залежно від його відносної важливості. Було запропоновано надати точності більшу вагу, ніж швидкості та енергоефективності, оскільки важливіше мати точне місцезнаходження, ніж швидко його знайти чи зберегти заряд батареї. У наведеній нижче формулі показано, як обчислити середньозважений показник ефективності (3.6):

$$\text{Ефективність} = \alpha * \text{Точність} + \beta * \text{Швидкість} + \gamma * \text{Енергоспоживання}, \quad (3.6)$$

де точність, швидкість і енергоспоживання є нормалізованими значеннями трьох критеріїв у діапазоні від 0 до 1, тоді як α , β , γ – це ваги, призначені кожному критерію в діапазоні від 0 до 1.

Наведемо приклад використання середньозваженого підходу для розрахунку показника ефективності на прикладі першого сценарію (місто, відкритий простір) для методу GPS, Wi-Fi і Cell towers:

Розрахуємо нормалізовані значення трьох критеріїв, скориставшись формулою нормалізації (3.7):

$$X \text{ normalized} = \frac{x - x \text{ minimum}}{x \text{ maximum} - x \text{ minimum}} \quad (3.7)$$

Почнемо з визначення нормалізованого значення точності та дотримува- тимемось такого алгоритму:

1. По-перше, визначимо мінімальне та максимальне значення в наборі да- них, позначені $x(\text{мінімум})$ та $x(\text{максимум})$:

$$x(\text{мінімум}) = 2$$

$$x(\text{максимум}) = 150$$

2. Далі обчислимо діапазон набору даних, віднявши мінімальне значення від максимального:

$$\text{Діапазон} = x(\text{максимум}) - x(\text{мінімум}) = 150 - 2 = 148$$

3. Визначимо, наскільки більше значення змінна має нормалізувати від мінімального значення, віднімаючи мінімальне значення від змінної, тобто $x - x(\text{мінімум})$:

$$5 - 2 = 3$$

4. Нарешті, формула для обчислення нормалізації змінної x отримується шляхом ділення виразу на кроці 3 на вираз на кроці 2:

$$3 / 148 = 0.02$$

					КРМ.КІ.1.415-03.1.8	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Оскільки в нашому випадку, чим менше значення тим краще (чим менше значення точності, швидкості або витрат енергії, тим ефективніший метод) віднімемо значення отримане на кроці 4 від одиниці. Це і буде наше нормалізоване значення:

$$1 - 0.02 = 0.98$$

Повторимо алгоритм для кожного показника та отримаємо такі значення:

Точність = 0.98, швидкість = 0.67, енергоспоживання = 0.14

Позначимо такі ваги для трьох індикаторів залежно від відносної важливості показника:

$\alpha = 0.8$ (вага для показника точності),

$\beta = 0.1$ (вага для показника швидкості),

$\gamma = 0.1$ (вага для показника енергоефективності).

Розрахуємо показник ефективності:

$$\text{Ефективність} = (0.8 * 0.98) + (0.1 * 0.67) + (0.1 * 0.14) = 0.86$$

Проаналізуємо отримані результати та зробимо підсумок.

Загальна ефективність методу GPS, Wi-Fi і Cell towers є вищою в усіх сценаріях, окрім закритих приміщень з виключеним Wi-Fi, де кращий метод – Wi-Fi і Cell towers. Метод GPS, Wi-Fi і Cell towers також демонструє найкращу точність в усіх сценаріях та середню швидкість відповіді. Тоді як витрати енергії у цього методу вищі, ніж у методу Wi-Fi і Cell towers та методу Cell towers.

На основі цих даних можна зробити висновок, що метод GPS, Wi-Fi і Cell towers є найбільш ефективним загалом, але для сценаріїв в закритих приміщеннях із виключеним Wi-Fi кращим варіантом може бути метод Wi-Fi і Cell towers через його вищу загальну ефективність у цьому конкретному випадку.

Останній метод, Cell towers, є менш ефективним за точністю та загальною ефективністю у більшості сценаріїв, але вимагає найменше енергії, що може бути важливим для застосунків, де тривалість роботи батареї є критичною.

					КРМ.КІ.1.415-03.1.8	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновок до третього розділу

В рамках практичної реалізації кваліфікаційної роботи було створено застосунок, спрямований на визначення місцезнаходження мобільних пристроїв за допомогою різних методів геопозиціонування. Реалізація включала в себе налаштування інтерфейсу користувача, управління дозволами, визначення початкового місцезнаходження, використання Fused Location Client, роботу з останнім відомим місцезнаходженням, налаштування місцезнаходження, оновлення місцезнаходження, використання сервісів Google Play, геокодування адрес вулиць, роботу з мапами, а також налаштування сканування QR-кодів.

В ході розробки застосунку були враховані основні аспекти взаємодії користувача з програмою, забезпечена можливість налаштування та оптимізації процесів визначення геопозиції, а також забезпечено взаємодію з сервісами Google Play та іншими джерелами даних.

Усі ці аспекти дозволяють застосунку забезпечити точність та надійність визначення геопозиції, що є важливим для багатьох сценаріїв використання. Проведено тестування та виявлені незручності, які були враховані у подальшому розвитку проекту.

Результати цієї роботи відкривають нові можливості для покращення геопозиціонування мобільних пристроїв та використання різних джерел даних для досягнення оптимальних результатів. Робота над проектом триває з метою подальшого розвитку та удосконалення функціональності.

					КРМ.КІ.1.415-03.1.8	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4

ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Економічна ефективність найбільш розповсюджених методів і технологій геопозиціонування мобільних пристроїв

Економічна ефективність методів і технологій геопозиціонування мобільних пристроїв залежить від їх застосування, точності, вартості впровадження та експлуатації. Розглянуто основні технології:

1. GPS (Global Positioning System):

- ефективність: висока точність (до декількох метрів), що є корисним для навігації, логістики, моніторингу транспорту [21];
- економічність: GPS-модулі вже інтегровані у більшість сучасних мобільних пристроїв, тому додаткові витрати мінімізовані.

2. Wi-Fi:

- ефективність: добре підходить для геопозиціонування в закритих приміщеннях, де GPS може бути неточним;
- економічність: вимагає наявності Wi-Fi мережі. Використання вже існуючих мереж знижує витрати.

3. Bluetooth (зокрема Bluetooth Low Energy – BLE):

- ефективність: часто використовується для внутрішнього позиціонування та мікролокації;
- економічність: BLE має низьке енергоспоживання, що підвищує економічну ефективність за рахунок зменшення витрат на енергію.

4. Сенсори на пристрої (наприклад, акселерометри, гіроскопи):

- ефективність: можуть використовуватися для допоміжного позиціонування, особливо коли GPS сигнал слабкий або відсутній;

					КРМ.КІ.1.415-03.1.8	Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- економічність: як правило, сенсори вже інтегровані в сучасні пристрої, тому не потребують додаткових інвестицій.

5. Мережеве геопозиціонування (наприклад, через вишки мобільного зв'язку):

- ефективність: може використовуватися у регіонах, де GPS-сигнали недоступні;
- економічність: використовує існуючу інфраструктуру мобільних операторів, тому не потребує значних додаткових витрат.

У підсумку, вибір технології залежить від конкретних потреб та умов застосування. Для максимальної ефективності часто використовується комбінація різних технологій. Наприклад, в смартфонах та інших мобільних пристроях часто комбінують GPS, Wi-Fi, Bluetooth та сенсори для досягнення оптимальної точності і економічності. Вибір специфічної технології або їх комбінації залежить від конкретних потреб, таких як необхідна точність, радіус дії, умови використання (всередині будівлі чи на вулиці) та бюджет.

4.2 Компанії пов'язані з методами та технологіями геопозиціонування мобільних пристроїв

Технології геопозиціонування використовуються багатьма компаніями у різних галузях. Дві ключові компанії, що є важливими гравцями в індустрії геопозиціонування:

1. Apple: Apple має значну частку ринку мобільних пристроїв і використовує власні та сторонні технології геолокації у своїх продуктах [22]. Компанія вбудовує геолокаційні функції у свої пристрої iPhone та iPad, які використовують GPS, Wi-Fi, мобільні мережі та інші сенсори для точного визначення місцезнаходження. Apple зосереджується на охороні приватності користувачів та інтеграції геолокації зі своєю екосистемою послуг і застосунків.

2. Google: завдяки Android, Google має одну з найбільших часток ринку в області мобільних операційних систем. Google пропонує сервіси геолокації че-

					КРМ.КІ.1.415-03.1.8	Арк.
						93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рез Google Maps та інші сервіси, які використовують GPS, Wi-Fi, мобільні мережі та сенсори в пристроях для визначення місцезнаходження. Компанія фокусується на наданні інформації залежно від місцезнаходження і персоналізованих сервісів, а також на розвитку технологій, пов'язаних з автономним водінням [23].

Конкретні долі ринку цих компаній можуть значно коливатися залежно від ринку, продуктових лінійок і динаміки індустрії. Ці компанії постійно конкурують і співпрацюють, інтегруючи свої технології з різноманітними партнерами та послугами для посилення свого становища на ринку.

4.3 Стартуп проєкт

4.3.1 Опис ідеї

Метою проєкту є розробка мобільного застосунку для визначення та відстеження місцезнаходження на великих заходах, фестивалях та інших масових подіях із застосуванням різноманітних методів геолокації та QR-кодів.

Основні функції застосунку:

- багатомодальне визначення місцезнаходження: використання GPS, Wi-Fi, стільникових веж для точного визначення місцезнаходження користувача;
- використання QR-кодів для локації: у разі відсутності сигналу GPS або слабого зв'язку, застосунок пропонуватиме відсканувати QR-код, який буде розміщений на різних точках заходу. Кожен QR-код містить інформацію про його географічні координати;
- інтерактивна карта події: карта, що показує місцезнаходження відвідувачів, зони заходу, місця санітарних зон, їдальні, сцени тощо.

Можливості монетизації: партнерство з організаторами подій, а саме включення застосунку в офіційні пакети заходу.

Маркетингова стратегія: партнерство з відомими фестивалями та подіями для просування застосунку.

					КРМ.КІ.1.415-03.1.8	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Можливі впровадження інновацій:

- впровадження доповненої реальності для покращення навігації та інтерактивного досвіду;
- інтеграція із соціальними мережами для легкого обміну локаціями та планами з друзями;
- "знайти друзів" функція: дозволяє користувачам ділитися своїм місцезнаходженням з друзями або встановлювати зустрічі на мапі заходу;
- оповіщення та сповіщення: інтеграція системи сповіщень для інформування про важливі події, зміни у програмі заходу, чи надзвичайні ситуації.
- Масштабування:
- після успішного впровадження на місцевих заходах, розширення на національні та міжнародні події;
- адаптація застосунку для різних типів заходів, включаючи спортивні змагання, концерти та конференції.

Ризики та виклики:

- забезпечення стабільності та точності в умовах великої кількості користувачів;
- захист приватності користувачів, особливо у питаннях обміну локацією;
- потреба в постійному оновленні та підтримці застосунку, особливо у разі зміни технологічних стандартів та API.

Цей стартап пропонує унікальний інструмент для покращення досвіду відвідувачів на різноманітних масових заходах, одночасно забезпечуючи нові можливості для монетизації та співпраці з організаторами подій.

4.3.2 Визначення сильних, нейтральних та слабких характеристик конкурентів

					КРМ.КІ.1.415-03.1.8	Арк.
						95
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проведено порівняння проєктованого проєкту з продуктами, які вирішують схожі проблеми знаходження геолокації, такі як Wayfinding App від Google та Beacons від Estimote.

Складено порівняльну таблицю їх сильних, нейтральних та слабких сторін (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Порівняння з конкурентами

Сторони	Проект - MultiLocate	Wayfinding App від Google	Beacons від Estimote
Сильні	Використання різних технологій для геолокації (GPS, Wi-Fi, стільникові вежі, QR-коди) забезпечує точність і гнучкість у різних умовах.	Як продукт Google, має великі ресурси та технологічну підтримку.	Можливість програмування маяків під конкретні потреби та сценарії використання.
	Особливо ефективний для організації та навігації на великих заходах та фестивалях.	Інтеграція з іншими сервісами Google надає широкі можливості.	Можуть надавати користувачам персоналізовану інформацію та взаємодію.
Нейтральні	Ефективність може залежати від наявності Wi-Fi, стільникового покриття або QR-кодів.	Може не забезпечувати спеціалізованих функцій для певних ніш, наприклад, для специфічних подій.	Працюють лише на коротких дистанціях і в конкретних локаціях.

Продовження таблиці 4.1

Сторони	Проект - MultiLocate	Wayfinding App від Google	Beacons від Estimote
Слабкі	Може мати меншу впізнаваність та довіру користувачів порівняно з відомими брендами.	Може не враховувати унікальні вимоги окремих заходів чи локацій.	Потребує наявності Bluetooth та сумісних пристроїв.
	Основний фокус на масових заходах може обмежувати широту використання.	Потребує стабільного інтернет-з'єднання для оптимальної роботи.	Менш ефективні для великих відкритих просторів або динамічних середовищ.

MultiLocate має сильний потенціал у специфічній ніші великих заходів і фестивалів зі змішаним використанням технологій для геолокації. Його слабкі сторони – це новизна на ринку та обмежений функціонал поза цією нішею. Wayfinding App від Google являє собою надійний та масштабований варіант з широким функціоналом, але може бути занадто загальним та стандартизованим для унікальних вимог окремих заходів. Beacons від Estimote є ефективним рішенням для внутрішнього позиціонування з високою точністю, але з обмеженнями у масштабуванні та залежністю від апаратного забезпечення.

4.3.3 Технологічний аудит ідеї проекту

У межах цього розділу розглянуто технології, які можна використати для втілення концепції проекту. Аналіз технологічної придатності ідеї передбачає оцінку таких елементів (табл.4.2):

- яка технологія буде використана для виготовлення продукту відповідно до концепції проекту;
- чи існують наявні технології або чи потрібно розробляти та вдосконалювати їх;
- чи є доступ до таких технологій.

Таблиця 4.2

Технологічний аудит проєкту

Компонент	Технології реалізації	Наявність технології	Доступність технології
Клієнтська частина	Мова програмування Java	Наявна	Умовно безкоштовно
	Android studio	Наявна	Безкоштовно
	Android пристрій для тестування	Наявна	Платно
Функціональність	Карти	Наявна	Безкоштовно
	QR скан	Наявна	Безкоштовно
	Інтеграція з сервісами, які надають дані про місцезнаходження та розшифровують їх	Наявна	Безкоштовно
Безпека та захист даних	Налаштування дозволів	Наявна	Безкоштовно

На основі даних, представлених у таблиці, можна стверджувати, що проєкт можливо реалізувати з високою ймовірністю. Виявлені технології, необхідні для успішної реалізації, є наявними та доступними на сьогоднішній момент. Оцінюючи потреби у впровадженні, можна констатувати відсутність необґрунтованих або надмірних витрат на технічну інфраструктуру.

4.3.4 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проєкту

					КРМ.КІ.1.415-03.1.8	Арк.
						98
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оцінка можливостей ринку для впровадження проєкту та ідентифікація потенційних загроз у ринковому середовищі є важливим етапом при плануванні проєкту. Цей аналіз допомагає визначити напрями розвитку проєкту, враховуючи потреби клієнтів та стратегії конкурентів. Початковим етапом є оцінка попиту на продукт чи послугу: рівень попиту, його обсяг та тенденції розвитку на ринку (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

Стан ринку

Показники стану ринку	Оцінка
Кількість головних гравців, од	2
Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	Зростає
Динаміка ринку (якісна оцінка)	Динамічна і конкурентна
Наявність обмежень для входу	Немає
Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Немає
Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	20%

На ринку мобільних застосунків для визначення та відстеження місцезнаходження існує кілька основних гравців, які схожі на проєктований застосунок:

- Wayfinding App від Google: цей застосунок використовує GPS, Wi-Fi та інші методи геолокації для надання відвідувачам керівних вказівок на великих заходах;
- Beacons від Estimote: цей сервіс дозволяє розміщувати невеликі передавачі на різних точках заходу. Застосунок на пристрої користувача може сканувати ці передавачі та визначати місцезнаходження користувача.

Ці гравці мають значні ресурси та досвід у розробці та розміщенні мобільних застосунків, а також у сфері геолокації.

KPM.KI.1.415-03.1.8

Арк.

99

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Обсяг продажів на ринку мобільних застосунків для визначення та відстеження місцезнаходження постійно зростає. У 2022 році він оцінюється в 10 мільярдів доларів США. Це зростання обумовлено розвитком технологій геолокації, а також зростаючою популярністю мобільних пристроїв.

Ринок мобільних застосунків для визначення та відстеження місцезнаходження є динамічним і конкурентним. Нові гравці постійно з'являються на ринку.

Середня норма рентабельності в галузі мобільних застосунків для визначення та відстеження місцезнаходження становить близько 20%. Однак, цей показник може значно відрізнятись залежно від конкретного гравця і його бізнес моделі.

4.3.5 Потенційні клієнти, маркетинг та монетизація

Розглянутий стартап-проект розробляє мобільний застосунок для визначення та відстеження місцезнаходження на великих заходах, фестивалях та інших масових подіях. Тому його потенційними клієнтами є організатори заходів, а користувачі – відвідувачі даних заходів. Цей застосунок цікавий потенційним клієнтам для:

- допомоги відвідувачам у пошуках свого розташування, щоб вони не губилися на локації;
- оптимізації розташування зони розваги, їдальні та інших об'єктів.
- Організатори заходів можуть мати такі вимоги до застосунку:
- точність позиціонування: застосунок повинен забезпечувати точне визначення місцезнаходження відвідувачів;
- швидкість: застосунок повинен забезпечувати швидке визначення місцезнаходження, щоб не відволікати відвідувачів;
- легкість у використанні: застосунок повинен бути простим у використанні, щоб його могли використовувати відвідувачі будь-якого рівня технічної підготовки.

					КРМ.КІ.1.415-03.1.8	Арк.
						100
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для ефективного просування застосунку MultiLocate і впровадження ефективної стратегії продажів, можна розробити наступний план маркетингових заходів (табл. 4.4):

Таблиця 4.4

Маркетингові заходи

Маркетингова діяльність	Пояснення
Партнерства та Спонсорство	Партнерства з організаторами заходів, фестивалів, концертів. Спонсорські угоди для великих заходів.
Програма Лояльності	Створення програми лояльності для постійних клієнтів.
Участь у виставках та конференціях	Участь у профільних заходах, де цільова аудиторія може бути присутня.
Прямий маркетинг	Просування застосунку через особисті контакти з організаторами фестивалів і конференцій.

Розглянуто стратегії монетизації та маркетингу.

Монетизація через партнерство з організаторами подій:

- інтеграція з подією: робота безпосередньо з організаторами для включення застосунку в якості ключової частини досвіду події. Це може включати навігацію в межах події, розклади, сповіщення та інші персоналізовані функції;
- спонсорство та реклама: надати спонсорам та рекламодавцям можливість взаємодіяти з аудиторією через застосунок, використовуючи наприклад таргетовані рекламні оголошення або спонсорські функції.

Маркетингова стратегія через партнерство:

- вибір цільових подій: ідентифікація провідних фестивалей та подій, які приваблюють цільову аудиторію;

- брендове партнерство: угоди про партнерство, щоб застосунок став частиною офіційного досвіду події. Це може включати логотипи на рекламних матеріалах події, згадки в соціальних медіа, та інтеграцію в офіційні заходи;
- демонстраційні можливості: надати демонстраційні точки на подіях, де учасники можуть випробувати застосунок і побачити його переваги вживу.

Ця комбінована стратегія монетизації та маркетингу фокусується на тісному зв'язку з організаторами подій та активному використанні заходів як платформи для популяризації застосунку.

4.3.6 Фінансовий план

Створення фінансового плану та прогнозування витрат для проєкту включає кілька ключових компонентів: стартові витрати, оперативні витрати, доходи та проєкцію рентабельності.

Початкові витрати (CapEx) складаються з витрат на розробку застосунку, витрат на просування застосунку та юридичні витрати.

1. Щоб розрахувати вартість розробки застосунку, треба вартість роботи розробника помножити на кількість годин, що витрачається на розробку.

$$\$11/\text{год} \times 1056 \text{ год} = \$11,616$$

2. Далі розраховано вартість роботи менеджера з продажів за годину, помножену на кількість годин, витрачених на просування.

$$\$5/\text{год} \times 1056 \text{ год} = \$5,280$$

3. Щоб розрахувати юридичні витрати розглянуто два види витрат: податки на дохід (які не вказані як фіксована сума, тому тут, використано розрахунок на основі приблизних даних) та єдиний соціальний внесок:

$$\text{ССВ} - 40\$ * 6 \text{ міс} = \$240$$

					KPM.KI.1.415-03.1.8	Арк.
						102
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже, загальні початкові витрати складають \$11,616 (розробка) + \$5,280 (маркетинг) + \$240 (юридичні) = \$17,136. Це загальна сума витрат на початковому етапі проєкту.

Розрахунки для оперативних витрат відображають витрати, пов'язані з щоденною діяльністю або обслуговуванням продукту після його запуску. Оперативні витрати включають витрати на технічну підтримку та оновлення, серверні витрати та витрати на просування.

Розглянуто місячні витрати на технічну підтримку та оновлення. Для цього погодинну вартість роботи розробника помножено на кількість годин, які витрачаються щомісяця на технічну підтримку та оновлення.

$$\$11/\text{год} \times 176 \text{ год} = \$1936/\text{міс}$$

Щоб розрахувати серверні витрати, врахована вартість зберігання даних та витрати на трафік. Це розраховано як ціна за гігабайт зберігання помножена на кількість гігабайтів, плюс ціна за гігабайт трафіку помножена на кількість гігабайт трафіку.

$$(\$0.023/\text{GB зберігання} \times 100 \text{ GB}) + (\$0.12/\text{GB трафіку} \times 50 \text{ GB}) = \$2.30 + \$6 = \$8.30/\text{міс}$$

Щоб розрахувати витрати на просування, вартість роботи менеджера з продажів за годину помножимо на кількість годин, витрачених на просування продукту.

$$\$5/\text{год} \times 176 \text{ год} = \$880$$

Отже, загальні оперативні витрати на місяць складають \$1,936 (технічна підтримка) + \$8.30 (сервери) + \$880 (просування) = \$2,824. Це сума, яку очікується платити щомісяця за підтримку, серверні послуги та просування після запуску продукту.

Розраховано очікувані доходи з двох джерел – підписок і реклами:

Використано ціну підписки та кількість користувачів для розрахунку доходу. Допустимо, що ціна підписки становить \$5 на місяць, і якщо є 1000 платних користувачів, то загальні доходи від підписок складуть \$5,000 на місяць.

$$\$5/\text{міс} \times 1000 \text{ користувачів} = \$5,000/\text{міс}$$

					KPM.KI.1.415-03.1.8	Арк.
						103
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Використана вартість одного рекламного слоту та кількість проданих слотів для розрахунку доходу. Якщо вартість рекламного слоту становить \$200, а кількість проданих слотів 10, то загальні доходи від реклами складуть \$2,000 на місяць.

$$\$200/\text{слот} \times 10 \text{ слотів} = \$2,000/\text{міс}$$

Отже, загальні доходи на місяць складають \$5,000 від підписок та \$2,000 від реклами, всього \$7,000 на місяць. Ці цифри відображають очікувані доходи з різних джерел на місяць і можуть бути використані для оцінки фінансової ефективності проекту.

Було оцінено, як швидко можна повернути витрати, та який прибуток можливо отримувати.

Для оцінки рентабельності проекту необхідно порівняти загальні доходи з загальними оперативними витратами.

Місячний прибуток вказує на прибуток, який залишається після покриття всіх оперативних витрат. У даному випадку, загальні доходи складають \$7,000 на місяць, а оперативні витрати – \$2,824. Отже, місячний прибуток дорівнює:

$$\$7,000 - \$2,824 = \$4,176.$$

Термін Окупності Інвестицій (ROI вказує на те, скільки часу знадобиться, щоб повернути початкові витрати за рахунок місячного прибутку. У даному випадку, початкові витрати складають \$17,136. Поділивши цю суму на місячний прибуток (\$4,176), отримано термін окупності приблизно 4 місяці.

$$\$17,136 / \$4,176 \approx 4 \text{ місяця}$$

Ці показники допомагають зрозуміти, як швидко можна повернути витрати та почати отримувати чистий прибуток. Термін окупності в 4 місяці свідчить про те, що можна повернути початкові витрати за цей період, враховуючи місячний прибуток від проекту.

					KPM.KI.1.415-03.1.8	Арк.
						104
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновок до четвертого розділу

Проектований застосунок є інноваційним рішенням у сфері геолокаційних послуг, який відзначається своєю унікальною здатністю визначати місцезнаходження мобільних пристроїв за допомогою різноманітних методів, включаючи GPS, Wi-Fi, стільникові мережі, а також використання QR кодів. Це не тільки розширює можливості для користувачів у складних умовах, наприклад, на великих фестивалях або масштабних заходах, де традиційні методи геопозиціонування можуть бути неефективними, але й пропонує значно більшу точність та надійність.

Застосунок має значний потенціал для розвитку та монетизації, з огляду на потреби сучасного ринку. Співпраця з організаторами подій і інтеграція в офіційні пакети заходів може забезпечити стабільний потік доходів і широке визнання бренду. Водночас, активні маркетингові зусилля, включаючи партнерства з впливовими особами та реалізацію цілеспрямованих кампаній, можуть забезпечити високий рівень охоплення та залученості потенційних користувачів.

Інвестиції у розвиток технологій, критично важливі для забезпечення надійності та точності сервісу, разом з ретельно спланованим фінансовим плануванням, повинні сприяти зростанню та стабільності проекту. При цьому необхідно звернути увагу на збір та аналіз даних, щоб забезпечити неперервне покращення продукту та задоволення потреб користувачів.

У сукупності, застосунок має потенціал стати значним гравцем на ринку геолокаційних послуг, особливо в контексті масштабних заходів та фестивалів, пропонуючи рішення, яке ефективно поєднує технологічну інноваційність, користувацьку зручність та комерційну життєздатність.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Безпечні і комфортні методи роботи за комп'ютером

Робота за комп'ютером є неодмінною частиною багатьох професій та повсякденного життя. Забезпечення безпеки та комфорту під час роботи перед екраном є ключовим для збереження здоров'я. Ось кілька важливих аспектів, які слід враховувати:

- правильна постава: правильна постава під час роботи за комп'ютером грає важливу роль у попередженні напруги та травм;
- сидіння: потрібно сидіти прямо, зі спиною притягнутою до спинки стільця. Коліна повинні бути на рівні або нижче за рівень стегна, а стопи повинні стояти на підлозі або підставці для ніг [24];
- монітор: екран монітора повинен бути на рівні очей або трохи нижче, щоб не намагатися підняти або нахилити голову (рис. 5.1);
- клавіатура і мишка: необхідно розташувати клавіатуру та мишку так, щоб руки знаходилися в рівній площині із столом. Потрібно завжди тримати зап'ястя в рівній площині з клавіатурою, щоб уникати непотрібного напруження [25].

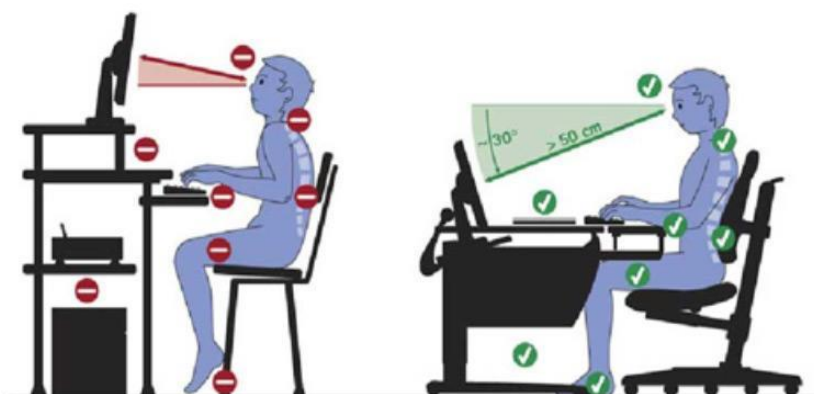


Рис. 5.1 – Як правильно сидіти за комп'ютером

- регулярні перерви;
- перерви: необхідно робити короткі перерви кожні 20-30 хвилин. Під час перерви виконувати вправи для очей, підніматися зі стільця, робити кілька вправ для рук та спини;
- вправи для очей: рекомендовано робити паузи для очей, фокусувати погляд на віддалених об'єктах, щоб відпочити від екрану;
- налаштування робочого місця;
- освітлення: варто забезпечити належне освітлення в робочому приміщенні, уникаючи блискучого відблисків на екрані;
- час роботи: необхідно обмежити тривалість роботи перед комп'ютером.

Регулярні перерви допомагають уникнути втоми:

- перевірити джерело живлення: варто переконатися, що комп'ютер підключений до стабільного джерела електроживлення та використовувати стабілізатори напруги або захисні пристрої від перепадів напруги;
- включення у правильній послідовності: спочатку варто вмикати монітор, потім системний блок. Переконатися, що всі кабелі підключені належним чином;
- уникати контакту з вологою: необхідно перевіряти, що руки сухі перед тим, як доторкатися до комп'ютера чи будь-яких його частин;
- уникати перевантаження: не підключати занадто багато пристроїв до однієї розетки, це може призвести до перевантаження та перегріву;
- слідкувати за індикаторами: під час вмикання слідкувати за індикаторами на пристроях. Це допоможе виявити можливі проблеми або помилки;
- перевіряти систему на наявність пошкоджень: періодично перевіряти систему на наявність будь-яких пошкоджень або незвичайних звуків під час роботи.

					КРМ.КІ.1.415-03.1.8	Арк.
						107
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ці кроки допоможуть уникнути можливих проблем та зберегти безпечну роботу комп'ютера.

Дотримання цих простих правил, допоможе забезпечити комфортні умови праці та запобігти можливим проблемам зі здоров'ям, пов'язаним з тривалою роботою за комп'ютером.

5.2 Освітлення робочої зони при роботі за комп'ютером

Освітлення в робочому середовищі грає важливу роль у забезпеченні комфорту та здоров'я під час роботи за комп'ютером. Відповідне освітлення сприяє запобіганню напруги очей, втоми та погіршенню зору. Ось кілька ключових аспектів правильного освітлення для роботи за комп'ютером:

1. Якість освітлення:

- природне світло: якщо це можливо, варто працювати в приміщенні з природним освітленням. Вікно повинно бути збоку, щоб уникнути блисків на екрані комп'ютера;
- рівномірність освітлення: необхідно забезпечити рівномірне освітлення по всьому робочому приміщенню, щоб уникнути тіней або плям на робочому столі або на екрані [24].

2. Регулювання освітлення:

- додаткове освітлення: якщо природного світла недостатньо, використовувати додаткове освітлення – настільні лампи або підсвічування, які забезпечують додаткове світло без відблисків на екрані;
- регульованість освітлення: використовувати освітлення з можливістю регулювання яскравості та напрямку, щоб налаштувати його залежно від вашого комфорту під час роботи.

3. Попередження відблисків:

- екран і освітлення: уникати розташування джерел освітлення, які відбиваються на екрані комп'ютера. Необхідно розташувати світильники або вікна так, щоб вони не відбивали світло безпосередньо на монітор;

- захисні екрани: варто розглянути можливість використання захисних екранів або фільтрів на моніторі, які зменшують відблиск та випромінювання.

Правильне освітлення є ключовим фактором для забезпечення комфортних умов праці під час роботи за комп'ютером. Регулювання, якість та уникнення відблисків – це основні аспекти, які варто враховувати, щоб забезпечити ефективність та безпеку під час тривалої роботи перед екраном.

5.3 Електробезпека під час роботи за комп'ютером

Робота за комп'ютером пов'язана не тільки з ергономікою та правильним освітленням, але і з електробезпекою. Ось деякі важливі аспекти, які варто врахувати для забезпечення безпеки під час роботи з комп'ютером:

1. Електричні кабелі та прилади:

- перевірка кабелів: варто регулярно перевіряти кабелі та штепсельні роз'єми на наявність пошкоджень. Уникати перегинів або стискання кабелів, що може призвести до перегріву та короткого замикання;
- використання стабілізаторів напруги: Використання стабілізаторів або захисних пристроїв від перепадів напруги, щоб захистити обладнання від можливих пошкоджень через різкі зміни напруги в електромережі [25].

2. Використання та обслуговування:

- безпека розеток: уникати перевантаження розеток. Необхідно розподіляти навантаження на різні розетки, дотримуючись вимог щодо максимальної потужності;
- правильне відключення: перед ремонтом або переміщенням обладнання варто завжди вимикати його та від'єднати від джерела живлення.

3. Безпека для користувача:

					КРМ.КІ.1.415-03.1.8	Арк.
						109
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- уникати вологи: уникати роботи за комп'ютером в умовах високої вологості. Вологі умови можуть призвести до короткого замикання;
- заземлення: варто перевіряти, чи робоче місце заземлене, щоб уникнути статичного електрику;
- відстань від води: уникати розливання напоїв або роботи з комп'ютером у непрямих близькостях до води;
- знання про електробезпеку;
- навчання персоналу: рекомендовано проводити навчання з питань електробезпеки для персоналу, щоб вони розуміли основні правила безпеки при роботі з електричним обладнанням.
- інструкції та процедури: необхідно мати чіткі інструкції та процедури щодо використання електронних пристроїв та роботи з ними.

Якщо отримали удар струмом:

- викликати допомогу: необхідно негайно викликати швидку допомогу або звернутися до медичної служби;
- вимкнути джерело струму: якщо це можливо, вимкнути джерело струму або від'єднати людину від джерела електрики безпосередньо, використовуючи сухі матеріали, якщо вони є. Не намагатися від'єднувати людину від джерела струму за допомогою мокрих рук або металевих предметів [26];
- надати допомогу, якщо навчені: якщо навчені надавати першу допомогу, варто переконатися, що у постраждалої особи немає припинення дихання чи серцевого ритму. Використовувати методи штучної вентиляції легень або серцево-легеневої реанімації, якщо це необхідно;
- важливі деталі: зібрати якнайбільше деталей про обставини удару струмом для медичної допомоги.

Якщо інша людина отримала удар струмом:

- безпека: перш за все, забезпечити безпеку себе та інших, переконатися, що джерело струму вимкнено;

					КРМ.КІ.1.415-03.1.8	Арк.
						110
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- викликати допомогу: викликати швидку допомогу та від'єднайте постраждалу людину від джерела струму, використовуючи сухі матеріали;
- перша допомога: якщо навчені, надати першу допомогу. Перевірити стан свідомості, дихання та пульсу, надайте необхідну допомогу, якщо вона відсутня;
- уникати додаткового ризику: уникати контакту зі струмом, варто носити сухі рукавиці та від'єднати постраждалу особу від джерела струму за допомогою сухих, непровідних предметів.

Забезпечення електробезпеки під час роботи за комп'ютером важливо для збереження безпеки обладнання та здоров'я користувачів. Ретельне дотримання простих правил та процедур допоможе уникнути можливих небезпек із електричним обладнанням.

5.4 Пожежна безпека під час роботи за комп'ютером

Пожежна безпека – це важливий аспект охорони праці, особливо при роботі за комп'ютером, де використовується електрика та електроніка. Враховуючи це, ось кілька ключових моментів, що варто врахувати для пожежної безпеки:

1. Обладнання та інфраструктура:

- перевірка обладнання: варто регулярно перевіряти комп'ютери, розетки та електричні кабелі на наявність будь-яких пошкоджень, перегріву або ознак потенційної небезпеки;
- вентиляція: переконатися, що системи охолодження комп'ютерів працюють належним чином та є належною вентиляція, щоб уникнути перегріву обладнання.

2. Електричні безпекові заходи.

					КРМ.КІ.1.415-03.1.8	Арк.
						111
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- використання стабілізаторів напруги: Використовувати стабілізатори напруги для захисту обладнання від можливих перепадів напруги, що можуть призвести до перегріву або короткого замикання;
- вимкнення у разі перерви живлення: У разі відключення електропостачання повністю вимикати комп'ютер та обладнання, щоб уникнути пошкодження при відновленні струму [26].

3. Правила безпеки.

- уникати перегріву: уникати перебування комп'ютеру у режимі сну під час тривалої відсутності, оскільки це може призвести до перегріву.
- безпечність простору: уникати переповнення електричними кабелями, дотримуйтесь протипожежних стандартів та вимог щодо відстані між обладнанням.

4. План евакуації та навчання.

- план евакуації: розробіть план евакуації у разі пожежі, щоб персонал знаходився у безпеці та міг швидко та безпечно залишити приміщення;
- навчання з пожежної безпеки: провести навчання персоналу з пожежної безпеки, щоб вони знали, як реагувати у випадку виникнення пожежі.

Забезпечення пожежної безпеки під час роботи за комп'ютером включає в себе правильну електричну інфраструктуру, дотримання правил безпеки та готовність до евакуації у разі необхідності. Освіта та проактивність у цьому плані можуть значно знизити ризик виникнення пожежі та мінімізувати її наслідки.

Пожежа завжди потребує негайної реакції та дотримання безпечних процедур евакуації. Якщо виникла пожежа:

- викликати пожежну службу: негайно викликати пожежну службу, навіть якщо пожежа здається невеликою. Не затримуватися, оскільки пожежа може поширитися дуже швидко;

					КРМ.КІ.1.415-03.1.8	Арк.
						112
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- активувати пожежний сигнал: включити пожежний сигнал або сповістити інших про небезпеку. Це допоможе іншим людям відразу реагувати та почати евакуацію;
- спробувати загасити пожежу, якщо це безпечно: Якщо пожежа ще невелика і є навички використання вогнегасника, спробувати загасити вогонь. Але найголовніше – не ризикувати власним життям.

Процедури евакуації:

- вихід з приміщення: якщо пожежа стала непередбачуваною або швидко поширюється, вийти з приміщення якнайшвидше. Використовувати виходи для евакуації та не користуватися ліфтами;
- керуватися вказівками безпеки: якщо є інструкції по пожежній безпеці або план евакуації, дотримуватися їх. Якщо ви відповідаєте за евакуацію інших, переконатися, що всі отримали вказівки та йдуть до безпечного місця збору;
- залишати двері відкритими, якщо це можливо: Якщо залишаєте приміщення, лишити двері відкритими, якщо це безпечно. Це може допомогти уникнути пасток і полегшити роботу пожежних;
- не повертатися за особистими речами: Не повертатися за особистими речами чи іншими цінностями. Безпека – головний пріоритет.

У разі пожежі найважливіше – негайно вчиняти заходи для власної безпеки та безпеки інших людей. Інформувати про небезпеку, викликати пожежну службу і слідувати процедурам евакуації до безпечного місця.

5.5 Кондиціонування приміщень при роботі за комп'ютером

Правильне кондиціонування приміщення, де працюють з комп'ютером, є ключовим фактором для забезпечення комфорту та ефективності. Ось деякі вказівки щодо кондиціонування для оптимальної роботи за комп'ютером:

1. Контроль температури.

					КРМ.КІ.1.415-03.1.8	Арк.
						113
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- оптимальна температура: забезпечити комфортну температуру в приміщенні (зазвичай в межах 20-22°C), що допомагає уникнути перегріву або переохолодження, що може вплинути на продуктивність та здоров'я [27];
- регуляція температури: використовувати систему кондиціонування повітря або вентиляцію для регулювання температури відповідно до потреб користувачів.

2. Контроль вологості.

- оптимальна вологість: забезпечення оптимального рівня вологості (в межах 40-60%) допомагає уникнути сухості повітря, яка може призвести до висихання очей та шкіри;
- використання зволожувачів повітря: у випадку низького рівня вологості можна використовувати зволожувачі повітря для підтримки комфортних умов.

3. Управління потоком повітря.

- протікання свіжого повітря: Забезпечення притоку свіжого повітря, яке не перебуває під прямим потоком кондиціонера, сприяє кращій концентрації та забезпечує здорове дихання;
- уникання протягів: забезпечення, щоб кондиціонери не створювали протягів, оскільки це може вплинути на комфорт та здоров'я.

4. Перерви для адаптації.

- періодичні перерви: забезпечення періодичних коротких перерв для адаптації до змін температури або вологості в приміщенні;
- підтримка комфорту: залучення персоналу до процесу встановлення оптимальних параметрів кондиціонування для підтримки загального комфорту.

Ефективне кондиціонування приміщення для роботи за комп'ютером відіграє важливу роль у забезпеченні комфорту та здоров'я. Регуляція температури,

					КРМ.КІ.1.415-03.1.8	Арк.
						114
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вологості та потоку повітря є ключовими аспектами, які слід враховувати для забезпечення оптимальних умов роботи.

Висновок до п'ятого розділу

Охорона праці під час роботи за комп'ютером – це не лише набір правил та порад для забезпечення комфорту, але й ключовий аспект збереження здоров'я та безпеки. Ретельне дотримання рекомендацій з охорони праці може значно покращити умови праці та позитивно вплинути на продуктивність та самопочуття працівників.

Правильна постава та ергономіка робочого місця сприяють уникненню напруги та травм. Регулярні перерви під час роботи перед екраном допомагають уникнути втоми та напруги очей.

Правильне освітлення є важливим для здоров'я очей та загального комфорту під час роботи. Контроль вологості та температури, уникнення перегріву чи охолодження допомагають зберегти комфортні умови праці.

Електробезпека та пожежна безпека є невід'ємною частиною охорони праці. Ретельний контроль обладнання, дотримання правил електробезпеки та навчання персоналу стосовно виникнення пожеж є важливими аспектами безпечної роботи.

Комфортне кондиціонування приміщення відіграє важливу роль у підтримці ефективності та здоров'я працівників. Контроль температури, вологості та повітряного середовища сприяє створенню комфортних умов праці.

Враховуючи ці аспекти охорони праці, можна значно покращити умови праці під час користування комп'ютером та забезпечити оптимальне здоров'я та ефективність працівників.

					<i>KPM.KI.1.415-03.1.8</i>	Арк.
						115
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Представлена кваліфікаційна робота становить важливий внесок у сферу геолокаційних технологій на мобільних пристроях. Широкий огляд та аналіз існуючих методів геопозиціонування дозволяє зрозуміти їхні переваги та обмеження. Особлива увага була приділена розробці та реалізації нових підходів у геолокації, спрямованих на покращення точності та надійності визначення місцезнаходження.

Проектування та створення застосунку, який інтегрує інноваційні методи геолокації, виявило потенціал для розвитку у цій галузі. Він не лише розширює можливості для визначення місцезнаходження в умовах обмеженого сигналу, але й пропонує значно покращену точність та надійність, використовуючи різноманітні джерела даних.

Застосунок, розроблений у цій роботі, має потенціал для успішної комерціалізації та широкого впровадження на ринку геолокаційних послуг. Він може стати ключовим гравцем у контексті подій та фестивалів, а його використання у складних умовах, де традиційні методи геопозиціонування не ефективні, підкреслить його вагому перевагу.

Дослідження й розробка, проведені у цій роботі, дають широкі перспективи для майбутнього розвитку геолокаційних технологій. Успіх цього проєкту залежатиме від стратегічної маркетингової стратегії, фінансової стійкості та постійного удосконалення продукту з урахуванням потреб користувачів та новітніх технологічних можливостей.

					КРМ.КІ.1.415-03.1.8	Арк.
						116
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Що таке глобальна система позиціонування? Розуміння GPS. URL: <https://uk.fmuser.net/content/?21016.html>
2. Що таке GPS-приймач: опис і принцип роботи. URL: <https://uaeu.top/tsikave/shcho-take-gps-prijmach-opis-i-printsip-roboti.html>
3. Супутникова навігація : основні принципи роботи. Проблеми та методи їх вирішення. URL: https://xn--j1ahb.xn--j1amh/articles/GPS_GLONASS_AGPS_RTK/
4. Визначення місцезнаходження пристрою за допомогою Wi-Fi датчиків. URL: <http://sap.pstu.edu/article/view/241179>
5. What is RSSI and what does it mean for a Wi-Fi network? URL: <https://www.metageek.com/training/resources/understanding-rssi/>
6. Як працює внутрішнє позиціонування? URL: <https://a5.ua/web/uk/blog/yak-pracyue-vnutrishne-poziciyuvannya>
7. Bluetooth RSSI, бюджетна та зручна технологія позиціонування в приміщенні. URL: <https://www.dusuniot.com/uk/blog/bluetooth-rssi-positioning/>
8. Маяки Bluetooth для позиціонування в приміщенні. URL: <https://www.dusuniot.com/uk/product-specification/indoor-bluetooth-beacon/>
9. Технологія позиціонування в приміщенні: Bluetooth RSSI проти BLE AOA проти UWB позиціонування. URL: <https://www.dusuniot.com/uk/blog/indoor-positioning-technology-bluetooth-rssi-vs-ble-aoa-vs-uwb-positioning/>
10. kinds of sensors in mobile phones and what are recorded by the sensors. URL: <https://www.utmel.com/blog/categories/sensors/13-kinds-of-sensors-in-mobile-phones-and-what-are-recorded-by-the-sensors>
11. Що таке гіроскоп у телефоні? URL: <https://smartik.kiev.ua/shcho-take-hiroskop-u-telefoni/>
12. Що таке барометр та для чого він потрібен в смартфоні. URL: <https://gsminfo.com.ua/47931-shho-take-barometr-ta-dlya-chogo-vin-potriben-v-smartfoni.html>

					КРМ.КІ.1.415-03.1.8	Арк.
						117
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

13. Locating a Device using Cell Tower Information. URL: https://help.ivanti.com/wl/help/en_US/AVA/6.3/Avalanche/Mobile_Devices/Locating_a_Device_using.htm

14. Що таке точки доступу та як вони працюють? URL: <https://artline.ua/uk/news/hto-takoe-tochki-dostupa-i-kak-oni-rabotayut>

15. Тріангуляція. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D1%96%D0%B0%D0%BD%D0%B3%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%86%D1%96%D1%8F>

16. Location-Based Applications for Smartphones
https://www.researchgate.net/publication/275032124_Location-Based_Applications_for_Smartphones

17. Method of Assessing the Impact of External Factors on Geopositioning System Operation Using Android GPS API
<https://ieeexplore.ieee.org/document/9648811/>

18. A Review of Indoor Localization Techniques and Wireless Technologies
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11277-021-08209-5>

19. A Two-Step Fusion Method of Wi-Fi FTM for Indoor Positioning
<https://www.mdpi.com/1424-8220/22/9/3593>

20. Smartphone-Based Indoor Localization Systems: A Systematic Literature Review <https://www.mdpi.com/2079-9292/12/8/1814>

21. Що таке GPS: Типи систем позиціонування, як працює та яке майбутнє. URL: <https://root-nation.com/ua/articles-ua/tech-ua/ua-gps-types-history-future/>

22. Indoor Maps in Apple Maps. URL: https://register.apple.com/resources/indoor/program/indoor_maps

23. Using Global Localization to Improve Navigation. URL: <https://blog.research.google/2019/02/using-global-localization-to-improve.html?m=1>

24. 6 правил роботи за комп'ютером без шкоди для здоров'я. URL: <https://pon.org.ua/novyny/5812-6-pravil-roboti-za-kompyuterom-bez-shkodi-dlya-zdorovya.html>

					<i>KPM.KI.1.415-03.1.8</i>	Арк.
						118
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

25. Правила безпечної роботи на комп'ютері. URL: <https://www.pedcollege.kiev.ua/index.php/77-robota-koledzhu/okhorona-pratsi/589-pravyly-bezpechnoi-roboty-na-kompiuteri>

26. Винокурова Л. Е., Васильчук М. В., Гаман М. В. Основи охорони праці: Підручн. для проф.-техп. навч. закладів. К. : Вікторія, 2001. 192 с.

27. Як безпечно експлуатувати кондиціонери. URL: <https://pro-op.com.ua/article/1588-yak-bezpechno-ekspluatuvati-konditsoneri>

					<i>KPM.KI.1.415-03.1.8</i>	Арк.
						119
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		