

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

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

\_\_\_\_\_ Олександр ПРИДАТКО  
“11” травня 2022 року

## ДИПЛОМНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему «Розробка та аналіз алгоритму автоматичної побудови  
оптимального маршруту слідування під час евакуації»

Виконав:  
студент IV курсу, групи КН-41з  
спеціальності 122 «Комп'ютерні науки»  
(шифр і назва спеціальності)

Василь СКОРОПАД  
(прізвище та ініціали)

Керівник Олександр ХЛЕВНОЙ  
(прізвище та ініціали)

Рецензент Ростислав ТКАЧУК  
(прізвище та ініціали)

Львів – 2022 року

Державна служба України з надзвичайних ситуацій  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності  
Навчально-науковий інститут цивільного захисту  
Кафедра інформаційних технологій та телекомунікаційних систем  
Ступінь вищої освіти бакалавр  
Освітня програма Комп'ютерні науки

---

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Начальник кафедри ІТтаТС  
кандидат технічних наук  
доцент  
Олександр ПРИДАТКО  
“22” лютого 2022 року

**ЗАВДАННЯ**  
на дипломну роботу

Здобувачу Василю СКОРОПАДУ  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема Розробка та аналіз алгоритму автоматичної побудови оптимального маршруту слідування під час евакуації

---

керівник роботи Олександр ХЛЕВНОЙ  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЛДУ БЖД від “21” лютого 2022 року №30 од.

2. Термін подання здобувачем роботи 5 травня 2022 року.

3. Початкові дані до роботи

1. Теорія графів. [Електронний ресурс]: навч. посіб./ І.М. Кузьменко, Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. — 71 с.

2. Г.Г. Швачич, Г.М. Бартенєв, О.В. Онищенко, В.В. Толстой. Основи дискретної математики. Частина III. Основи теорії графів: Навч. посібник – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2014. – 67 с..

3. Хлевной О.В. Нормування вимог пожежної безпеки до евакуаційних шляхів і виходів у закладах середньої освіти з інклюзивним навчанням: дис. ... канд. техн. наук : 21.06.02 / Хлевной Олександр Вікторович. – Львів., 2021. – 188 с.

4. Придатко О., Хлевной О., Бурак Н. Основи програмування (мовою Java) : курс лекцій. Львів : ЛДУ БЖД, 2019, 180 с.

5. Коротєєва Т. О. Алгоритми та структури даних: навчальний посібник, 2014, 156 с.

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

Вступ

Розділ 1. Аналітичний огляд предметної області

Розділ 2. Математичне моделювання побудови оптимального маршруту слідування під час евакуації

Розділ 3. Алгоритм автоматичної побудови оптимального маршруту слідування під час евакуації

Висновки

Список використаних джерел

5. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада<br>Консультанта | Підпис, дата   |                  |
|--------|--|----------------|------------------|
|        |  | завдання видав | завдання прийняв |
|        |  |                |                  |
|        |  |                |                  |

6. Дата видачі завдання 22.02.2022 р

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів виконання дипломної роботи/проекту   | Термін виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|---|--------------------------------|----------|
| 1     | Розділ 1. Аналітичний огляд предметної області  | 22.02.-15.03.22                |          |
| 2     | Розділ 2. Математичне моделювання побудови оптимального маршруту слідування під час евакуації | 16.03.-22.04.22                |          |
| 3     | Розділ 3. Алгоритм автоматичної побудови оптимального маршруту слідування під час евакуації   | 23.04.-04.05.22                |          |

Здобувач вищої освіти

\_\_\_\_\_ Василь СКОРОПАД \_\_\_\_\_  
( підпис ) ( прізвище та ініціали )

Керівник роботи

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

## АНОТАЦІЯ

**Василь СКОРОПАД** "Розробка та аналіз алгоритму автоматичної побудови оптимального маршруту слідування під час евакуації". Дипломна робота за спеціальністю 122 "Комп'ютерні науки" складається з текстової частини, що містить 3 розділи, 40 с., 11 рис., 2 таблиці, 14 джерел.

Об'єкт роботи – інтерактивні плани евакуації під час пожежі з будівель різного призначення.

Предмет дослідження – алгоритми автоматизації побудови оптимальних маршрутів руху під час евакуації.

Метою роботи є створення алгоритму автоматичної побудови оптимального маршруту руху під час евакуації.

Виконано аналітичний огляд програмних продуктів для створення інтерактивних планів пожежогасіння, з'ясувано їх основні переваги та недоліки;

За результатами проведеного аналізу на основі теорії графів із застосуванням алгоритму Флойда Уоршелла розроблено математичну модель розрахунку оптимального маршруту руху під час евакуації із врахуванням місця виникнення пожежі;

На базі розробленої моделі розроблено алгоритм автоматичної побудови оптимального маршруту слідування під час евакуації та створено прототип програми, яка дозволить реалізувати запропоновані рішення на практиці.

**ЕВАКУАЦІЯ, ТЕОРІЯ ГРАФІВ, ОПТИМАЛЬНИЙ МАРШРУТ ЕВАКУАЦІЇ, АЛГОРИТМ ФЛОЙДА УОРШЕЛЛА.**

## **ABSTRACT**

**Vasyl SKOROPAD** "Development and analysis of the algorithm for automatic construction of the optimal route during evacuation". Thesis in the specialty 122 "Computer Science" consists of a text that contains 3 chapters, 40 pages, 11 figures, 2 tables, 14 sources.

The object of research is interactive fire evacuation plans from buildings of various purposes.

The subject of research is algorithms for automation of optimal evacuation routes construction.

The aim of the work is to create an algorithm for automatic construction of the optimal route during the evacuation.

An analytical review of software products for creating interactive firefighting plans, their main advantages and disadvantages;

Based on the analysis using the Floyd Warshell algorithm, a mathematical model for calculating the optimal route during evacuation, taking into account the location of the fire;

Based on the developed model, an algorithm for automatic construction of the optimal route during the evacuation was developed and a program prototype was created. The program can help to implement the proposed solutions in practice.

EVACUATION, GRAPH THEORY, OPTIMAL EVACUATION ROUTE, FLOYD WARSHHELL'S ALGORITHM.

## ЗМІСТ

|   |    |
|---|----|
| ВСТУП   | 7  |
| РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ  | 9  |
| 1.1. Плани евакуації при пожежі   | 9  |
| 1.2. Інтелектуальні системи управління евакуацією   | 10 |
| 1.3. Висновок до розділу 1  | 16 |
| РОЗДІЛ 2. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОБУДОВИ<br>ОПТИМАЛЬНОГО МАРШРУТУ СЛІДУВАННЯ ПІД ЧАС ЕВАКУАЦІЇ    | 17 |
| 2.1. Теорія графів  | 18 |
| 2.2. Порівняння основних алгоритмів теорії графів для пошуку оптимального<br>евакуаційного маршруту | 20 |
| 2.2.1. Алгоритм Дейкстри  | 18 |
| 2.2.2. Алгоритм Флойда Уоршелла   | 24 |
| 2.2.3. Алгоритм Беллмана-Форда  | 26 |
| 2.2.4. Результати порівняння алгоритмів   | 27 |
| Висновок до розділу 2   | 27 |
| РОЗДІЛ 3. АЛГОРИТМ АВТОМАТИЧНОЇ ПОБУДОВИ ОПТИМАЛЬНОГО<br>МАРШРУТУ СЛІДУВАННЯ ПІД ЧАС ЕВАКУАЦІЇ      | 29 |
| 3.1. Розробка алгоритму пошуку оптимального маршруту (за умови відсутності<br>пожежі)               | 29 |
| 3.2. Розробка алгоритму пошуку оптимального маршруту за умови наявності<br>пожежі                   | 30 |
| 3.3. Прототип додатку для реалізації розробленого алгоритму   | 33 |
| Висновок до розділу 3   | 35 |
| ВИСНОВКИ  | 37 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ  | 39 |

## ВИСНОВКИ

Розв'язання задачі вибору оптимального маршруту руху є дуже складним процесом і потребує значної кількості часу. Оскільки умови, що характеризують обстановку на пожежі, постійно змінюються, відповідно може змінюватися і обраний спочатку маршрут руху. У цих обставинах ймовірність прийняття неправильного рішення дуже велика. На підставі результатів експертної оцінки, виконаної групою висококваліфікованих фахівців, встановлено, що у відносно простих випадках помилковий вибір шляху під час порятунку людей з будівлі становить 27 % за середнього часу прийняття рішення – 46 с.

У складних ситуаціях, наприклад, при порятунку людей з нетипових висотних будівель зі складною системою коридорів та переходів, помилки учасників зростають до 46%, а час прийняття рішення – до 105 с.

Допомогти учасникам евакуацію мають відповідні плани, що розміщуються у всіх громадських об'єктах, але інформація, внесена до них не завжди є актуальною, оскільки евакуаційні шляхи можуть бути заблоковані небезпечними чинниками пожежі.

У дипломній роботі створено алгоритм автоматичної побудови оптимального маршруту слідування під час евакуації, зокрема:

- виконано аналітичний огляд програмних продуктів для створення інтерактивних планів пожежогасіння, з'ясувано їх основні переваги та недоліки;

- на основі проведеного аналізу на основі теорії графів із застосування алгоритму Флойда Уоршелла розроблено математичну модель розрахунку оптимального маршруту руху під час евакуації із врахуванням місця виникнення пожежі;

- на базі розробленої моделі розроблено алгоритм автоматичної побудови оптимального маршруту слідування під час евакуації та створено прототип програми, яка дозволить реалізувати запропоновані рішення на практиці.

Розробка додатку на базі запропонованого алгоритму може бути корисною для працівників ДСНС у якості допоміжного засобу для прискорення прийняття рішень, для працівників великих об'єктів та, за умови автоматичного визначення місцезнаходження – для відвідувачів.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Теорія графів. [Електронний ресурс]: навч. посіб./ І.М. Кузьменко, Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. — 71 с.
2. Г.Г. Швачич, Г.М. Бартенєв, О.В. Онищенко, В.В. Толстой. Основи дискретної математики. Частина III. Основи теорії графів: Навч. посібник – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2014. – 67 с..
3. Хлевной О.В. Нормування вимог пожежної безпеки до евакуаційних шляхів і виходів у закладах середньої освіти з інклюзивним навчанням: дис. ... канд. техн. наук : 21.06.02 / Хлевной Олександр Вікторович. – Львів., 2021. – 188 с.
4. Придатко О., Хлевной О., Бурак Н. Основи програмування (мовою Java) : курс лекцій. Львів : ЛДУ БЖД, 2019, 180 с.
5. Коротєєва Т. О. Алгоритми та структури даних: навчальний посібник, 2014, 156 с.
6. Арсенюк А. А. Теорія алгоритмів. Навчальний посібник, Вінниця: ВНТУ, 2006, 150 с.
7. Глоба Л. С., Кот Т.М. Розробка інформаційних ресурсів та систем [Електронний ресурс] : конспект лекцій. Київ : НТУУ "КПІ", 2014, 318 с.
8. ДСТУ 8828:2019. Пожежна безпека. Загальні положення. [Чинний від 2020-01-01]. Вид. офіц. Київ, 2018. 163 с.
9. Коротєєва Т. О. Алгоритми та структури даних: навчальний посібник, 2014, 280 с.
10. Основи програмування (Python, Java) : лабораторний практикум / Смотр О., Придатко О., Малець І. – Львів : ЛДУ БЖД, 2019. – 134 с.
11. Ткачук В.М. Алгоритми і структура даних: навчальний посібник, Івано-Франківськ : Видавництво Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника, 2016, 286 с.
12. International Fire Code 2015. Chapter 4. Emergency planning and preparedness. *ICC Safety Code*. URL: <https://codes.iccsafe.org/content/IFC2015/chapter-4-emergency-planning-and-preparedness>.

13. Kovalyshyn V. V., Khlevnoy O. V., Kharyshyn D. V. Primary school-aged children evacuation from secondary education institutions with inclusive classes. *Sciences of Europe*. Praha, 2020. Vol 60. P. 53–56.
14. Kuligowsky E. D., Peacock R. D. A review of building evacuation models. *National Institute of Standards and Technology, U.S. Department of Commerce, Technical note 1471*. 2005. 156 p.