

Державна служба України з надзвичайних ситуацій  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності  
Навчально-науковий інститут цивільного захисту  
Кафедра інформаційних технологій та систем електронних комунікацій

«Допущено до захисту»  
Начальник кафедри ІТтаСЕК  
кандидат технічних наук  
доцент

\_\_\_\_\_ Олександр ПРИДАТКО  
“\_\_\_\_\_” лютого 2023 року

## ДИПЛОМНА РОБОТА МАГІСТРА

на тему «Розроблення координаційної інформаційної системи управління  
евакуацією з приміщень для людей із вадами зору»

Виконав:  
здобувач VI курсу, групи КН-61м  
спеціальності 122 «Комп'ютерні науки»  
\_\_\_\_\_ (шифр і назва спеціальності)

Сергій ЗАРІЦЬКИЙ  
\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник \_\_\_\_\_ Олександр ХЛЕВНОЙ  
\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_ Павло ЛУБ  
\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Державна служба України з надзвичайних ситуацій  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності  
Навчально-науковий інститут цивільного захисту  
Кафедра інформаційних технологій та систем електронних комунікацій  
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр  
Спеціальність 122 «Комп'ютерні науки»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Начальник кафедри ІТтаСЕК  
кандидат технічних наук  
доцент

\_\_\_\_\_ Олександр ПРИДАТКО  
“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 202\_\_ року

### ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу

Здобувачу \_\_\_\_\_ Сергію ЗАРІЦЬКОМУ

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема Розроблення координаційної інформаційної системи управління евакуацією з приміщень для людей із вадами зору

керівник роботи \_\_\_\_\_ Олександр ХЛЕВНОЙ, к.т.н.

( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЛДУ БЖД від “17” листопада 2022 року №236 од.

2. Термін подання здобувачем роботи 28 січня 2023 року.

3. Початкові дані до роботи

1. ДБН В.2.2-40:2018. Інклюзивність будівель і споруд. [Чинний від 2019-04-01]. Вид. офіц. Київ, 2017. 70 с.

2. ДСТУ 8828:2019. Пожежна безпека. Загальні положення. [Чинний від 2020-01-01]. Вид. офіц. Київ, 2018. 163 с.

3. Pedrosa, E., L. Reis, C. M. D. Silva and H. S. Ferreira. Autonomous Navigation with Simultaneous Localization and Mapping in/outdoor. 2020.

4. 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.

5. 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.

4. Зміст дипломної роботи/проекту (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ

Розділ 1. Сучасний стан розвитку інформаційних систем навігації для людей з вадами зору

Розділ 2. Концептуальне моделювання інформаційної системи управління евакуацією з приміщень для людей із вадами зору

Розділ 3. Архітектура інформаційної системи управління евакуацією з приміщень для людей із вадами зору

Висновки

Список використаних джерел

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

6. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи/проекту	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Сучасний стан розвитку інформаційних систем навігації для людей з вадами зору		
2	Концептуальне моделювання інформаційної системи управління евакуацією з приміщень для людей із вадами зору		
3	Архітектура інформаційної системи управління евакуацією з приміщень для людей із вадами зору		

Здобувач

\_\_\_\_\_ (підпис)

Сергій ЗАРІЦЬКИЙ

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Олександр ХЛЕВНОЙ

(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

**Сергій ЗАРІЦЬКИЙ** «Розроблення координаційної інформаційної системи управління евакуацією з приміщень для людей із вадами зору». Дипломна робота за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки» складається з текстової частини, що містить 3 розділи, 58 с., 16 рис., 1 таблиця, 23 джерела.

**Об'єкт дослідження** – засоби та методи позиціонування та навігації у приміщеннях.

**Предмет дослідження** – архітектура координаційної інформаційної системи управління евакуацією з приміщень для людей із вадами зору.

**Метою** магістерської кваліфікаційної роботи є дослідження наявних засобів розробки сучасних інформаційних систем позиціонування та навігації в закритих приміщеннях та створення на основі цих досліджень проекту координаційної інформаційної системи управління евакуацією з приміщень для людей із вадами зору.

1. Виконано аналітичний огляд сучасних методів позиціонування та навігації всередині будівель та споруд. Встановлено, що наявні навігатори для людей з вадами зору в переважній більшості використовують технологію GPS, яка має досить велику похибку і погано адаптована для навігації всередині приміщень.

2. Досліджено методи та можливості розробки систем позиціонування та навігації у приміщеннях. У якості можливих варіантів розглянуто GPS, RFID-мітки, QR-коди, Wi-Fi, SLAM. Проведено аналіз переваг та недоліків цих систем. Встановлено що методи технології SLAM, які використовуються промисловими та побутовими роботами для створення карт приміщень та позиціонування на цих картах є оптимальними для використання під час розробки системи управління евакуацією з приміщень для людей із вадами зору

3 Розроблено проект координаційної інформаційної системи управління евакуацією з приміщень для людей із вадами зору. В основі цієї системи. Для створення карт приміщень запропоновано використовувати технологію SLAM, яка також дає змогу визначати місцезнаходження користувача на карті та

будувати маршрути рух через заздалегідь визначені точки. Спроектовано архітектуру системи як зі сторони користувача, так і зі сторони сервера. Описано роботу підсистем розпізнавання перешкод і моніторингу відхилень від обраного маршруту. Запропоновано рішення щодо дизайну інтерфейсу користувача та діаграму бази даних для зберігання карт приміщень.

ЕВАКУАЦІЯ, ОСОБИ З ПОРУШЕННЯМИ ЗОРУ, SLAM, ПОЗИЦІОНУВАННЯ, НАВІГАЦІЯ, ШТУЧНІ НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ.

## ABSTRACT

**Serhii Zaritskyi** "Development of a coordinating information system for managing evacuation in case of fire for people with visual impairments." Thesis on the specialty 122 "Computer Science" consists of a text that contains 3 sections, 58 pages, 16 figures, 1 table, 23 references.

The object of the study is means and methods of positioning and navigation in premises.

The subject of the study is the architecture of the coordination information system for managing evacuation from premises for people with visual impairments.

The purpose of the master's qualification work is to research the available means of developing modern information systems for positioning and navigation in closed spaces and to create, based on these studies, a project of a coordination information system for managing the evacuation of premises for people with visual impairments.

1. An analytical review of modern methods of positioning and navigation inside buildings and structures was performed. It has been established that the majority of available navigators for people with visual impairments use GPS technology, which has a rather large error and is poorly adapted for indoor navigation.

2. The methods and possibilities of developing indoor positioning and navigation systems were studied. GPS, RFID tags, QR codes, Wi-Fi, SLAM were considered as possible options. An analysis of the advantages and disadvantages of these systems was carried out. It has been established that the methods of SLAM technology, which are used by industrial and domestic works to create location maps and positioning on these maps, are optimal for use during the development of an evacuation management system from premises for people with visual impairments

3 The draft of the coordination information system for managing evacuation from premises for people with visual impairments has been developed. At the heart of this system. To create room maps, it is proposed to use SLAM technology, which also makes it possible to determine the user's location on the map and build movement

routes through predetermined points. The system architecture was designed both from the user side and from the server side. The operation of obstacle recognition subsystems and monitoring of deviations from the selected route is described. User interface design solutions and a database diagram for storing room maps are proposed.

EVACUATION, PEOPLE WITH VISUAL IMPAIRMENTS, SLAM, POSITIONING, NAVIGATION, ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	10
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН РОЗВИТКУ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ НАВІГАЦІЇ ДЛЯ ЛЮДЕЙ З ВАДАМИ ЗОРУ .....	12
1.1. Нормування вимог пожежної безпеки до евакуаційних шляхів та виходів в контексті інклюзивності.....	12
1.2. Аналіз наявних технологій для локалізації та навігації людей з вадами зору .....	16
1.2.1 GPS-навігація .....	16
1.2.2. RFID-мітки.....	19
1.2.3. Позиціонування на основі Wi-Fi сигналу.....	22
1.2.4. SLAM-навігація.....	24
Висновок до розділу 1.....	25
РОЗДІЛ 2. КОНЦЕПТУАЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЕВАКУАЦІЄЮ З ПРИМІЩЕНЬ ДЛЯ ЛЮДЕЙ ІЗ ВАДАМИ ЗОРУ .....	27
2.1. Основні завдання інформаційної системи управління евакуацією .....	27
2.2. Вибір алгоритму SLAM.....	28
2.2.1. Методи SLAM .....	28
2.2.2. Найбільш поширені програмні пакети SLAM.....	29
2.3. Логіка роботи інформаційної системи .....	34
2.4. Позиціонування користувача .....	37
2.5. Навігація користувача.....	41
2.6. Побудова траєкторії руху .....	42
2.7. Інтерфейс користувача .....	44
Висновок до розділу 2.....	45
РОЗДІЛ 3. АРХІТЕКТУРА ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЕВАКУАЦІЄЮ З ПРИМІЩЕНЬ ДЛЯ ЛЮДЕЙ ІЗ ВАДАМИ ЗОРУ.....	47
3.1. Користувацька архітектура .....	48
3.2. Серверна архітектура.....	49



3.3. Перспективи оптимізації системи .....	50
3.4. Безпека використання системи .....	51
Висновок до розділу 3.....	52
ВИСНОВКИ.....	54
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	57

## ВСТУП

### Актуальність теми

Станом на сьогодні кількість осіб з вадами зору в Україні перевищує 200 тисяч. Конвенція ООН про права осіб з інвалідністю в статті 9 наголошує, що держава має вжити належних заходів для забезпечення особам з інвалідністю доступу на рівні з іншими до фізичного оточення, транспорту, інформації, зв'язку, зокрема інформаційно-комунікаційних технологій і систем, а також до об'єктів та послуг у міських та сільських районах. Доступність у широкому розумінні є одним із принципів, на якому базується цей міжнародний документ.

Ратифікація Україною Конвенції ООН про права осіб з інвалідністю надала можливість імплементувати питання доступності, універсального дизайну, розумного пристосування в законодавчо-нормативні акти.

Очевидно, що якщо пожежа застає людину з порушенням зору в громадській будівлі, ймовірність отримати травми для неї є значно вищою, ніж для решти учасників евакуації. Відтак, розробка технічних засобів, які б прискорили процес евакуації осіб з вадами зору із будівель і споруд, є актуальною задачею.

Варто розуміти, що при переході до навігації всередині приміщень відразу втрачаються всі переваги супутникової навігації, тому що супутниковий сигнал, як правило, не досягає пристроїв крізь бетонні і металеві конструкції.

При цьому навігація всередині приміщень спрямована на вирішення багатьох завдань. Як правило, це мобільні роботи, призначені для переміщення вантажів на складі, роботи-пилососи, роботи для мерчандайзингу, інтерактивного спілкування з клієнтами, офіціанти тощо. Завдяки тому, що простір усередині будинків часто обмежений відносно невеликими площами, можна скористатися такими засобами навігації, як тріангуляція, навігація за різними мітками (QR коди із зазначенням наступних команд для роботи, сигнальні лінії по ходу руху, мітки на стінах для корекції розташування), SLAM навігація, а також комбінації перерахованих вище методів.

Аналізу перелічених вище методів та пошуку найкращих варіантів і буде присвячено цю дипломну роботу.

**Об’єкт дослідження** – засоби та методи позиціонування та навігації у приміщеннях.

**Предмет дослідження** – архітектура координаційної інформаційної системи управління евакуацією з приміщень для людей із вадами зору.

**Метою** магістерської кваліфікаційної роботи є дослідження наявних засобів розробки сучасних інформаційних систем позиціонування та навігації в закритих приміщеннях та створення на основі цих досліджень проекту координаційної інформаційної системи управління евакуацією з приміщень для людей із вадами зору.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- виконати аналітичний огляд сучасних засобів позиціонування та навігації в будівлях та на відкритому просторі;
- дослідити архітектуру та шляхи розробки сучасних систем позиціонування та навігації, а також наявні методи та програмні пакети для реалізації інформаційної системи управління евакуацією з приміщень для людей з вадами зору;
- розробити проект координаційної інформаційної системи управління евакуацією з приміщень для людей із вадами зору.

**Наукова новизна отриманих результатів.** Основний науковий результат магістерської кваліфікаційної роботи полягає в теоретичному обґрунтуванні проекту координаційної інформаційно-аналітичної системи, яка дозволяє інформування учасників евакуації з вадами зору про найкоротші маршрути до безпечних зон та евакуаційних виходів з будівлі .

## ВИСНОВКИ

Застосування інформаційних технологій для допомоги людям із вадами зору дає можливість значно полегшити життя. Тішить, що відомі корпорації не залишаються осторонь подібних проблем. Нещодавно Google впровадив у Google Maps функцію, яка дає незрячим і слабозорим користувачам докладні голосові вказівки за їх маршрутами. Така опція також може допомогти всім, хто бачить, але не хоче дивитися в екран смартфона під час прогулянок.

Детальний голосовий посібник для пішохідної навігації запущено на Android та iOS. Він доступний англійською мовою в Сполучених Штатах Америки та японською в Японії, список країн та мов буде розширюватися.

На жаль, використання подібних технологій у приміщеннях наразі неможливе. При цьому кількість людей із вадами зору є не дуже великою і тому ринок виготовлення подібних систем з комерційної точки зору є не дуже привабливим. Ця сфера потребує вкладень коштів, які в подальшому не принесуть дивідентів.

В таких випадках необхідно проявляти гнучкість та дивитися туди, де ринок характеризується залученням великої кількості інвестицій, а технології, що розробляються, можна без особливих труднощів адаптувати для потреб осіб з вадами зору.

На сьогодні роботизовані установки стають все більш популярними і їх ринок росте надзвичайно швидко. При цьому навіть найпростіші роботи-пилососи обладнані системами навігації та позиціонування для прокладання маршрутів, пошуку перешкод на шляху та складання карт приміщень. Саме ці технології можуть стати у пригоді людям із вадами зору.

У роботі було розглянуто різні методи, що використовуються для навігації пристроїв – від використання RFID-міток та QR-кодів до технології SLAM. Ці методи кардинально відрізняються за технологіями і мають свої переваги і недоліки. В результаті було прийнято рішення зосередитися на методі використання SLAM навігації, який є найперспективнішим із перерахованих для

роботи в недослідженому просторі. Даний метод цікавий тим, що може використовуватися в непідготовленому та невідомому приміщенні для створення карти та подальшого її використання. Варто враховувати, що для роботи SLAM потрібні різні джерела даних, зокрема одометрію.

У дипломній роботі розв'язано актуальну задачу проектування оординаційної інформаційної системи управління евакуацією з приміщень для людей із вадами зору, зокрема:

1. Виконано аналітичний огляд сучасних методів позиціонування та навігації всередині будівель та споруд. Встановлено, що наявні навігатори для людей з вадами зору в переважній більшості використовують технологію GPS, яка має досить велику похибку і погано адаптована для навігації всередині приміщень.

2. Досліджено методи та можливості розробки систем позиціонування та навігації у приміщеннях. У якості можливих варіантів розглянуто GPS, RFID-мітки, QR-коди, Wi-Fi, SLAM. Проведено аналіз переваг та недоліків цих систем. Встановлено що методи технології SLAM, які використовуються промисловими та побутовими роботами для створення карт приміщень та позиціонування на цих картах є оптимальними для використання під час розробки системи управління евакуацією з приміщень для людей із вадами зору

3 Розроблено проект координаційної інформаційної системи управління евакуацією з приміщень для людей із вадами зору. В основі цієї системи. Для створення карт приміщень запропоновано використовувати технологію SLAM, яка також дає змогу визначати місцезнаходження користувача на карті та будувати маршрути рух через заздалегідь визначені точки. Спроектовано архітектуру системи як зі сторони користувача, так і зі сторони сервера. Описано роботу підсистем розпізнавання перешкод і моніторингу відхилень від обраного маршруту. Запропоновано рішення щодо дизайну інтерфейсу користувача та діаграму бази даних для зберігання карт приміщень.

Всі технології та продукти, необхідні для розробки запропонованої інформаційної системи знаходяться у відкритому доступі, що робить

перспективи її створення цілком реальними і позбавляють необхідності залучення значних фінансових інвестицій.

Загалом програмна реалізація системи матиме значну практичну цінність і може використовуватись для допомоги при евакуації з будівель і споруд під час пожежі як людьми із вадами зору, так і іншими користувачами.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.2.2-40:2018. Інклюзивність будівель і споруд. [Чинний від 2019-04-01]. Вид. офіц. Київ, 2017. 70 с.
2. ДСТУ 8828:2019. Пожежна безпека. Загальні положення. [Чинний від 2020-01-01]. Вид. офіц. Київ, 2018. 163 с.
3. Пат. 148410 Україна, МПК А 61 F 9/08 G 08 G 1/00. Система навігації для незрячих людей / В.В. Семенець, О.Г. Аврунін та ін. – № u 202101448; заявк. 22.03.2021 ; опубл. 04.08.2021, Бюл. № 31. – 5 с.
4. Pedrosa, E., L. Reis, C. M. D. Silva and H. S. Ferreira. Autonomous Navigation with Simultaneous Localization and Mapping in/outdoor. 2020.
5. Adaptive Monte Carlo localization [Електронний ресурс] URL:<http://wiki.org/amcl> – Заголовок з екрану.(Eng), дата звернення: 03.01.2023.
6. Building Maps Using Google Cartographer and the OS1 Lidar Sensor [Електронний ресурс] URL: <https://ouster.com/blog/building-maps-using-google-cartographer-and-the-os1-lidar-sensor/>, Заголовок з екрану.(Eng), дата звернення: 03.01.2023.
7. Labbé, M, Michaud, F. RTAB-Map as an open-source lidar and visual simultaneous localization and mapping library for large-scale and long-term online operation. J Field Robotics. 2019; 35: 416– 446.
8. Silva, B.M.F.D.; Xavier, R.S.; Gonçalves, L.M.G. Mapping and Navigation for Indoor Robots under ROS: An Experimental Analysis. Preprints 2019.
9. Mathieu Labbé and François Michaud. Online Global Loop Closure Detection for LargeScale Multi-Session Graph-Based SLAM. 2014 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pages 2661–2666, 2014.
10. 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.
11. Gmapping [Електронний ресурс] URL: <http://wiki.org/gmapping>, – Заголовок з екрану. (Eng). Дата звернення: 14.12.2022.

12. Google Cartographer ROS [Електронний ресурс] URL: <https://google-cartographer-eng.readthedocs.io/en/latest/#>, Заголовок з екрану.(Eng), дата звернення: 03.01.2023.
13. RTAB-Map, Real-Time Appearance-Based Mapping [Електронний ресурс] URL: <http://introlab.github.io/rtabmap/>, Заголовок з екрану.(Eng), дата звернення: 03.01.2023.
14. Bescos, Berta, F'acil, JM., Civera, Javier and Neira, Jos'e, "DynaSLAM: Tracking, Mapping and Inpainting in Dynamic Environments", IEEE RA-L, 2018.
15. Kinect. Вікіпедія: Вільна Енциклопедія: Веб-сайт. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Kinect>. (дата звернення 12.01.2023).
16. 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.
17. 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.
18. J. Bai, S. Lian, Z. Liu, K. Wang, and D. Liu, "Virtual-blindroadfollowing-based wearable navigation device for blind people,"IEEETrans. Consum. Electron., vol. 64, no. 1, pp. 136–143, Feb. 2018.
19. Tafti, A.P.; Baghaie, A.; Assefi, M.; Arabnia, H.R.; Yu, Z.; Peissig, P. OCR as a service: An experimental evaluation of Google Docs OCR, Tesseract, ABBYY FineReader, and Transym. In International Symposium on Visual Computing; Springer International Publishing: Cham, Switzerland, 2016; pp. 735–746.
20. Campos, C.; Elvira, R.; Rodríguez, J.J.G.; Montiel, J.M.; Tardós, J.D. ORB-SLAM3: An Accurate Open-Source Library for Visual, Visual–Inertial, and Multimap SLAM. IEEE Trans. Robot. 2021, 37, 1874–1890.
21. Vitek, S.; Klíma, M.; Husník, L.; Spirk, D. New Possibilities for Blind People Navigation. In Proceedings of the 2011 International Conference on Applied Electronics, Pilsen, Czech Republic, 7–8 September 2011; pp. 1–4.



22. Plikynas, D.; Žvironas, A.; Budrionis, A.; Gudauskis, M. Indoor navigation systems for visually impaired persons: Mapping the features of existing technologies to user needs. *Sensors* 2020, 20, 636.

23. Csapó, Á.; Wersényi, G.; Nagy, H.; Stockman, T. A survey of assistive technologies and applications for blind users on mobile platforms: A review and foundation for research. *J. Multimodal User Interfaces* 2015, 9, 275–286. [CrossRef]