

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Інститут телекомунікаційних систем**

**Кафедра Інформаційно-телекомунікаційних мереж**

«На правах рукопису»

УДК \_\_\_\_\_

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Лариса ГЛОБА

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 р.

**Магістерська дисертація**

**на здобуття ступеня магістра**

**за освітньо-професійною програмою «Інформаційно-комунікаційні  
технології»**

**зі спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»**

**на тему: «Інформаційна система навігації в приміщенні для людей з  
вадами зору»**

Виконав:

студент VI курсу, групи ПІ-91мп  
Остапенко Максим Станіславович \_\_\_\_\_

Керівник:

доцент кафедри ІТМ ІТС, к.т.н.  
Штогріна Олена Сергіївна \_\_\_\_\_

Рецензент:

Професор кафедри ТК ІТС, к.т.н., професор  
Якорнов Євгеній Аркадійович \_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цій магістерській  
дисертації немає запозичень з праць  
інших авторів без відповідних  
посилань.

Студент \_\_\_\_\_

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Інститут телекомунікаційних систем**  
**Кафедра Інформаційно-телекомунікаційних мереж**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітньо-професійна програма «Інформаційно-комунікаційні технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Лариса ГЛОБА

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на магістерську дисертацію студенту**  
**Остапенко Максим Станіславович**

1. Тема дисертації «Інформаційна система навігації в приміщенні для людей з вадами зору», науковий керівник дисертації доцент кафедри інформаційно-телекомунікаційних мереж ІТС Штогріна Олена Сергіївна, к.т.н., затвержені наказом по університету від «03» листопада 2020 р. № 3208-с
2. Термін подання студентом дисертації 10.12.2020 р.
3. Об'єкт дослідження — інформаційна система навігації в приміщенні для людей з вадами зору
4. Предмет дослідження — процес навігації в приміщенні.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити:
  1. Провести аналіз роботи компонентів інформаційної системи навігації в приміщенні для людей з вадами зору.
  2. Визначити вимоги до інформаційної системи навігації в приміщенні для людей з вадами зору.
  3. Створити інформаційну систему навігації в приміщенні для людей з вадами зору. Визначити межі використання запропонованої інформаційної системи.

4. Розробити стартап-проект для створеної інформаційної системи навігації в приміщенні для людей з вадами зору.
6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу
1. Тема, актуальність, мета, задачі.
  2. Огляд складових алгоритмів інформаційної системи навігації.
  3. Розробка інформаційної системи навігації в приміщенні для людей з вадами зору.
  4. Визначення меж вжиття запропонованої інформаційної системи.
  5. Загальні висновки.
7. Орієнтовний перелік публікацій:
- “СИСТЕМА КОМП’ЮТЕРНОГО ЗОРУ ДЛЯ НАВІГАЦІЇ В ПРИМІЩЕННІ ЛЮДЕЙ З ВАДАМИ ЗОРУ”, Остапенко М.С., Штогріна О.С., міжнародна науково-технічна конференція "Перспективи телекомунікацій 2020".
9. Дата видачі завдання 10 вересня 2019 року.

#### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Проведення огляду компонентів інформаційної системи навігації.	10.09.2020-20.09.2020	виконано
2	Визначення вимог до інформаційної системи навігації.	20.09.2020-30.10.2020	виконано
3	Розробка інформаційної системи навігації в приміщенні для людей з вадами зору.	30.10.2020-15.11.2020	виконано
4	Визначення меж використання запропонованої інформаційної системи.	15.11.2020-01.12.2020	виконано
5	Розроблення стартап-проекта на основі запропонованої інформаційної системи.	01.12.2020-05.12.2020	виконано

Студент

Максим ОСТАПЕНКО

Науковий керівник дисертації

Олена ШТОГРІНА

## РЕФЕРАТ

Робота містить 61 сторінку, 7 рисунків та 22 таблиці. Використано 21 джерело.

**Мета роботи:** покращити взаємодію людей з вадами зору із світом та підвищити рівень інклюзивності громадських місць шляхом створення інформаційної системи навігації в приміщенні для людей з вадами зору.

Визначені критерії якості для порівняння частин системи навігації в приміщенні. Проведено аналіз та порівняння алгоритмів навігації, пошуку найкоротшого шляху, відслідковування. Визначені вимоги до системи навігації в приміщенні. Проведений аналіз проблем, які виникають при побудові систем комп'ютерного зору. Проведено покращення частин навігації, що дозволяють бути їм більш стійкими до змінності зовнішнього середовища. Визначені межі використання інформаційної системи. Створена інформаційна система навігації в приміщенні для людей з вадами зору може бути використана, для підвищення інклюзивності громадських місць. Створений опис стартап-проекту на основі запропонованої інформаційної системи.

**Ключові слова:** машинне навчання, комп'ютерний зір, навігація в приміщенні, SLAM.

## **ABSTRACT**

The work contains 61 pages, 7 figures and 22 tables. 21 sources used.

**Purpose:** improve the interaction of visually impaired people with the world and increase the level of inclusiveness of public places by creating an indoor navigation information system for visually impaired people.

Quality criteria for comparing parts of the indoor navigation system are defined. The analysis and comparison of navigation algorithms, search of the shortest way, tracking are carried out. The requirements for the indoor navigation system are defined. The analysis of problems which arise during the construction of systems of computer vision is carried out. The navigation parts have been improved to make them more resistant to environmental variability. The limits of information system use are defined. Created indoor navigation information system for the visually impaired can be used to increase the inclusiveness of public places. The description of the startup project on the basis of the offered information system is created.

**Key words:** machine learning, computer vision, indoor navigation, SLAM.

## ЗМІСТ

<b>ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ</b>	8
<b>ВСТУП</b>	9
<b>РОЗДІЛ 1</b>	12
<b>ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ ЛОКАЛІЗАЦІЇ ТА ФОРМУЛЮВАННЯ ЗАВДАННЯ СТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ НАВІГАЦІЇ В ПРИМІЩЕННІ ДЛЯ ЛЮДЕЙ З ВАДАМИ ЗОРУ</b>	12
Висновки	14
<b>РОЗДІЛ 2</b>	15
<b>ВИЗНАЧЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ НАВІГАЦІЇ В ПРИМІЩЕННІ ДЛЯ ЛЮДЕЙ З ВАДАМИ ЗОРУ, ПІДБІР ЇЇ ЧАСТИН</b>	15
2.1. Постановка проблематики	15
2.3. Вимоги до інформаційної системи	15
2.3. Опис системи	16
2.4. Система локалізації та тривимірної реконструкції середовища	18
2.4.1. Завдання алгоритму SLAM	20
2.4.2. Використання алгоритму SLAM	20
2.4.3. Вибір алгоритму SLAM	21
2.5. Пошук шляху	22
2.6. Модуль детекції перешкод	23
2.7. Модуль відслідковування шляху	24
2.8. Інтерфейс взаємодії користувача із застосунком	24
2.8.1. Взаємодія додаток – користувач	24
2.8.2. Взаємодія користувач – додаток	25
Висновки	26
<b>РОЗДІЛ 3</b>	28
<b>РОЗРОБКА АРХІТЕКТУРИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ НАВІГАЦІЇ В ПРИМІЩЕННІ ДЛЯ ЛЮДЕЙ З ВАДАМИ ЗОРУ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЇЇ ОБМЕЖЕНЬ</b>	28
3.1. Сторона сервера	29
3.2. Сторона користувача	31
3.2.1. Інтерфейс користувача	31
3.5. Опис можливих покращень системи	33
3.5.1. Покращення програмного забезпечення	33
3.5.2. Покращення за допомогою використання додаткових фізичних ресурсів	33
3.6. Обмеження використання системи	34

Висновки	36
<b>РОЗДІЛ 4</b>	<b>38</b>
<b>РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ</b>	<b>38</b>
4.1. Опис ідеї проекту	38
4.2. Технологічний аудит ідеї проекту	42
4.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	43
4.3.1. Аналіз попиту	43
4.3.2. Визначення потенційних груп клієнтів	44
4.3.3. Аналіз ринкового середовища	44
4.3.4. Аналіз пропозиції	47
4.3.5. Аналіз умов конкуренції в галузі	47
4.3.6. Визначення факторів конкурентоспроможності	49
4.3.7. Аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту	50
4.3.8. SWOT-аналіз	50
4.3.9. Альтернативи ринкової поведінки	50
4.4. Розроблення ринкової стратегії проекту	51
4.4.1. Визначення стратегії охоплення ринку	51
4.4.2. Формування базової стратегії розвитку	51
4.4.3. Вибір стратегії конкурентної поведінки	52
4.4.4. Розробка стратегії позиціонування	52
4.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	53
4.5.1. Формування маркетингової концепції товару	53
4.5.3. Визначення цінових меж	54
4.5.4. Визначення оптимальної системи збуту	54
4.5.5. Розроблення концепції маркетингових комунікацій	54
Висновки	55
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ</b>	<b>56</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b>	<b>56</b>

## **ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ**

GPS	Global positioning system
NFC	Near field communication
WHOi	World Health Organization
RFID	Radio frequency identification
SLAM	Simultaneous localization and mapping
QR	Quick response
PoI	Point of interest
API	Application programming interface
ПК	Персональний комп'ютер
ПЗ	Програмне забезпечення



## ВСТУП

**Актуальність.** Проблема підтримки переміщення людей з вадами зору є практично невирішеною. Хоча й навігація на вулиці можлива за допомогою GPS [1] та тактильних елементів дороги, але ці методи не дозволяють в повній мірі безпечно взаємодіяти із світом. Це не тільки із-за обмеженості тактильного покриття та похибок GPS, а також із-за обмеженої кількості інформації, яку можна передати через ці джерела. В приміщеннях проблема стоїть ще гостріше. По-перше, в приміщенні похибка GPS може сягати п'яти метрів і більше, а в деяких випадках сигнал зовсім відсутній, що унеможлиблює його використання. По-друге, більшість приміщень не мають тактильної плитки навіть на першому поверсі, не дублюють текст шрифтом Брайля, та не мають тактильних мап, які дозволяють уявити схему приміщення.

Існуючі технологічні рішення не справляються із проблемою. Вони є або дорогими, або незручними у використанні для користувачів. Для прикладу, використання NFC [2] міток чи знаходження координат мобільного пристрою за допомогою мережі Wi-Fi [3], в якій він знаходиться, може допомогти орієнтуватись в приміщенні людині з вадами зору. Ці технології є зручними, відносно дешевими та доступними при вирішенні поставленої задачі, але все ж не надають необхідної якості локалізації. Більш того, на ринку немає масового продукту з необхідною функціональністю, який можна просто встановити і користуватись. Тому в роботі стоїть актуальна задача створити систему комп'ютерного зору для навігації людей з вадами зору практично у будь-якому приміщенні.

**Мета роботи:** покращити взаємодію людей з вадами зору із світом та підвищити рівень інклюзивності громадських місць шляхом створення інформаційної системи навігації в приміщенні для людей з вадами зору.

Для досягнення мети дослідження було поставлено та вирішено такі **основні задачі:**

1. Провести аналіз існуючих систем для навігації та визначити їх переваги і недоліки.
2. Сформулювати задачу розробки інформаційної системи навігації в приміщенні людей з вадами зору, визначити вимоги до неї. Підібрати алгоритми, які відповідають вимогам, для кожної із частин системи навігації.
3. Запропонувати архітектуру інформаційної системи навігації в приміщенні для людей з вадами зору та визначити межі її використання.
4. Створити опис стартап-проекту на основі запропонованої інформаційної системи.

**Теоретичний результат дослідження:**

1. Визначені переваги та недоліки існуючих систем навігації.
2. Сформульована задача побудови інформаційної системи навігації в приміщенні для людей з вадами зору та проведений аналіз існуючих складових алгоритмів запропонованої системи.
3. Запропонована інформаційна система навігації в приміщенні для людей з вадами зору та визначені межі її використання.
4. Розроблений опис стартап-проекту на основі запропонованої інформаційної системи.

**Практичний результат:**

1. Запропонована інформаційна система навігації в приміщенні для людей з вадами зору. Підібрані алгоритми для кожної із частин інформаційної системи навігації.

2. Запропонована архітектура інформаційної системи навігації в приміщенні для людей з вадами зору. Розроблений інтерфейс взаємодії користувача з інформаційною системою.
3. В залежності від умов використання, описані можливості використання запропонованої інформаційної системи.

# РОЗДІЛ 1

## ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ ЛОКАЛІЗАЦІЇ ТА ФОРМУЛЮВАННЯ ЗАВДАННЯ СТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ НАВІГАЦІЇ В ПРИМІЩЕННІ ДЛЯ ЛЮДЕЙ З ВАДАМИ ЗОРУ

Кожного дня проходячи по коридорах до своєї кімнати чи шукаючи необхідний кабінет в будівлі ми не задумуємось про складність цього завдання. Про те, що без візуальної інформації це тривіальне завдання перетворюється в складну повну небезпек подорож. За даними WHO [4] 253 мільйона людей стикаються з такими завданнями кожного дня, саме 253 мільйони є кількістю незрячих людей і людей з порушенням зору. Тому дана проблема стоїть гостро.

Можна зауважити, що навігація на вулиці є більш небезпечною, наприклад, тому що ймовірність потрапити під колеса авто для людини з вадами зору в 3 рази вища ніж для людини, яка не має таких проблем. Незважаючи на це, орієнтування на вулиці можливе як мінімум із використанням GPS навігаторів. В приміщенні ж неможливо використовувати GPS [5], тому що він має занадто високу похибку (близько 5 метрів), а то і взагалі інколи повністю відсутній. Більш того, більшість будівель не мають ні тактильної плитки, ні тактильної мапи приміщення, ні дубляції тексту шрифтом Брайля, тому коридори таких будинків часто стають нездоланими перешкодами. Часто в старих будівлях можна натрапити на першу чи останню сходинку, яка є коротшою за інші чи є одна сходинка в коридорі, чи наявність порогів це все ускладнює навігацію і збільшує ризики травмування під час проходу такими приміщеннями.

В приміщеннях замість GPS можна використовувати RFID-мітки [6] (англ. - radio frequency ID). Вони є досить дешевими, їх легко розміщувати у приміщеннях на різних типах поверхонь. Тільки

залишається проблема їхнього обслуговування та заміни, яка могла б бути нівельованою їхньою ціною, але мітки можуть піддаватись впливу інших електронних пристроїв, що може позначитись на їх якості роботи [7]. Також в [8] проведено широке дослідження використання RFID міток в різних середовищах. Дослідження показує, що під час встановлення міток потрібно проводити калібрацію для забезпечення точного позиціонування, також зазначено, що помилка сягає 0.7м.

Щоб уникнути створення нової інфраструктури можна використовувати локалізацію на основі WI-FI сигналу в [9] запропоновано рішення, яке зменшує необхідну кількість маршрутизаторів та антен. В [9] отримують результат з похибкою близько одного метра, що є достатнім результатом та руху в коридорах.

RFID-мітки чи WI-FI можуть лише допомогти локалізувати об'єкт, але ніяк не можуть надати можливість навігації та відобразити особливості архітектури для забезпечення безпечного пересування. Навіть, якщо RFID-мітка матиме інформацію про те що далі знаходиться сходина чи за метр встановлена колона, мітка ніяк не допоможе уникнути дверей попереду, які різко відчиняються чи людину, яка відволіклась на телефон і є перешкодою, яку потрібно оминати.

Із недоліками попередніх методів можна справитись використовуючи комп'ютерний зір. Так в статті [10] описують використання технології SLAM для навігації в приміщенні людей з вадами зору. А вже в [11] демонструється використання технологій SLAM в поєднанні із розпізнаванням об'єктів. Це в поєднанні створило можливість для більш безпечного пересування в приміщенні, надає можливість до взаємодії із навколишнім світом (шляхом розпізнавання об'єктів), але все ще не вирішені проблеми знаходження необхідного місця призначення на мапі, планування шляху та інтерфейс взаємодії із користувачем є обмеженим простими командами.

Базуючись на попередньо розглянутих статтях, є актуальною задача дослідження провести дослідження даної області і запропонувати інформаційну систему навігації в приміщенні для людей з вадами зору, яка б могла вирішити основні недоліки попередньо розглянутих систем і зробити можливим масове використання запропонованої системи. Тому для запропонованої системи є критичними наступні характеристики:

- відносно низька вартість впровадження системи;
- можливість масштабування і по кількості користувачів, і по кількості будинків у системі;
- безпечність користування;
- можливість динамічної взаємодії із світом;
- можливість планування шляху;
- зручний та простий інтерфейс взаємодії із системою.

В наступних розділах буде проведений огляд системи та її частин, будуть вибрані конкретні алгоритми для частин системи, проведене тестування та опис імплементації системи.

## Висновки

1. Визначена актуальність розробки інформаційної системи для навігації в приміщенні людей з вадами зору.
2. Проведений детальний огляд існуючих рішень, які намагаються вирішити проблему. Проаналізовано рішення, які базуються на технологіях радіолокації та технологіях комп'ютерного зору. Визначені їхні недоліки та переваги.
3. На основі проведеного детального огляду літератури сформульована задача створення інформаційної системи навігації в приміщенні для людей з вадами зору.

## **РОЗДІЛ 2**

### **ВИЗНАЧЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ НАВІГАЦІЇ В ПРИМІЩЕННІ ДЛЯ ЛЮДЕЙ З ВАДАМИ ЗОРУ, ПІДБІР ЇЇ ЧАСТИН**

#### **2.1. Постановка проблематики**

Щоб допомогти користувачу в навігації, необхідно дати відповіді на наступні питання:

1. Де людина знаходиться? Це необхідно, щоб правильно провести людину до цьогового місця. Відповідь дають системи локалізації.
2. Куди людина хоче потрапити? Для того людину почати вести кудись, спочатку потрібно встановити ціль. Відповідь – системи розпізнавання цілі.
3. Як людині дістатись до точки призначення? Відповідь – модулі знаходження шляху, відслідковування шляху і модуль детекції перешкод на шляху.

#### **2.3. Вимоги до інформаційної системи**

Основними пріоритетами під час розробки інформаційної системи є безпека користувачів та висока якість роботи системи локалізації. Тому для забезпечення високої якості використання системи були виділені наступні вимоги:

- безпечність переміщення – визначення чітких меж приміщення, для уникнення нещасних випадків;
- можливість взаємодії з навколишнім світом – визначення місцезнаходження необхідних предметів та уникнення перешкод;
- використання в будь-якому спеціально не пристосованому приміщенні – приміщення не переобладнується заздалегідь, не

вимагає зусиль та витрат від власників приміщень для підтримки та впровадження інформаційної системи;

- масова доступність – використання тільки загальнодоступних приладів та технологій без залучення спеціалізованих;
- простий та зрозумілий інтерфейс взаємодії із користувачем;
- стійкість та надійність при збільшенні кількості користувачів.

### 2.3. Опис системи

Архітектура системи має дві частини: частина користувача та частина сервера. Для того щоб розглянути кожен із частин спочатку буде описано високорівневу логіку роботи системи, потім після цього будуть описані деталі.

Як вже було зазначено, що запропонована інформаційна система має надавати можливість навігації людей з вадами зору в приміщенні. Важливо відмітити, що система розрахована для використання лише в приміщенні, неможливе її використання ні на вулиці, ні в транспорті. Хоч система має можливість для розширення в майбутньому до використання в середовищах поза будівлями.

Розглянемо повний процес роботи системи на прикладі однієї будівлі. Процес складається з двох етапів: офлайн відображення будівлі та безпосередня навігація користувачів в даній будівлі.

Перший етап є етапом додавання будівлі до системи і він складається із наступних пунктів:

1. Користувач або власник будівлі записує відео переміщення по будівлі, проходячи через всі коридори і якщо можливо то і кабінети.
2. Користувач завантажує відео створене на попередньому кроці в систему через веб-застосунок. Користувач має додати до відео ще і дані про положення будівлі – GPS координати та її адресу.



3. На сервері відбувається тривимірна реконструкція будівлі і в результаті отримується її мапа, яка готова до завантаження користувачами для її використання під час навігації. Тільки до цього, ще власник будівлі маркує всі ключові місця його приміщення, щоб можна було здійснювати планування по ньому.

Другий етап – етап використання інформаційної системи навігації користувачем із вадами зору для безпосередньої навігації в приміщенні.

Етап складається із наступних кроків:

1. Ініціалізація. Користувач підходить до будівлі і повідомляє свої GPS координати або адресу будівлі, у відповідь система надсилає мапу приміщення на телефон агента та ініціалізує його на вході.
2. Встановлення цілі. Агент встановлює ціль у вигляді адреси кабінету або може увімкнути режим дослідження будівлі.
3. Активна робота системи. На третьому етапі агент знаходиться у приміщенні і має робити відеозйомку перпендикулярно підлозі. Використовуючи потік зображень, виконується локалізація користувача на мапі.
4. Досягнення цілі. Після досягнення цілі можна встановити нову або вимкнути систему.

Із вищенаведеного опису роботи можна чітко визначити відповідальності кожної із сторін (користувача і сервера) і як наслідок визначити алгоритми, які для цього необхідні.

Для серверної частини, не враховуючи веб-застосунок, інтерфейс та сховище, необхідні офлайн система тривимірної реконструкції будівлі, система ручного коригування виходу алгоритму, алгоритми побудови дво- та тривимірної мапи. Вихідні мапи будуть завантажуватись користувачами системи для навігації в будівлі. Саме по цих мапах будується відбувається глобальне планування переміщення користувача

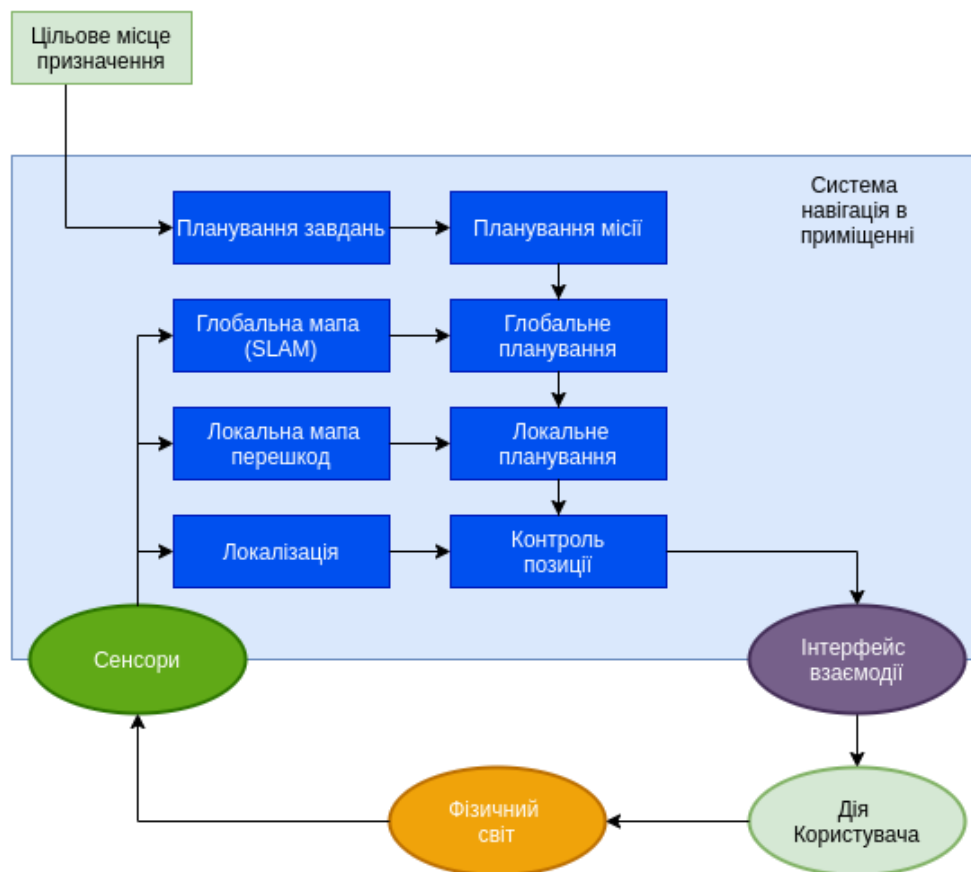


Рис. 2.1 Схема роботи інформаційної системи навігації на стороні користувача.

Для виконання завдання навігації в приміщенні необхідно виконувати локалізацію, тривимірне відображення середовища, детекцію перешкод, локальне та глобальне планування, відслідковування користувача на мапі і мати інтерфейс взаємодії користувача із пристроєм. Високорівнева схема застосунку для навігації наведена на рисунку 2.1. Детальний опис кожного із модулів проводиться в наступних частинах розділу, після опису вимог до системи.

#### 2.4. Система локалізації та тривимірної реконструкції середовища

Система локалізації в приміщенні може бути двох типів: радіо локалізація та локалізація на базі візуальної інформації.

В радіолокалізації можна виділити наступні засоби лідери, сонари, RFID, Bluetooth, Wi-Fi сигналами. Лідар дозволяє досягати сантиметрової

точності тривимірної реконструкції, але його основними недоліками є вартість та прозорість деяких об'єктів для лідара. Сонар в свою чергу вирішує попередні недоліки лідара, але він відсутній в пристроях користувачів та має невеликий діапазон роботи. Як попередньо зазначалось, що RFID мітки можуть використовуватись, але якість локалізації залишається низькою. Здавалося, що ідеальним рішенням є сигнал Wi-Fi, тому що він є у всіх пристроях користувачів і поширений у багатьох приміщеннях. Оскільки Wi-Fi мережі налаштовуються для забезпечення максимальної швидкості передачі даних, а не для можливості її використання для локалізації користувачів, тому неможливо використовувати Wi-Fi сигнал за існуючих умов.

Дана робота зосереджена саме на методах локалізації та тривимірної реконструкції на основі візуальної інформації, а саме вхідного потоку зображень. Камери, які необхідні для даної локалізації також як і Wi-Fi є практично на кожному смартфоні і до того ж сучасні смартфони мають достатню обчислювальну потужність для забезпечення роботи методів локалізації та розрідженої тривимірної реконструкції.

Найпростішим прикладом локалізації користувача, на основі комп'ютерного зору, в приміщенні є локалізація за допомогою сканування QR-кодів. Явними недоліками цієї системи є складність пошуку міток для людей з вадами зору та низька якість локалізації. Більш того неможливо уникати динамічні перешкоди, які виникають під час пересування в приміщенні. Тому цей метод використовується лише для роботів у складських приміщеннях.

Тому вважаю доцільним використовувати SLAM. SLAM одночасно виконує локалізацію та тривимірне відображення середовища із вхідного потоку зображень. В свою чергу це дозволяє виконувати планування та уникнення перешкод в реальному часі, тому можливо використовувати систему в динамічному середовищі.

### **2.4.1. Завдання алгоритму SLAM**

Зазвичай SLAM алгоритми мають три основних паралельних процесів: відслідковування, тривимірного відображення, детекція циклів шляху (англ. loop closure). Завдання першого – знаходити відносне положення камери, відносно початкового положення. Для цього використовуються ключові точки зображення, які попередньо генеруються генератором ключових точок. Варто зазначити, що ключові точки-дескриптори є унікальними і алгоритм відслідковування, відслідковує між кадрами саме їх. Завдання модулю відображення – додавати точки в локальну розріджену тривимірну мапу і потім оптимізувати вже існуючу мапу на основі отриманих точок. Також відбувається локальна корекція траєкторії руху (англ. bundle adjustment) [12] для зменшення дріфту, який накопичується з часом. Алгоритм детекції циклів знаходить цикли траєкторії по зображенням, точніше їх ключових точках. Після того як знаходиться цикл, тоді відбувається повторна оптимізація траєкторії руху, але вже глобальна, яка зменшує помилку локалізації.

### **2.4.2. Використання алгоритму SLAM**

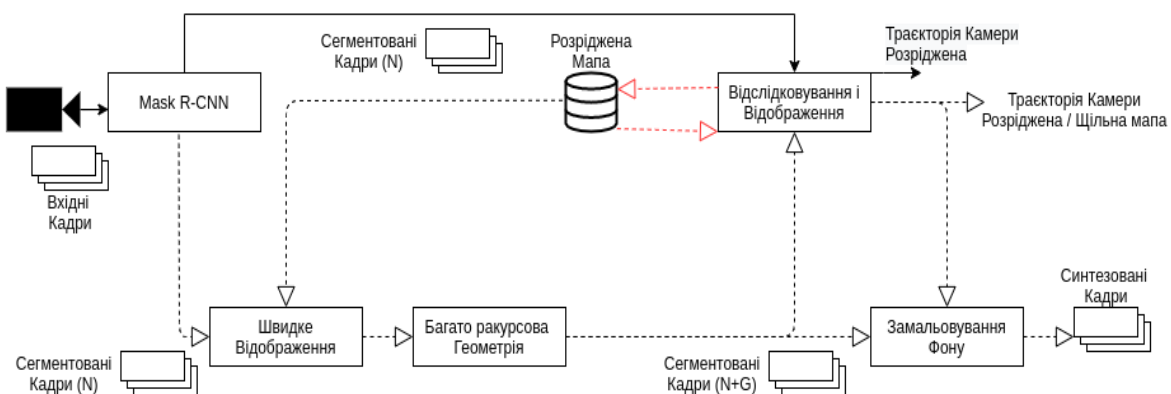
В запропонованій інформаційній системі алгоритм SLAM використовується в обох етапах використання системи і для створення мапи середовища на стороні сервера, і для навігації користувачем вже по збудованій мапі. Різницею між налаштуваннями алгоритмів SLAM для обох частин є більша надлишковість серверного SLAM для створення деталізованої та точної мапи. Виконання на серверній стороні цього етапу дозволяє залучити більше обчислювальних ресурсів та не вимагає роботи в реальному часі.

Після того як користувач вибрав будівлю, зайшов в неї та встановив точку призначення, починається безперервна робота алгоритму SLAM.

Для навігації користувач використовує той самий алгоритм SLAM, але вже має попередньо завантажену мапу приміщення із сервера застосунку. Таким чином планування шляху та локалізація користувача на мапі відбувається вже на існуючій мапі. Це дозволяє знизити навантаження на мобільний пристрій користувача та пришвидшити роботу застосунку. Ключові точки із поточного кадру співставляються із ключовими точками попереднього кадру та із точками із ключових кадрів існуючої мапи, після цього обчислюються матриці трансформацій і будується частина траєкторії від попереднього кадру до поточного.

Цікавим випадком роботи системи є підйом користувача з одного поверху на інший. Мапа будівлі представляє собою набір мап кожного із поверхів. Після того як користувач змінює поверх будівлі він ініціалізується додатком в стартовій точці мапи поверху. Таким чином помилка, яка акумулювалась на попередньому поверсі нівелюється повністю.

Частковим випадком роботи SLAM в запропонованій інформаційній системі є навігація в приміщенні без попередньо отриманої мапи. В такому випадку не можна встановити цільове приміщення в будівлі, хоча і тут система буде корисною для пересування



та уникнення перешкод.

Рис. 2.2 Блок діаграма DynaSLAM [13]. Алгоритм може приймати вхідні дані із монокулярної та стереокамер також і RGB-D зображення із сенсорів типу Microsoft Kinect. Чорна безперервна лінія відображає роботу із зображеннями отриманих із монокулярних та стерео камер. Варто зазначити, що зображення подається на Mask R-CNN [15], де відбувається сегментація апіорі рухомих об'єктів.

### **2.4.3. Вибір алгоритму SLAM**

Прийнято рішення використовувати алгоритм DynaSLAM [12], який використовує в основі ORB-SLAM2 [14] для вирішення проблеми SLAM. Повна схема наведена на рисунку 2.2. Обрано є DynaSLAM, тому що даний алгоритм SLAM показує в порівнянні з іншими довгострокову стабільність в роботі. Більш того його особливістю є те, що світ не розглядається як статичне середовище. Тому автори DynaSLAM додали детекцію рухомих об'єктів, що дозволяє розпізнавати їх як перешкоди і використовувати цю інформацію для локального планування, уникнення перешкод. Також детекція рухомих об'єктів дозволяє видалити їх із результуючої мапи, яка створюється на стороні сервера. Важливо зазначити, що алгоритм вже включає в собі блок детекції та розпізнавання об'єктів, що дозволяє робити алгоритм відкритим для майбутніх покращень. В поточній версії інформаційної системи ми не будемо використовувати розпізнавання об'єктів, на стороні користувача, на основі нейронних мереж, тому що це значно збільшує навантаженість на смартфон і може призвести до уповільнення роботи системи на окремих моделях смартфонів. Щодо можливості до покращень, то DynaSLAM може використовуватись з різними видами камер включаючи стереопари.

### **2.5. Пошук шляху**

Алгоритм пошуку шляху знаходить глобально найкоротший або оптимальний шлях до цілі.

Після отримання розрідженої тривимірної мапи із SLAM відбувається її перетворення в PoI-граф [16]. Граф використовується для планування в приміщенні шляху до цілі. Після того як складений глобальний план руху - від початкової точки до точки призначення користувача, користувач може починати рух. Під час переміщення агента до цільової точки виконується також локальне (динамічне) планування. Воно враховує всі відхилення користувача від складеного маршруту, наприклад, із-за виникнення перешкоди. Це в свою чергу забезпечує безпеку пересування. Тому використовується два модулі планування шляху.

Для пошуку глобального найкоротшого шляху використовується алгоритм A\* [17]. Даний алгоритм вибраний, тому що він гарантує знаходження глобально найкоротшого шляху на мапі, за умови якщо такий існує. Алгоритм використовує евристичні функції для знаходження шляху і тому в залежності від евристики може споживати різну кількість пам'яті та обчислень. В запропонованій інформаційній системі в якості евристики використовується евклідова відстань. Основним недоліком алгоритму є потреба пам'яті для збереження всіх відомих вершин, але оскільки на одному поверсі будівлі практично з однієї вершини можна піти не більше ніж в 5 напрямках. Тому алгоритм A\* є достатнім для використання у випадку інформаційної системи для навігації людей з вадами зору.

## 2.6. Модуль детекції перешкод

В даній роботі використовується модуль детекції перешкод, який базується на потоці зображень, згідно із класифікацією за типом сенсорів.

З одного боку пошук рухомих перешкод виконується алгоритмом DynaSLAM, а з іншого пошук статичних перешкод виконується шляхом сегментації підлоги і об'єктів на ній, алгоритм базується на [18].

## 2.7. Модуль відслідковування шляху

Завдання модулю відслідковування шляху – переконатись, що користувач дотримується попередньо запланованого шляху.

Модуль відслідковування отримуємо наступні вхідні аргументи:

- найкоротший шлях отриманий із алгоритму пошуку найкоротшого шляху,
- поточна позиція агента, яка визначається алгоритмом SLAM,
- можливі шляхи уникнення, які згенеровані модулем детекції перешкод.

Як вихід отримуємо інформацію про те що користувач слідує шляху до цілі та не відхиляється від неї і також навігаційну інформацію, про те куди йти далі. Алгоритм відслідковування шляху використовується із [19]. Алгоритм відслідковування шляху працює до моменту досягнення цілі користувачем.

## 2.8. Інтерфейс взаємодії користувача із застосунком

Інтерфейс взаємодії користувача із застосунком виконує дві наступні функції: перше, забезпечити ефективний опис навколишнього середовища; друге, надати чіткий набір команд для керування застосунком і встановлення мети.

### 2.8.1. Взаємодія додаток – користувач

Даний тип взаємодії призначений для скеровування користувача в потрібному напрямку базуючись виходах алгоритму відслідковування шляху. Необхідно забезпечити мінімальну кількість сигналів для спрощення користування навігаційною системою.

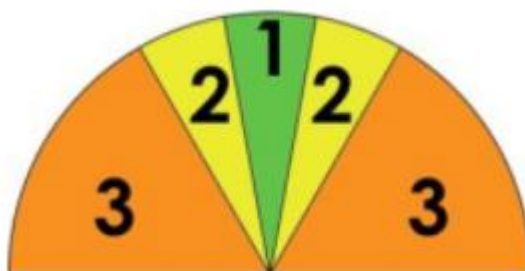




Рис. 2.3. Зони корекції шляху.

Коригування кожного кроку користувача чи кожного малого відхилення призведе до складності взаємодії із застосунок і занадто часто увага користувача буде спрямована на сам застосунок, а не на навігацію в приміщенні з чим і додаток має допомагати. Тому корекція буде відбуватись не по абсолютних значеннях (наприклад, кут на який потрібно відкоригувати траєкторію), а по відносних. Таким чином було взято за основу спосіб корекції із [20]. Виділяється 3 наступних зони для корекції шляху (рисунок 2.3):

- від -10 до 10 градусів - перша (зелена) зона, тут корекція не потрібна;
- від -11 до -30 чи від 11 до 30 – друга (жовта) зона, потрібна невелика корекція;
- від -31 до -90 чи від 31 до 90 – третя (помаранчева) зона, тут потрібна значна корекція напрямку.

Тепер щодо вибору способу сповіщень для користувача. Для даного застосунку смартфон дозволяє робити це двома способами. Перший – звукові команди, другий – вібрації, які відрізняються інтенсивністю. Кожен із способів є простим для імплементації, тому вони присутні обоє. Користувач робитиме вибір сам зважаючи на зручність користування і в залежності від умов використання. Так, наприклад, в шумному приміщенні недоцільно використовувати звукові сповіщення, тому що їх можна не розчути або ж користувач матиме спрямовувати всю свою концентрацію на застосунок. В таких випадках краще використовувати вібруючі сигнали.

### **2.8.2. Взаємодія користувач – додаток**

Ціль даної взаємодії – надати користувачу можливість керувати застосунок для вставлення, корегування та досягнення бажаної цілі

навігації. Виділено два способи сприйняття інформації від користувача: голосові команди та ввід інформації та спосіб взаємодія через дисплей смартфона.

Взаємодія через голосові команди видається зручним способом, але з ним виникають труднощі, які зводяться до складності забезпечення мовного різноманіття в застосунку, щоб задовольнити людей з вадами зору із будь-якої країни світу. Якщо навіть не враховувати алгоритмічну складність розпізнавання голосу, то виникають ще проблеми із пам'яттю, тому що мовні моделі займають багато пам'яті і більш того вимагають великої кількості обчислювальних ресурсів, які так необхідні для SLAM. Також виникає вірогідність неправильного розпізнавання голосової команди.

Враховуючи всі труднощі з голосовою взаємодією прийняття рішення використовувати взаємодію через дисплей телефону. Інтерфейс має бути максимально простим для налагодження взаємодії. Вимоги до сторінок застосунку:

- кількість сторінок має бути мінімальною;
- на одній сторінці має бути від 1-7 великих зон для натискання;
- текст який є на екрані і буде озвучуватись має бути лаконічним та чітко відображати простір можливих дій.

Практична реалізація інтерфейсу користувача приводиться в розділі 3.

## Висновки

1. Висунуті вимоги до інформаційної системи, яким вона має задовольняти. Задовольнивши вимоги, систему можна використовувати для навігації в реальному приміщеннях, зберігаючи безпеку користувачів та захищеність їхніх даних.
2. Запропонована інформаційна система.

3. Проведений детальний опис кожного із модулів системи та їх призначення. Даний опис необхідний для подальшої програмного реалізації системи та її тестування.
4. Порівняно складові алгоритми системи та вибрані ті, які задовольняють вимогам. Алгоритми та їх поєднання задовольняють початково висунутим вимогам.
5. Встановлений інтерфейс взаємодії користувача із застосунком. Інтерфейс забезпечує доступність інформаційної системи та можливість її використання за умови великого шуму і його відсутності.

### РОЗДІЛ 3

## РОЗРОБКА АРХІТЕКТУРИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ НАВІГАЦІЇ В ПРИМІЩЕННІ ДЛЯ ЛЮДЕЙ З ВАДАМИ ЗОРУ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЇЇ ОБМЕЖЕНЬ

Запропонована інформаційна система є стійкою до збільшення кількості користувачів. Під час розробки системи було важливим зберігати незалежність кожної із частин системи для легкого їх покращення чи заміни однієї частини без зміни інших. Тому імплементація системи проводиться за принципами розподілених систем. Високорівнева схема сервісу зображена на рисунку 3.1.

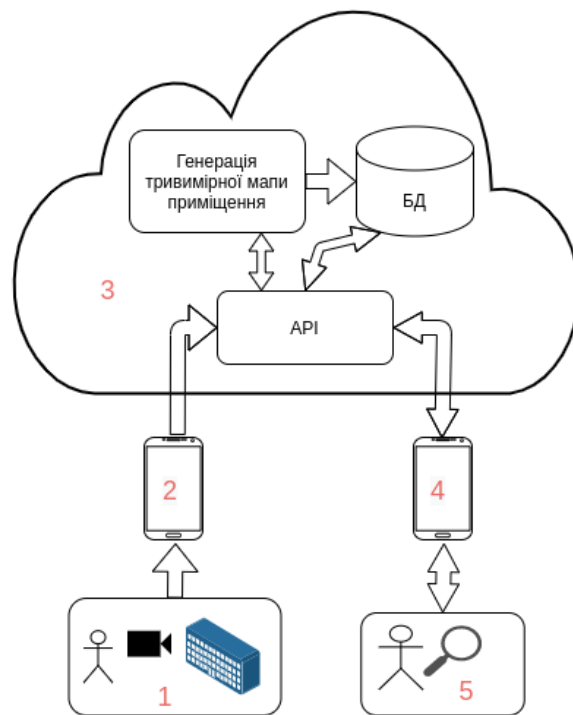


Рис. 3.1 Високорівнева схема сервісу.

На ньому присутні наступні позначення: 1 – користувачі, які виконують відеозапис будівлі та вивантажують її через мобільний застосунок 2 на сервери сервісу 3. На стороні сервісу відбувається генерація тривимірної мапи будівлі і потім вона зберігається в базі даних. Користувачі із вадами зору 5 завантажують необхідну мапу будівлі через

мобільний застосунок 4. Мобільні застосунки 2 і 4 можуть бути однаковими або різними.

### 3.1. Сторона сервера

Частини системи, які перебувають на серверному боці всі працюють як окремі мікросервіси у власних контейнерах. Взаємодія відбувається через визначене API. Таким чином при збільшенні кількості користувачів відносно легко можна масштабувати систему з одного сервера на їх кластер. На рисунку 3.2 привада розроблена схема веб-сервісу інформаційної системи.

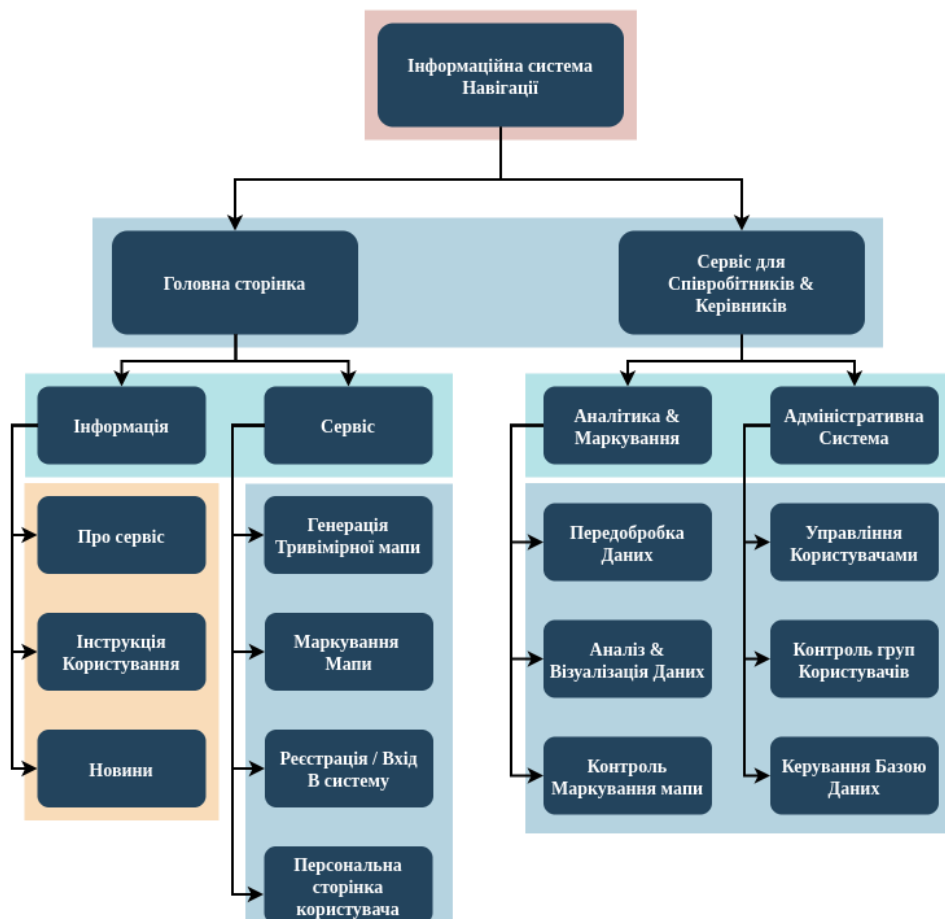


Рис. 3.2 Веб-сервіс запропонованої інформаційної системи.

Він складається із двох частин: перша для користувачів сервісу, інша для співробітників та розробників системи.

Можна зазначити, що сервіс розділений на дві основні частини – частина користувачів та частина співробітників. В частині для користувачів є інформаційні сторінки, які позначені помаранчевим. Їх основна ціль – надати загальну інформацію користувачам про сервіс та його важливі новини. Друга гілка користувацької частини призначена для користувачів, які вивантажують карту будівлі та маркують її. Після вивантаження відео, генерується тривимірна мапа і потім користувач маркує важливі місця в будівлі. Друга частина інформаційної системи призначена для співробітників, які вже контролюють користувачів, надають в разі необхідності їм допомогу та верифікують додані будівлі для створення максимальної безпеки користування сервісом.

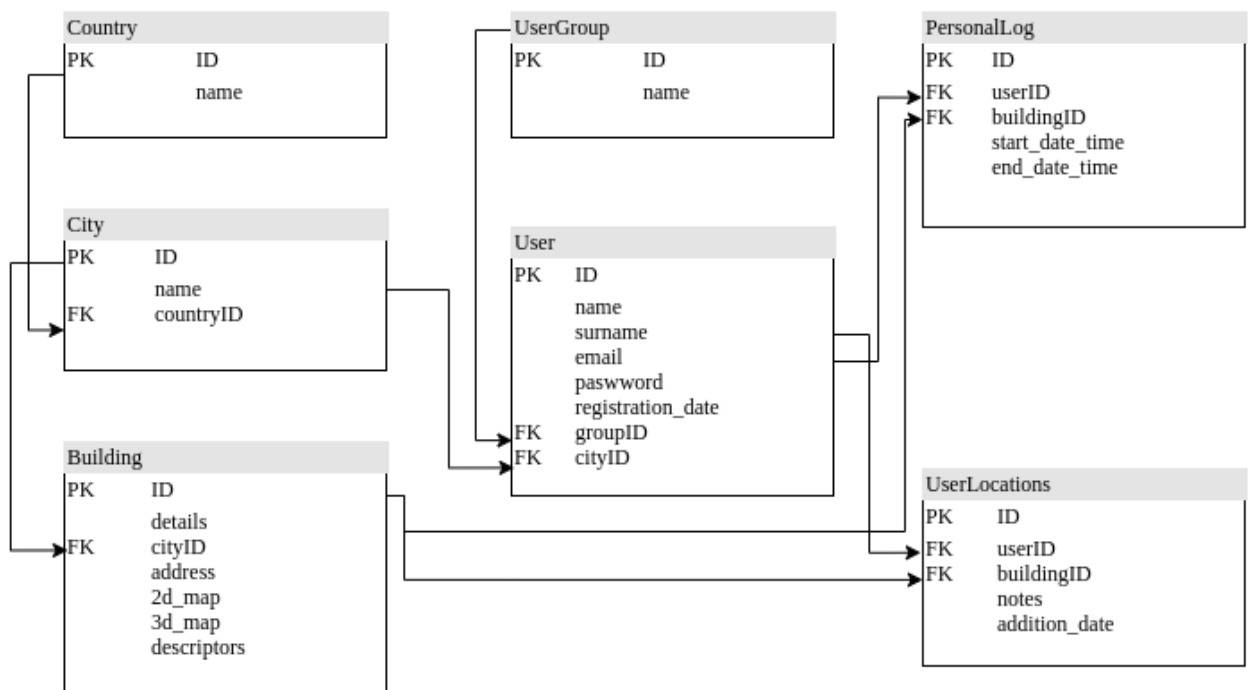


Рис. 3.3 Схема бази даних інформаційної системи.

Розроблена схема бази даних для зберігання даних користувачів та інформацію про будівлі. Схема зображена на рисунку 3.3. Схема бази даних відображає відносини між користувачами, те як вони отримують та завантажують дані і також, які дані про користувачів зберігаються.

Варто зазначити, що одним із пріоритетів, є забезпечення інформаційної безпеки даних користувачів та бази даних тривимірних мап будівель. Тому дані мають зберігатись в зашифрованому вигляді.

### 3.2. Сторона користувача

Під час розробки архітектури сервісу на стороні користувача було важливим зберігати простоту використання, інклюзивність, безпечність та швидкість роботи застосунку. Щодо швидкості є важливо зауважити, що алгоритми SLAM є обчислювально дорогими, тому важливою є їх оптимізована імплементація в пристрої.

На стороні користувача є інформаційна складова, складова взаємодії користувача із застосунком та складова інформаційної системи. В мобільному застосунку відбувається повний процес навігації із використанням алгоритмів, які описані в розділі 2.

#### 3.2.1. Інтерфейс користувача

Необхідно забезпечити максимальну зручність користування застосунком та спростити процес вивчення його можливостей, тому враховуючи вимоги до сторінок інтерфейсу користувача із розділу 2, розроблені сторінки інтерфейсу користувача:

- стартовий екран,
- пошук будівлі,
- встановлення цілі,
- сторінка під час навігації,
- сторінка після досягнення цілі.

Основні сторінки інтерфейсу користувача приведені на рисунку 3.4.

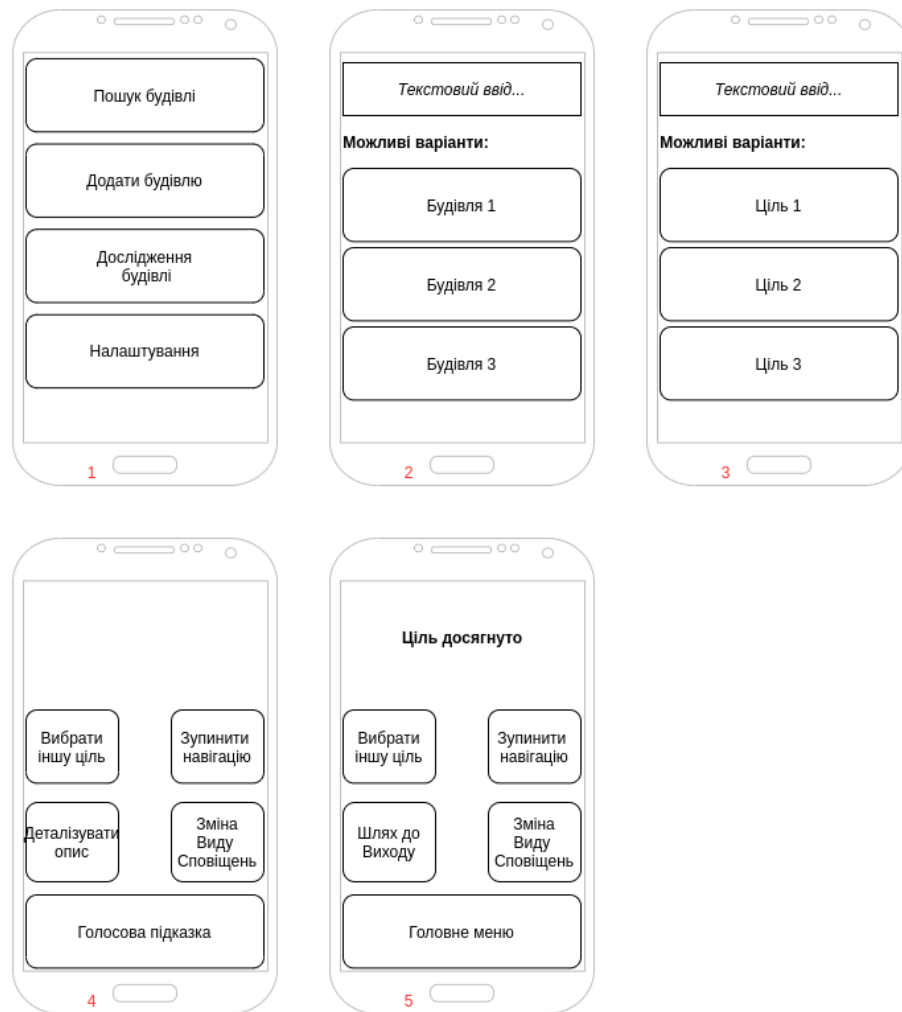


Рис. 3.4 Основні сторінки інтерфейсу користувача для використання застосунку. На екрані 1 - інтерфейс початкового екрану; 2 – інтерфейс вибору будівлі; 3 – вибір цілі в будівлі; 4 – екран під час навігації, дозволяє взаємодіяти користувачу із застосунком під час досягнення цілі для відповіді на питання користувача та збільшення деталізації маршруту; 5 – екран після досягнення користувачем цілі.

Інтерфейс користувача на кожній із сторінок має невелику кількість можливих дій, кількість сторінок також є невеликою. Великі кнопки, їх розташування, можливість голосових підказок надають інклюзивність та простоту у використанні.



### 3.5. Опис можливих покращень системи

Покращення можна досягти двома шляхами. Перший, оптимізація програмного забезпечення та покращення окремих модулів та алгоритмів системи. Другий, покращення шляхом використання додаткових фізичних ресурсів: сенсорів та обчислювальних ресурсів.

#### 3.5.1. Покращення програмного забезпечення

Перевагою таких покращень для користувачів є необхідність лише оновити програмний застосунок, на відміну від покращення технічних засобів.

Додавання алгоритмів розпізнавання об'єктів дозволить підвищити рівень взаємодії користувача із середовищем. Це є необхідним із-за відсутності в більшості місць дублювання написів шрифтом Брайля.

Використовуючи інформацію із гіроскопа мобільного пристрою, можна покращити якість локалізації на мапі і зменшити помилку, яка накопичується із часом під час руху.

#### 3.5.2. Покращення за допомогою використання додаткових фізичних ресурсів

Цільовою платформою для використання запропонованої інформаційної системи є мобільні пристрої користувачів, а саме їхні смартфони. Цей вибір з одного боку дозволяє зробити систему більш доступною, а з іншого накладає обмеження пов'язані із смартфонами – їхній набір сенсорів та обчислювальні потужності. Ще великим недоліком мобільних платформ є змінність необхідних сенсорів, що може призвести до різної якості роботи інформаційної системи, в залежності від характеристик окремого смартфона. Тому в якості покращень можна використовувати додаткові пристрої та сенсори.

Використання сонарів. Сонар є пристроєм для виявлення об'єктів, який випромінює звукові хвилі, які в свою чергу відбиваються від об'єктів і по відбитій хвилі можна дізнатись відстань до об'єкта, знаючи

фізичні характеристики хвилі. Використання сонару допомогло б покращити локальне планування та уникнення перешкод користувачем, за рахунок більш деталізованої локальної мапи отриманої із даних сонара.

Лідар є схожим за принципом роботи на сонар, але використовує світлові імпульси для вимірювання дистанції до об'єктів. Комбінація тривимірного лідару та зорової системи так само як і комбінація зорової системи із сонаром покращить локальне планування та виявлення об'єктів. Лідар порівнюючи із сонаром має більшу дальність дії.

Також створивши систему стереозору можна значно покращити якість реконструкції середовища. Навіть використання камери із матрицею типу риб'яче око [21] дозволить збільшити кут огляду і з одного кадру можна буде отримувати більше ключових точок. Хоча при використанні таких лінз потрібно враховувати, що виникають радіальні викривлення зображення. Для його вирівнювання є необхідним калібрування такої оптичної системи.

Використання додаткових фізичних ресурсів призводить до збільшення складності розробки та комплексності системи, але може відбутись значне покращення роботи системи. Тому в даній роботі був обраний шлях використання мобільних пристроїв.

### 3.6. Обмеження використання системи

Головною ціллю системи є безпечна навігація людини із вадами зору в приміщенні, яке є достатньо освітленим, але спеціально не обладнане. Необхідно забезпечити безпечність та межі використання системи. Критичним є розуміння меж використання для запобігання нещасних випадків для користувача.

Система призначена тільки для використання в приміщеннях. Вона не є налагодженою для використання в громадському транспорті чи на вулиці, де середовище є більш динамічним та більш змінним. Хоча система в подальшому і має можливість до такого розширення.

Наступне обмеження пов'язане із швидкістю роботи системи та її доступністю. Як було зазначено система може використовуватись і в приміщеннях, мапа яких вже відома і вона є завантаженою на пристрій користувача. Так можна використовувати і в приміщення, де мапа завідомо ще не відома і не отримана користувачем. В цьому випадку це означає, що система SLAM буде вимагати більшу кількість обчислювальних ресурсів мобільного пристрою користувача. В свою чергу це може призвести до уповільнення роботи застосунку, якщо смартфон не є достатньо потужним і як наслідок уповільнення навігації користувача в приміщенні. Важливо зазначити, що безпека є пріоритетом, тому швидкість навігації буде знижена із-за виконання додаткових обчислень для збереження безпеки використання.

Обмеження використання застосунку в приміщеннях, які мають велику кількість світлорефлективних поверхонь. Дане обмеження є таким для використання лише із камерою в якості сенсора. На флагманських моделях смартфонів вже встановлюються лідари, тому через кілька років, коли технологія стане більш доступною і цю проблему можна вирішити використовуючи дані із такого типу сенсорів.

Також інформаційній системі є необхідними дані енергоспоживання смартфоном для того щоб розраховувати чи буде достатньо заряду батареї для успішної навігації у заданому приміщенні. Це є наступним обмеженням вже не самої системи, а пристрою в цілому. Також якщо телефон працює в енергозберігаючому режимі, де обмежується до певного рівня (який задається виробником) використання обчислювальних ресурсів смартфона: графічного та центрального процесорів. В цих випадках також неможливо передбачити швидкість роботи застосунку на основі запропонованої інформаційної системи, тому що залежить від марки телефона, його моделі, терміну експлуатації та інших факторів, які є невідконтрольними для системи навігації.

У вимогах до середовища використання вже було згадано про забезпечення необхідного рівня освітленості приміщення для можливості використання системи. При низькій освітленості чи в сутінках на вхідному потоці кадрів буде велика кількість шумів та низька деталізація. Це унеможливорює або значно погіршує використання алгоритмів системи для навігації.

### Висновки

1. Описана архітектура системи та її основних складових частин. Проведений опис високорівневої архітектури та ролей кожного із користувачів, що є важливим для розуміння архітектури системи в цілому.
2. Описано кожну із сторін інформаційної системи, в контексті клієнт-серверної архітектури. Первинна побудова тривимірної мапи будівлі винесена на сторону сервера по причинах збереження безпеки алгоритму відображення та зменшення обчислювального навантаження на мобільні пристрої користувачів.
3. Побудована структура бази даних веб-сервісу, яка також розроблена із урахуванням можливостей до масштабування, безпеки та приватності користувачів.
4. Розроблено дизайн інтерфейсу користувача, який забезпечує простоту навчання користуванню та використання мобільного застосунку інформаційної системи. Інтерфейс користувача також забезпечує інклюзивність використання застосунку, згідно встановлених в розділі 2 вимог.
5. Визначені можливі покращення до системи при збільшенні кількості користувачів. Розглянуті шляхи покращення системи і шляхи покращення алгоритмічної складової, шляхи покращень електронно-технічної складової системи.

6. Визначені обмеження використання системи. Це є необхідним для забезпечення максимальної безпеки користувачів під час використання системи та для уникнення нещасних випадків.

## РОЗДІЛ 4

### РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ

Розділ має на меті проведення маркетингового аналізу стартап проекту задля визначення принципової можливості його ринкового впровадження та можливих напрямів реалізації цього впровадження.

#### 4.1. Опис ідеї проекту

Продуктом є сервіс запропонованої інформаційної системи навігації в приміщенні для людей з вадами зору. Детальний зміст наведений в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1.

Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Користь для користувача
<p>Ідея полягає в створенні можливості для навігації людей з вадами зору в спеціально не пристосованих для цього приміщеннях. Наприклад, магазинах, комунальних приміщеннях, державних органах чи будь-яких інших. Приміщення має задовольняти вимогам до середовища використання. Ця можливість реалізується за допомогою веб-сервісу та мобільного застосунку на базі комп'ютерного зору. Веб-сервіс виконує наступні функції: отримання відео від</p>	1. Навігація людей з вадами зору в приміщенні.	Можливість безпечної навігації в непристосованому приміщенні.
	2. Навігації працівників надзвичайних служб, наприклад, пожежників під час гасіння пожежі.	Можливість планування спецоперації та відслідковування кожного її учасника на 3 вимірній мапі приміщення.
	3. Створення тривимірної мапи приміщення для подальшого її використання в плануванні приміщення.	Зручна можливість роботи із отримання 3 вимірної мапи приміщення.
	4. Створення детального плану приміщення.	Зменшення витрат на послуги створення детального плану приміщення під час його будівництва.

Продовження таблиці 4.1.

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Користь для користувача
користувача, створення з нього тривимірної мапи, збереження мапи. За допомогою мобільного додатку користувач здійснює навігацію в цільовому приміщенні.	5. Автоматичне створення шляхів евакуації на детально створеній мапі.	План евакуації створюється на основі алгоритмів знаходження найкоротшого шляху, тому він буде формально обгрунтованим

Продуктом є асистент, тому далі буде проведений порівняльний аналіз із проектами конкурентів. Порівняння проводиться із наступними проектами-конкурентами:

- ізраїльський стартап RightHear;
- продукт LowViz австрійської компанія indoo.rs;
- компанія DotProduct LLC, яка розташована в Бостоні.

Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту, порівнюючи із проектами конкурентів наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2.

Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	RightHear	LowViz	DotProduct LLC			
1.	Вартість обслуговування	Середня	Висока.	Низька.	Середня			так
2.	Вартість експлуатації	Низька	Низька	Низька	Низька		так	

## Продовження таблиці 4.2.

№ п/п	Техніко- економічні характеристик и ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтрал ьна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	RightHe ar	LowViz	DotProd uct LLC			
3.	Оціночна швидкість роботи	Середн я	Висока	Висока	Середн я		так	
4.	Вірогідність помилкової підказки в навігації	Низька	Низька	Низька	Низька		так	
5.	Детерміністич ність роботи	Середн я	Висока	Висока	Середн я	так		
6.	Безвідмовніст ь	Середн я	Середн я	Висока	Середн я		так	
7.	Ремонтоприда тність	Висока	Середн я	Висока,	Середн я			так
8.	Безпечність використання	Висока	Низька	Низька	Середн я			так
9.	Зручність взаємодії із пристроєм	Висока	Середн я	Середн я	Середн я			так
10.	Простота набуття навичок	Середн я	Висока	Висока	Низька		так	
11.	Зручність використання	Висока	Середн я	Середн я	Низька			так
12.	Динамічність використання	Висока	Низька	Низька	Середн я			так
13.	Можливість унікнення перешкод	Є	Немає	Немає	Є			так



Коментарі до таблиці 4.2:

1. Вартість експлуатації.

- ***Miй проект:*** потребує обслуговування лише інформаційної інфраструктури.
- ***RightHear:*** Обслуговування інформаційної інфраструктури та фізичної (сенсорів).
- ***LowViz:*** Обслуговування інформаційної інфраструктури.
- ***DotProduct LLC:*** Обслуговування інформаційної інфраструктури та фізичної (камери).

3. Оціночна швидкість роботи:

- ***Miй проект:*** залежить від обчислювальних потужностей пристрою користувача.

5. Детерміністичність роботи:

- ***Miй проект:*** залежить від якості отриманого зображення в систему.
- ***RightHear:*** завідомо відомі всі можливі випадки спрацювання сенсорів.
- ***LowViz:*** мала кількість степеней вільності системи.
- ***DotProduct LLC:*** залежить від якості отриманого зображення в систему.

6. Безвідмовність:

- ***Miй проект:*** залежить від вхідних даних та навколишніх умов.

7. Ремонтопридатність:

- ***Miй проект:*** потребує лише зміни в ПЗ.
- ***RightHear:*** потребує заміни чи ремонту сенсорів.
- ***LowViz:*** потребує лише зміни в ПЗ.
- ***DotProduct LLC:*** потребує заміни чи ремонту сенсорів та зміну ПЗ.

#### 8. Безпечність використання:

- **Miй проект:** тому що визначені межі використання системи.
- **RightHear:** тому що не надає детальної картини середовища.
- **LowViz:** тому що не дає детального опису простору.
- **DotProduct LLC:** тому що відсутній спеціальний додаток для людей з вадами зору.

#### 9. Зручність взаємодії із пристроєм:

- **Miй проект:** тому що є можливість безпосередньої взаємодії із застосунком голосовими командами.

#### 10. Простота набуття навичок:

- **Miй проект:** із-за комплексності системи.
- **DotProduct LLC:** із-за відсутності окремого застосунку.

#### 12. Динамічність використання:

- **Miй проект:** тому що мапа є динамічною і є можливість знаходження перешкод.

#### 4.2. Технологічний аудит ідеї проекту

Тут (Таблиця 4.3) проводиться аналіз технологій на основі, яких створюється продукт запропонованої інформаційної системи.

Таблиця 4.3.

#### Технологічна здійсненність ідеї проекту

<i>№ n/n</i>	<i>Ідея проекту</i>	<i>Технології її реалізації</i>	<i>Наявність технологій</i>	<i>Доступність технологій</i>
1.	Відображення середовища в тривимірну мапу із потоку зображень камери телефону	DynaSLAM	Технологія є наявною, але потребує доопрацювання із-за можливої недостатньої якості вхідного потоку зображень.	Так, технологія є доступною та є проектом із відкритим кодом та вільним використанням.

### Продовження таблиці 4.3.

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
2.	Локалізація та відслідковування користувача в приміщенні	Реалізацією ідеї є технологія SLAM. Одна із реалізацій це DynaSLAM	Технологія є наявною і доступною. Потребує додаткового налаштування.	Технологія є доступною.
3.	Планування шляху користувача на мапі.	Технологія планування шляху базується на алгоритмі планування шляху в A*	Технологія наявна	Доступна.

Підсумовуючи таблиці очевидно є можливість створення проекту. Тільки існує необхідність в імплементації окремих технологій, які включає в себе система. Це призводить до додаткових витрат часу, але в результаті система буде більш налаштована під її цілі.

#### 4.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

##### 4.3.1. Аналіз попиту

Аналіз приведений в таблиці 4.4. Зважаючи на дані наведені в таблиці можна зробити висновок, що ринок є рентабельним та відносно простим для входу, тому що відсутні спеціальні регуляції та монополісти ринку.

Таблиця 4.4.

#### Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	7
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	Дані відсутні
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Технологічні
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Відсутні
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	32%

### 4.3.2. Визначення потенційних груп клієнтів

В таблиці 4.5 виконується потенційні групи клієнтів, їх характеристики та формування орієнтовного переліку вимог до товару для кожної із груп.

Таблиці 4.5.

#### Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1.	Навігація людей в приміщенні	Люди з вадами зору, працівники надзвичайних служб.	Перша група користувачів є чутливою до точності системи у виявленні перешкод, для другої групи користувачів є критично важливим локалізація на карті. Для користувачів другої групи закупівлю проводять держава, тому об'єм закупівель є великим.	Надійність, безвідмовність, під час використання, швидкість роботи, простота використання.
2.	Робота з тривимірними даними для проектування приміщень	Дизайнери	Клієнти даного типу є купівельно спроможними, але вимогливими. Для даної групи клієнтів вимагається налаштування технології офлайн реконструкції, яка виконується на серверах або на ПК.	Вимагається точність тривимірного відображення та можливість інтеграції із професійним ПЗ для розроблення дизайнів.
3.	Створення схем евакуації та містобудівних умов приміщення	Архітектори	Вимоги сходяться із попередньою групою користувачів.	Точність та простота використання.

### 4.3.3. Аналіз ринкового середовища

Аналіз ринкового середовища включає аналіз факторів загроз та можливостей. Аналіз приведений в таблицях 4.6 та 4.7.

Таблиця 4.6.

## Фактори загроз

<i>№ n/n</i>	<i>Фактор</i>	<i>Зміст загрози</i>	<i>Можлива реакція компанії</i>
1.	Тиск з боку уряду та намагання рейдерського захоплення компанії	Фальсифікація та підробка документів урядовими установами, з наступним вторгненням в компанію заради отримання хабара чи частки в компанії або інших неправомірних дій.	Перереєстрація компанії в закордонній юрисдикції для забезпечення захисту активів. Це дозволить уникнути нечесного суду. Освітлення події через незалежні медіа.
2.	Пандемія	Пандемія призводить до зменшення рівня споживання, зміни пріоритетів фінансування державних програм, зниження заробітних плат користувачів, все це зменшує платоспроможність.	Заохочення користувачів індивідуальними знижками та акційними програмами. Для окремих користувачів надання безкоштовного доступу для їх збереження.
3.	Збройний конфлікт	Збройні конфлікти несуть безпосередню загрозу для користувачів, для економіки країни та на купівельну спроможність кожного користувача.	Перенесення команди в інше місце заради їх безпеки. Стимулювання користувачів до меншої кількості подорожей, зниження цін на застосунок.
4.	Нещасний випадок під час користування додатком	Цей фактор впливає безпосередньо на користувача, імідж компанії та об'єм її продаж.	Принесення публічних вибачень керівником компанії. Допомога постраждалому, вирішення проблеми. Прозоре розслідування випадку.
5.	Велика кількість негативних коментарів від користувачів	Загроза зниження іміджу компанії та втрата клієнтів.	Відповідь на кожен конструктивний коментар. Внесення критичних змін в проєкт, за необхідності. Створення пояснювальних текстових та відео матеріалів.

Таблиця 4.7.

## Фактори можливостей

<i>№ n/n</i>	<i>Фактор</i>	<i>Зміст можливості</i>	<i>Можлива реакція компанії</i>
1.	Проведення державної політики на збільшення інклюзивності державних закладів	Збільшення можливого фінансування соціальної сфери безумовно приводить до збільшення фінансування на проекти пов'язані із інклюзивністю.	Створення спеціальних послуг, консультаційних програм для урядових організацій, зниження цін на продукт. Щоб поглибити взаємодії і зробити можливим масове впровадження технології.
2.	Вступ України в Європейський союз	Можливість спрощує вихід на ринок країн Європи.	Поступове масштабування продукту в європейських країнах. Збільшення команди проекту для пришвидшення розробки.

#### 4.3.4. Аналіз пропозиції

В таблиці 4.8 визначаються риси конкуренції на ринку.

Таблиця 4.8.

#### Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

<i>Особливості конкурентного середовища</i>	<i>В чому проявляється дана характеристика</i>	<i>Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)</i>
1. Тип конкуренції є чистим, поки не сформувався ринок і не утворились олігополії	Відсутність домінуючих гравців на ринку.	Швидке масштабування компанії, робота у форматі надання підписки на сервіс.
2. Рівень конкурентної боротьби є міжнародним	Поширення ПЗ є простим і швидким, тому при появі будь-якого дієвого та вигідного рішення воно поширюється на всі країни.	Швидке масштабування на закордонні ринки збуту.
3. Конкуренція є галузевою	Широке вирішення даної проблеми можна забезпечити лише за допомогою використання інформаційних технологій.	Патентування всіх ноу-хау та винаходів для забезпечення конкурентної переваги.
4. Конкуренція за видами товарів є товарно-видовою.	Проявляється в бажанні створити продукт для навігації в приміщенні.	Збільшення швидкості розробки.
5. Характером конкурентних переваг є неціновий	Використання технології, яка більш зручніше, швидша та надійніша у використанні.	Акцентована увага на покращенні технічних характеристик для задоволення потреб користувачів.
6. За інтенсивності конкуренція є немарочною	Кожен продукт використовує різні технології вирішення проблеми.	Забезпечення конкурентної переваги за рахунок пришвидшення процесу розробки та тестування.

### 4.3.5. Аналіз умов конкуренції в галузі

В таблиці 4.9 наведений детальний аналіз конкуренції у галузі.

Таблиця 4.9.

#### Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

<i>Прямі конкуренти в галузі</i>	<i>Потенційні конкуренти</i>	<i>Постачальники</i>	<i>Клієнти</i>	<i>Товари-замінники</i>
<i>Навести перелік прямих конкурентів</i>	<i>Визначити бар'єри входження в ринок</i>	<i>Визначити фактори сили постачальників</i>	<i>Визначити фактори сили споживачів</i>	<i>Фактори загроз з боку замінників</i>
Поки що боротьба не є загостреною, тому що на ринку відсутнє рішення, яке повністю задовольняє споживачів.	Можливість входу на ринок є, а саме із технологічним продуктом, який зможе забезпечити довготривалу перевагу. Оскільки, гостро виражена конкуренція відсутня, і всі можливі конкуренти працюють лише на локальних ринках, тому вихід на ринок не є ускладненим.	Проект базується лише на власних розробках та розробках із відкритим кодом. Єдиним постачальником послуг є провайдер хмарних обчислень. Факторами його сили є регулювання ціни на обчислювальні ресурси.	Клієнти практично не диктують умови на ринку, оскільки ринок ще не сформований. Після того як будуть задоволені основні потреби користувачів, тоді можливо, що вимогливість клієнтів зросте.	Товарами замінниками можна вважати необхідну інфраструктуру для забезпечення інклюзивності, але вона лише забезпечує безпеку пересування, але ніякої динаміки, тому безпеки вона не несе.



Вихід на ринок не є ускладненим з боку високого рівня конкуренції, оскільки вона відсутня. Оскільки ринок розвивається революційно, то можлива поява нових конкурентних гравців і їх швидка експансія на міжнародному ринку.

Для забезпечення конкурентоспроможності проекту необхідно забезпечити швидкість розробки, скоротити час між отриманням відгуку від клієнта та реалізації нової версії системи. Програмне рішення має бути конкурентоспроможним швидким, забезпечувати відмовостійкість та зручність користування.

#### 4.3.6. Визначення факторів конкурентоспроможності

Таблиця 4.10.

##### Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

<i>№ п/ п</i>	<i>Фактор конкурентоспромо жності</i>	<i>Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)</i>
1.	Швидкість роботи	Для навігації в просторі є критичним фактором швидкість роботи, наприклад, при відкритті дверей перед людиною система має швидко відреагувати, щоб людина встигла прийняти рішення про зупинку.
2.	Детерміністичність роботи системи	Система має чітко визначені межі використання, та вміє розпізнавати їх чим запобігає нещасних випадків при використанні.
3.	Безпечність	Оскільки система є детерміністичною, тому можна розрахувати можливі сценарії подій і створити оптимальні рішення заздалегідь.
4.	Простота впровадження та масштабування	Від користувача вимагається лише встановити застосунок. Для впровадження системи необхідно завантажити відео проходження через приміщення на веб-сервіс. Далі відбудеться створення 3 вимірної мапи для користувачів.
5.	Можливість уникнення перешкод	Оскільки система працює в режимі близькому до реального часу, тому при виникненні перешкод можливе швидке сповіщення користувача.

#### 4.3.7. Аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту

Таблиця 4.11.

Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «Інформаційна система навігації в приміщенні для людей з вадами зору»

№ n/n	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні із власним продуктом						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1.	Швидкість роботи	14					+		
2.	Детерміністичність роботи системи	12					+		
3.	Безпечність	18				+			
4.	Простота впровадження та масштабування	19		+					
5.	Можливість уникнення перешкод	19			+				

#### 4.3.8. SWOT-аналіз

Таблиця 4.12.

SWOT- аналіз стартап-проекту

<p>Сильні сторони:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>швидкіст масштабування,</li> <li>детерміністичність системи,</li> <li>можливість уникнення перешкод.</li> </ol>	<p>Слабкі сторони:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>необхідність мати смартфон, який задовольняє обчислювальним вимоги,</li> <li>неможливість роботи при поганому освітленні.</li> </ol>
<p>Можливості:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>можливість створення точних тривимірних мап приміщення,</li> <li>можливість швидкої навігації в приміщенні,</li> <li>можливість створення плану евакуації для заданого приміщення.</li> </ol>	<p>Загрози:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>зменшення попиту на продукт,</li> <li>зниження фінансування від держави проектів на підвищення інклюзивності,</li> <li>тиск на компанію</li> </ol>

### 4.3.9. Альтернативи ринкової поведінки

Таблиця 4.13.

#### Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

<i>№ n/n</i>	<i>Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки</i>	<i>Ймовірність отримання ресурсів</i>	<i>Строки реалізації</i>
1.	Зниження вартості на продукт	Висока	1-3 місяці
2.	Створення акційних програм	Висока	1-3 місяці
3.	Поглиблена співпраця з державними установами	Середня	1-7 місяців (залежно від швидкості роботи державних установ)
4.	Перенесення компанії в іншу юрисдикцію	Висока	3-8 місяці

### 4.4. Розроблення ринкової стратегії проекту

#### 4.4.1. Визначення стратегії охоплення ринку

Таблиця 4.14.

#### Вибір цільових груп потенційних споживачів

<i>№ n/n</i>	<i>Групи потенційних клієнтів</i>	<i>Готовність споживачів сприйняти продукт</i>	<i>Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)</i>	<i>Інтенсивність конкуренції в сегменті</i>	<i>Простота входу у сегмент</i>
1.	Люди з вадами зору	висока	високий	низька	висока
2.	Надзвичайні служби	середня	середній	висока	низька
3.	Дизайнери	середня	середній	висока	середня
4.	Архітектори	низька	середній	середня	низька
Які цільові групи обрано: люди з вадами зору, надзвичайні служби, дизайнери.					

#### 4.4.2. Формування базової стратегії розвитку

Таблиця 4.15.

##### Визначення базової стратегії розвитку

<i>№ n/n</i>	<i>Обрана альтернатива розвитку проекту</i>	<i>Стратегія охоплення ринку</i>	<i>Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи</i>	<i>Базова стратегія розвитку*</i>
1.	Постачання послуг для надзвичайних служб	Стратегія диференційованого маркетингу	Детерміністичність роботи, висока якість локалізації	Стратегія диференціації
2.	Постачання послуг для людей з вадами зору	Стратегія диференційованого маркетингу	Швидкість роботи, можливість розпізнавання об'єктів.	Стратегія диференціації

#### 4.4.3. Вибір стратегії конкурентної поведінки

Таблиця 4.16.

##### Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

<i>№ n/n</i>	<i>Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?</i>	<i>Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?</i>	<i>Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?</i>	<i>Стратегія конкурентної поведінки</i>
1.	Є першопрохідцем	Буде	Не буде	Стратегія заняття конкурентної ніші.

#### 4.4.4. Розробка стратегії позиціонування

Таблиця 4.17.

##### Визначення стратегії позиціонування

<i>№ n/n</i>	<i>Вимоги до товару цільової аудиторії</i>	<i>Базова стратегія розвитку</i>	<i>Ключові конкурентоспроможні і позиції власного стартап-проекту</i>	<i>Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)</i>
1.	Надійність, безвідмовність, під час використання, швидкість роботи, простота використання	Стратегія диференціації	Швидкість роботи, детерміністичність рішення, висока якість 3 вимірної реконструкції	Якість, динамічність турбота

## 4.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

### 4.5.1. Формування маркетингової концепції товару

Таблиця 4.18.

Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/ п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1.	Навігації в приміщенні	Точна навігації в приміщенні з використанням смартфона	Відсутність потреби в додаткових пристроях
2.	Точної локалізації на 3 вимірній мапі	Точна локалізація агента на мапі	Не вимагає дорогих сенсорів
3.	Генерації 3 вимірної мапи приміщення	Можливість вибору між офлайн та онлайн генерації залежно від вимог до якості мапи	Можлива при вхідному відео потоці невисокої якості

### 4.5.2. Трирівнева маркетингова модель товару

Таблиця 4.19.

Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Інформаційний сервіс для навігації в приміщенні. Для навігації використовується мобільних застосунк, його камера та обчислювальні потужності. Мапа приміщення напередодні є відомою.		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1. Швидкість роботи	18	Кадрів / с
	2. Точність локалізації	0.3	м
	Якість: стандарти, нормативи, параметри тестування тощо		
	Пакування відсутнє, тому що це є мобільний застосунок		
Марка: ТОВ “ДоЗОР” + “Провідник”			
III. Товар із підкріпленням	До продажу зберігаються на центральному сервері.		
	Після продажу супроводжується підтримкою та оновленнями.		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: за рахунок ноу-хау, патентування частин системи, накладання ліцензії на використання, користувацькою угодою.			

#### 4.5.3. Визначення цінових меж

Таблиця 4.20.

##### Визначення меж встановлення ціни

<i>№ n/n</i>	<i>Рівень цін на товари- замінники</i>	<i>Рівень цін на товари- аналоги</i>	<i>Рівень доходів цільової групи споживачів (за місяць)</i>	<i>Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу (за місяць)</i>
1.	\$800-1500	\$32-47	\$500-1500	\$12-25

#### 4.5.4. Визначення оптимальної системи збуту

Таблиця 4.21.

##### Формування системи збуту

<i>№ n/n</i>	<i>Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів</i>	<i>Функції збуту, які має виконувати постачальник товару</i>	<i>Глибина каналу збуту</i>	<i>Оптимальна система збуту</i>
1.	Користувачі не звикли до системи підписки на сервіс	Надавати можливість продажу мобільного застосунку	1-2	залучена система збуту

#### 4.5.5. Розроблення концепції маркетингових комунікацій

Таблиця 4.22.

##### Концепція маркетингових комунікацій

<i>№ n/n</i>	<i>Специфіка поведінки цільових клієнтів</i>	<i>Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти</i>	<i>Ключові позиції, обрані для позиціонування</i>	<i>Завдання рекламного повідомлення</i>	<i>Концепція рекламного звернення</i>
1.	Користувачі не звикли до системи підписки на сервіс	Соціальні мережі	Програмне забезпечення для навігації в приміщенні	Продемонструвати зручність та безпеку користування	Відкриття нового світу та розширення можливостей

## **Висновки**

1. Наявність високого незадоволеного попиту. Більш того ринок є динамічним і тому ще немає компанії монополістів в ніші, незважаючи на такий стан речей ринок є рентабельним та високо маржинальним.
2. Впровадження продукту на ринок є перспективним, але вимагає швидкого масштабування для заповнення ніші на міжнародному ринку із-за ризику виникнення продуктів аналогів від великих корпорацій, які копіюють рішення і витісняють менші компанії з ринку.
3. Бар'єром входження на ринок є високі потреби та вимоги потенційних користувачів продукту, ці потреби можна задовольнити покращивши існуючі технології. Проект є конкурентоспроможним, тому що містить в собі велику кількість унікально розроблених частин та інтегрованих в одну систему, що дозволяє досягти бажаної якості роботи продукти.
4. У випадку виникнення проблем із першою цільовою групою користувачів, проект може швидко переорієнтувати на інші групи – дизайнерів та архітекторів. Це підвищує вірогідність закріплення продукту на ринку інформаційних технологій.

## **ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ**

1. Поставлено завдання навігації в приміщенні людей з вадами зору.
2. Визначені вимоги до інформаційної системи навігації в приміщенні для людей з вадами зору. Це дозволило запропонувати інформаційну систему і надалі її використовувати за умови виконання поставлених вимог.
3. Проведений детальний огляд існуючих рішень та проведений їх аналіз. В результаті аналізу були виявлені недоліки існуючих систем та можливості їх покращення.
4. Проведений огляд алгоритмів кожної із складових інформаційної системи навігації в приміщенні людей з вадами зору. Вибрані окремі алгоритми для кожної із частин інформаційної системи, щоб задовольнити попередньо встановленим вимогам.
5. Запропонована архітектура інформаційної системи навігації в приміщенні людей з вадами зору, яка придатна до використання в реальних умовах.
6. Визначені межі використання запропонованої інформаційної системи навігації в приміщенні для людей з вадами зору.
7. Розроблений стартап-проект для запропонованої інформаційної системи навігації в приміщенні для людей з вадами зору. В ньому проведений аналіз ринку та можливості продукту на основі запропонованої інформаційної системи.
8. Прийнято участь у міжнародній конференції, а саме міжнародній науково-технічній конференції "Перспективи телекомунікацій 2020".

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. "GPS: Global Positioning System (or Navstar Global Positioning



System)" Wide Area Augmentation System (WAAS) Performance Standard, Section B.3, Abbreviations and Acronyms. Archived April 27, 2017, at the Wayback Machine.

2. Cameron Faulkner, "What is NFC? Everything you need to know", Techradar.com, 30 November 2015.
3. Beal, Vangie. "What is Wi-Fi (IEEE 802.11x)? A Webopedia Definition". Webopedia. Archived from the original on 8 March 2012.
4. WHO, "Blindness and vision impairment prevention." [Online]. Available: [http://www.who.int/blindness/world\\_sight\\_day/2017/en/](http://www.who.int/blindness/world_sight_day/2017/en/)
5. G. Dedes and A. G. Dempster, "Indoor gps positioning - challenges and opportunities," in VTC-2005-Fall. 2005 IEEE 62nd Vehicular Technology Conference, 2005., vol. 1, Sept 2005, pp. 412–415.
6. [Automatic Identification and Data Collection \(AIDC\) Archived](#) May 5, 2016, at the [Wayback Machine](#).
7. S. Willis and A. (Sumi) Helal, "Rfid information grid for blind navigation and wayfinding", in ISWC, volume 5, pages 34–37, 2005.
8. V. Gikas, A. Dimitratos, H. Perakis, G. Retscher, and A. Ettliger, "Full-scale testing and performance evaluation of an active rfid system for positioning and personal mobility. In Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN)", 2016 International Conference on, pages 1–8. IEEE, 2016.
9. C. Yang and H. Shao, "Wifi-based indoor positioning.", IEEE Communications Magazine, 53(3):150–157, 2015.
10. M. Rainer. Indoor positioning technologies, 2012.
11. Jin, S.; Ahmed, M.U.; Kim, J.W.; Kim, Y.H.; Rhee, P.K., "Combining Obstacle Avoidance and Visual Simultaneous Localization and Mapping for Indoor Navigation", Symmetry 2020, 12, 119.
12. B. Triggs, P. McLauchlan, R. Hartley and A. Fitzgibbon, "Bundle Adjustment", A Modern Synthesis, Vision Algorithms: Theory and Practice, 1999.

13. Bescos, Berta, F'acil, JM., Civera, Javier and Neira, Jos'e, "DynaSLAM: Tracking, Mapping and Inpainting in Dynamic Environments", IEEE RA-L, 2018.
14. R. Mur-Artal and J. D. Tard'os, "ORB-SLAM2: An open-source slam system for monocular, stereo, and RGB-D cameras" IEEE T-RO, 2017.
15. Kaiming He, Georgia Gkioxari, Piotr Dollár, Ross Girshick, "Mask R-CNN", arXiv:1703.06870, 2017.
16. H. Zhang and C. Ye, "An indoor wayfinding system based on geometric features aided graph SLAM for the visually impaired," IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil. Eng., vol. PP, no. 99, pp. 1-1, 2017.
17. Hart, P. E.; Nilsson, N. J.; Raphael, B., "A Formal Basis for the Heuristic Determination of Minimum Cost Paths". IEEE Transactions on Systems Science and Cybernetics. 4 (2): 100–107. doi:10.1109/TSSC.1968.300136, 1968.
18. Lee, Tae-Jae; Yi, Dong-Hoon; Cho, Dong-Il “. 2016. "A Monocular Vision Sensor-Based Obstacle Detection Algorithm for Autonomous Robots." *Sensors* 16, no. 3: 311.
19. J. Bai, S. Lian, Z. Liu, K. Wang, and D. Liu, "Virtual-blind-roadfollowing-based wearable navigation device for blind people," IEEE Trans. Consum. Electron., vol. 64, no. 1, pp. 136–143, Feb. 2018.
20. Hugo Fernandes, Paulo Costa, Vítor M Filipe, Leontios Hadjileontiadis, "Stereo vision in blind navigation assistance", IEEE, World Automation Congress (WAC), 2010.
21. David Brooks (1982). Lenses and lens accessories: a photographer's guide. c. 29. ISBN 9780930764340.