

**ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ**  
**КАФЕДРА ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ І ТЕХНОЛОГІЙ**

**Пояснювальна записка**

до кваліфікаційної роботи

магістра  
(освітній рівень)

на тему: «Дослідження методів аналізу руйнувань при спостереженні з  
безпілотних літальних апаратів»

Виконав: студент групи 6ПР2  
спеціальності

121 - «Інженерія програмного забезпечення»  
(шифр і назва спеціальності)

Мирошніченко Дмитро Валерійович  
(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н., доц. Доровська І.О.  
(прізвище та ініціали)

Рецензент к.т.н. доцент Козел В.М.  
(прізвище та ініціали)

Хмельницький - 2025

Херсонський національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет, відділення Інформаційних технологій та дизайну  
Кафедра Програмних засобів і технологій  
Освітній рівень магістр  
(шифр і назва)  
Напрямок підготовки ОПП - Програмне забезпечення систем  
Спеціальність 121 – Інженерія програмного забезпечення  
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри ПЗіТ

к.т.н. доц. О.Є. Огнєва

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2025 р.

**З А В Д А Н Н Я  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Мирошніченку Дмитру Валерійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Дослідження методів аналізу руйнувань при спостереженні з безпілотних літальних апаратів»

керівник роботи к.т.н., доц. Доровська І.О.

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

затверджена наказом вищого навчального закладу від 15.09.2025 р. №417-С

2. Строк подання студентом роботи 15.12.2025

3. Вихідні дані до роботи роздільна здатність системи візуалізації не менш ніж 20 МП, підтримка RTK для високоточного геопозиціонування, тривалість польоту не менше 30 хв., архітектура ResNet-34.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1) аналіз існуючих підходів до оцінки пошкоджень із використанням дронів; 2) визначення вимог до системи; 3) підготовка датасету для навчання алгоритмів; 4) розробка та тестування моделей машинного навчання; 5) інтеграція моделей у ПЗ для аналізу.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Архітектура нейронної мережі для аналізу пошкоджень будівель; Методи обстеження руйнацій; конфігурація БПЛА; методи детекції об'єктів; методи трекінгу об'єктів; класифікація станів об'єктів; порівняння результатів

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_ 29.09.2025 \_\_\_\_\_

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№	Назва етапів виконання роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітки
1.	Отримання завдання	29.09.2025	Виконано
2.	Підбір літератури	05.10.2025	Виконано
3.	Аналіз предметної області	19.10.2025	Виконано
4.	Розробка та обґрунтування завдання	26.10.2025	Виконано
5.	Розробка концептуальної моделі	05.11.2025	Виконано
6.	Розробка алгоритму	12.11.2025	Виконано
7.	Проектування програми	26.11.2025	Виконано
8.	Розробка інтерфейсу програми	30.11.2025	Виконано
9.	Тестування програми	05.12.2025	Виконано
10.	Оформлення пояснювальної записки	10.12.2025	Виконано
11.	Захист кваліфікаційної роботи	15.12.2025	Виконано

Студент \_\_\_\_\_ Мирошніченко Д.В. \_\_\_\_\_  
( підпис ) ( прізвище та ініціали )

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Доровська І.О. \_\_\_\_\_  
( підпис ) ( прізвище та ініціали )

## РЕФЕРАТ

**Пояснювальна записка:** 149 сторінок, 49 рисунків, 5 таблиць, 1 додаток, 41 джерело.

**Об'єкт дослідження:** процес збору, обробки та аналізу даних, алгоритми глибокого навчання в автоматизованій системі аналізу руйнувань будівель.

**Предмет дослідження:** автоматизована система аналізу руйнувань будівель на основі машинного навчання з використанням дронів.

**Мета дослідження:** розробка автоматизованої системи, яка використовує алгоритми машинного навчання для аналізу даних, отриманих із БПЛА, з метою швидкої і точної оцінки ступеня руйнувань будівель та інфраструктури.

**Новизна** отриманих результатів полягає в поєднанні використання безпілотних літальних апаратів зі штучним інтелектом, яке дозволяє швидко та точно визначати ступінь руйнувань, що є критично важливим для планування відновлювальних робіт та гуманітарної допомоги.

**Практична цінність** результатів роботи полягає у їх потенційному впливі на процеси післявоєнного відновлення, сприянні підвищенню безпеки, зниженню витрат та прискоренню відбудови зруйнованих регіонів.

**Перелік ключових слів:** ОЦІНКА РУЙНУВАНЬ, МАШИННЕ НАВЧАННЯ, ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ, БПЛА, ІНФРАСТРУКТУРА.

## АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота магістра складається зі вступу, чотирьох розділів, висновку, переліку використаних джерел та додатків.

Актуальність дослідження обумовлена необхідністю оперативного реагування на наслідки військових конфліктів та інших катастроф, які спричиняють масштабні руйнування будівель та інфраструктури.

Традиційні методи оцінки є часозатратними, небезпечними та залежать від людського фактору. Використання безпілотних літальних апаратів у поєднанні зі штучним інтелектом дозволяє швидко та точно визначати ступінь руйнувань, що є критично важливим для планування відновлювальних робіт та гуманітарної допомоги.

Застосування алгоритмів глибокого навчання дозволяє автоматично виявляти, класифікувати та оцінювати ступінь пошкоджень будівель з високою точністю, що значно підвищує ефективність процесу аналізу та мінімізує людський фактор.

В роботі розроблено та досліджено прототип системи автоматичного виявлення та оцінки пошкоджень будівель на основі машинного навчання з використанням даних, отриманих з дронів, що дозволить забезпечити швидкий та точний моніторинг постраждалих територій та сприятиме ефективнішому плануванню відновлювальних робіт.

Використання безпілотних літальних апаратів відкриває нові можливості для безпечного та оперативного збору даних у зонах конфлікту.

Результати роботи можуть бути застосовані для післявоєнного відновлення, оскільки сприяють підвищенню безпеки, зниженню витрат та прискоренню відбудови зруйнованих регіонів.

## ABSTRACT

The master's thesis consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of sources and appendices.

The relevance of the study is due to the need for a prompt response to the consequences of military conflicts and other disasters that cause large-scale destruction of buildings and infrastructure.

Traditional assessment methods are time-consuming, dangerous and depend on the human factor. The use of unmanned aerial vehicles in combination with artificial intelligence allows you to quickly and accurately determine the extent of damage, which is critically important for planning restoration work and humanitarian assistance.

The use of deep learning algorithms allowing automatically detect, classify and assess the extent of damage to buildings with high accuracy, which significantly increases the efficiency of the analysis process and minimizes the human factor.

The thesis developed and researched a prototype of a system for automatic detection and assessment of building damage based on machine learning using data obtained from drones, which will allow for quick and accurate monitoring of affected areas and will contribute to more effective planning of restoration work.

The use of unmanned aerial vehicles opens up new opportunities for safe and rapid data collection in conflict zones.

The results of the thesis can be applied to post-war reconstruction, as they contribute to increasing security, reducing costs, and accelerating the reconstruction of destroyed regions.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧЕНЬ	10
<b>ВСТУП</b>	<b>11</b>
<b>РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ РІШЕНЬ І ТЕХНОЛОГІЙ</b>	<b>13</b>
1.1. Ідентифікація та розпізнавання об'єктів	13
1.2. Аналіз існуючих підходів до розпізнавання об'єктів і трекінгу	15
1.3. Аналіз області машинного навчання	20
1.4. Актуальність проблеми	22
1.4.1. Аналіз безпілотних літальних апаратів	22
1.4.2. Військові дрони	23
1.4.3. Проблеми ідентифікації стану об'єктів	26
1.5. Огляд і аналіз наукових та літературних джерел	29
1.5.1. Існуючі методи аналізу	29
1.5.2. Візуальне обстеження	29
1.5.3. Аналіз супутникових знімків	30
1.5.4. Геоінформаційні системи	31
1.5.5. Інструментальне обстеження	33
1.5.6. Використання дронів для збору даних	33
1.6. Існуючі системи обстеження ступеня руйнування об'єктів	38
Висновок до розділу 1	40
<b>РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ЗАСТОСУВАННЯ БПЛА</b>	<b>42</b>
2.1. Технології безпілотних літальних апаратів	42
2.2. Комплектація дрону	49
2.2.1. Рама	49
2.2.2. Польотний контролер	51
2.2.3. RTK	53
2.2.4. RTK-приймач	55
2.2.5. GPS модуль	57
2.2.6. Система руху	59
2.2.7. Система візуалізації	60
2.3. Конфігурація дрона	63
2.4. Програмне забезпечення	65

	8
2.4.1. QGroundControl	65
2.4.2. Налаштування компонентів	68
2.5. Передача даних і планування місій	73
2.6. Можливості системи обслуговування дронів	77
Висновок до розділу 2	78
<b>РОЗДІЛ 3. ПРОЕКТУВАННЯ АРХІТЕКТУРИ СИСТЕМИ ДЕТЕКЦІЇ</b>	<b>80</b>
3.1. Проектування архітектури системи	80
3.2. Аналіз даних для навчання моделі	84
3.3. Вибір алгоритму детекції та класифікації станів	87
<b>РОЗДІЛ 4. ОПИС ПРОГРАМНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ</b>	<b>91</b>
4.1. Огляд технологічного стеку та вибір інструментів	91
4.2. Архітектура та компоненти системи	95
4.2.1. Компоненти системи	95
4.2.2. Файлова структура	97
4.2.3. Архітектура Embedded системи	98
4.3. Проектування тестового сценарію	99
4.4. Розроблені алгоритми	100
4.4.1. Алгоритм пайплайну детекції	100
4.4.2. Алгоритм спостереження з дрону	102
<b>РОЗДІЛ 5. ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ ТА АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ</b>	<b>105</b>
5.1. Застосування технології аналізу зображень для оцінки пошкоджень	105
5.2. Методологія оцінки пошкоджень будівель з допомогою дронів	107
5.3. Siamese Neural Network	109
5.4. Датасет	110
5.5. Тренування моделі навчання	114
5.6. Модель порівняння ознак	122
5.7. Функція втрат	124
5.8. Аналіз результатів	126
Висновок до розділу 5	130
<b>ВИСНОВКИ</b>	<b>132</b>
<b>ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b>	<b>135</b>
<b>ДОДАТОК А. ТЕКСТ ПРОГРАМИ</b>	<b>140</b>



## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧЕНЬ

- БПЛА – безпілотний літальний апарат;
- ШІ (AI) – штучний інтелект (artificial intelligence);
- МН (ML) – машинне навчання (machine learning);
- CNN – Convolutional Neural Network (згортова нейронна мережа);
- U-Net – архітектура для сегментації зображень;
- РТК – Real-Time Kinematic (кінематика в реальному часі);
- РПК – Post Processed Kinematic (постоброблена кінематика);
- РРР – Precise Point Positioning (точне точкове позиціонування);
- Albumentations – бібліотека для аугментації даних;
- ResNet – архітектура нейронної мережі для вилучення ознак; xBD – датасет для аналізу руйнувань будівель;
- VTOL – Vertical Take-Off and Landing (тип БПЛА);
- GSD – Ground Sample Distance (розмір одного пікселя на земній поверхні);
- ESC – регулятори швидкості двигунів.

## ВСТУП

За останні роки військові конфлікти призвели до масштабних руйнувань будівель та інфраструктури в багатьох регіонах. Знищення та руйнація житлових кварталів, об'єктів соціальної інфраструктури та культурної спадщини створює серйозні гуманітарні та економічні виклики.

Швидка та точна оцінка пошкоджень є критично важливою для планування відновлювальних робіт, надання допомоги постраждалим та забезпечення безпеки населення.

Актуальність теми полягає в необхідності розробки ефективних методів аналізу руйнувань, спричинених військовими діями. Традиційні способи оцінки стану будівель часто є небезпечними, затратними та потребують багато часу, особливо в умовах активних бойових дій або на мінованих територіях.

Використання безпілотних літальних апаратів, або дронів, відкриває нові можливості для безпечного та оперативного збору даних у зонах конфлікту. Дрони можуть швидко отримувати високоякісні зображення та відеоматеріали навіть у важкодоступних або небезпечних для людини районах, що є незамінним для оцінки масштабів руйнувань.

Машинне навчання та штучний інтелект пропонують потужні інструменти для автоматизованого аналізу зібраних даних. Застосування алгоритмів глибокого навчання дозволяє автоматично виявляти, класифікувати та оцінювати ступінь пошкоджень будівель з високою точністю. Це значно підвищує ефективність процесу аналізу та мінімізує людський фактор.

Метою цієї магістерської роботи є розробка та дослідження системи автоматичного виявлення та оцінки пошкоджень будівель, на основі машинного навчання з використанням даних, отриманих з дронів. Це дозволить забезпечити швидкий та точний моніторинг постраждалих територій, що сприятиме ефективнішому плануванню відновлювальних робіт та наданню гуманітарної допомоги.

Об'єктом дослідження є процес збору, обробки та аналізу даних, алгоритми глибокого навчання в автоматизованій системі аналізу руйнувань будівель.

Предметом дослідження є автоматизована система аналізу руйнувань будівель на основі машинного навчання з використанням дронів.

Новизна отриманих результатів полягає в поєднанні використання безпілотних літальних апаратів зі штучним інтелектом, яке дозволяє швидко та точно визначати ступінь руйнувань, що є критично важливим для планування відновлювальних робіт та гуманітарної допомоги.

Практична цінність результатів роботи полягає у їх потенційному впливі на процеси післявоєнного відновлення, сприянні підвищенню безпеки, зниженню витрат та прискоренню відбудови зруйнованих регіонів.

Впровадження такої системи також може бути корисним для міжнародних організацій та урядів у контексті реагування на надзвичайні ситуації та управління криз.