

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет систем управління літальних апаратів

Кафедра комп'ютерних наук та інформаційних технологій

**Пояснювальна записка**  
**до кваліфікаційної роботи**  
(тип кваліфікаційної роботи)

магістра

(освітній ступінь)

на тему «Розпізнавання об'єктів за інфрачервоними тепловізійними даними  
отриманими з дрону»

XAI.302.367.23O.122.83139 ПЗ

Виконав: студент 6 курсу групи № 367  
Спеціальність 122 «Комп'ютерні науки»

(код та найменування)

Освітня програма Комп'ютеризація  
обробки інформації та управління

Євстаф'єв Д.О.

(прізвище й ініціали студента)

Керівник: доц. каф. 302, к.т.н.

Єлізева А.В.

(прізвище й ініціали)

Рецензент: Литвинов А.Л.

(прізвище й ініціали)

Харків – 2023

**Міністерство освіти і науки України**  
**Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського**  
**«Харківський авіаційний інститут»**

Факультет систем управління літальних апаратів  
 Кафедра комп'ютерних наук та інформаційних технологій  
 Рівень вищої освіти другий (магістерський)  
 Галузь знань 12 «Інформаційні технології»  
 (код та найменування)  
 Спеціальність 122 «Комп'ютерні науки»  
 Освітня програма Комп'ютеризація обробки інформації та управління

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
**Завідувач кафедри**  
**Олег ФЕДОРОВИЧ**

( підпис ) ( ім'я та прізвище )  
 «07» листопада 2023 р.

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Свстаф'єву Денису Олександровичу  
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Розпізнавання об'єктів за інфрачервоними тепловізійними даними отриманими з дрону

керівник кваліфікаційної роботи Єлізева А.В., к.т.н., доц. каф. 302,

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

затверджені наказом Університету № 1968-уч. від « 06 » листопада 20 23 року

2. Термін подання студентом кваліфікаційної роботи 10.01.2024

3. Вихідні дані до проекту (роботи) датасет знімків, зроблених інфрачервоною камерою з дрону

4. Зміст пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розв'язати) аналіз особливостей використання ближніх та середньо-дальніх інфрачервоних зображень; аналіз алгоритмів виявлення об'єктів на основі безпілотних літальних апаратів; вибір датасету; навчання попередньо навченої моделі; оцінка результатів виявлення об'єктів; проведення експериментів з різними моделями виявлення об'єктів та порівняння результатів

5. Перелік графічного матеріалу особливості використання інфрачервоного бачення для вирішення завдань комп'ютерного зору; ціль та задачі дослідження; інфрачервоне бачення: ближні та середньо-дальні інфрачервоні зображення;

важливість роздільної здатності для задач виявлення, розпізнавання та ідентифікації; аналіз існуючих датасетів; датасет HIT-UAV; детектор YOLOv8; навчання та оцінка; результати передбачення; порівняння виявлення об'єктів на тестовому наборі; порівняння різних моделей виявлення об'єктів

## 6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

| Розділ                    | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|---------------------------|-------------------------------------------|----------------|------------------|
|                           |                                           | завдання видав | завдання прийняв |
| з основної частини        | Єлізева А.В., доц. каф. 302               |                |                  |
| з спеціального розділу    | Єлізева А.В. доц. каф. 302                |                |                  |
| з економіки та управління | Малєєва Ю. А. доц. каф. 302               |                |                  |

Нормоконтроль \_\_\_\_\_ Олександр ПРОХОРОВ «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.  
(підпис) (імя та прізвище)

7. Дата видачі завдання « 10 » вересня 2023 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № п/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи                                                                  | Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи | Примітка |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------|
| 1     | АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ ІНФРАЧЕРВОНОГО БАЧЕННЯ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАВДАНЬ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ     | 10.09 – 20.09                                 |          |
| 2     | ПІДГОТОВКА ТА ВИБІР ДАТАСЕТУ З ІНФРАЧЕРВОНИМИ ТЕПЛОВИМИ ДАНИМИ, ОТРИМАНИМИ З ДРОНУ                   | 21.09 – 28.09                                 |          |
| 3     | ПОБУДОВА МОДЕЛІ МАШИННОГО НАВЧАННЯ                                                                   | 29.09 – 20.10                                 |          |
| 4     | ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТІВ З ВИЯВЛЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ЗА ІНФРАЧЕРВОНИМИ ТЕПЛОВИМИ ДАНИМИ, ОТРИМАНИМИ З ДРОНУ | 21.10 – 20.11                                 |          |
| 5     | ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ                                                                                   | 20.11 – 25.11                                 |          |

Студент \_\_\_\_\_ Денис ЄВСТАФ'ЄВ  
(підпис) (імя та прізвище)

Керівник кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_ Аліна ЄЛІЗЄВА  
(підпис) (імя та прізвище)

УДК 004.8

## РЕФЕРАТ

Розпізнавання об'єктів за інфрачервоними тепловізійними даними отриманими з дрону – Євстаф'єв Денис, кваліфікаційна робота магістра, Харків, Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», кількість сторінок, враховуючи додатки 73, кількість таблиць 17, кількість рисунків 39, кількість джерел літератури 19.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** інфрачервоні зображення, інфрачервона камера, виявлення об'єктів, нейронна мережа, машинне навчання.

**ЦІЛЬ:** дослідження застосування інфрачервоної теплової камери для завдання виявлення об'єктів та виконання пошуково-рятувальних місій на базі БПЛА вночі.

**ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ:** процеси аналізу інфрачервоних зображень.

**ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ:** методи, моделі та засоби виявлення об'єктів на зображеннях, отриманих від інфрачервоної теплової камери БПЛА.

**ЗАДАЧІ:** аналіз особливостей використання ближніх та середньо-дальніх інфрачервоних зображень; аналіз алгоритмів виявлення об'єктів на основі безпілотних літальних апаратів; вибір датасету; навчання попередньо навченої моделі; оцінка результатів виявлення об'єктів; проведення експериментів з різними моделями виявлення об'єктів та порівняння результатів.

**МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ:** методи комп'ютерного зору, методи виявлення об'єктів.

**ОТРИМАНІ РЕЗУЛЬТАТИ:** розроблено модель машинного навчання, яка дає можливість вирішувати задачі застосування інфрачервоної теплової камери при виявленні об'єктів, що може бути використано при пошуково-рятувальних місіях на базі БПЛА вночі.

UDC 004.8

## **ABSTRACT**

Object recognition by infrared thermal imaging data obtained from a drone – Denis Yevstafyev, Master Thesis, Kharkiv, National Aerospace University “KhAI”, amount of pages 73, amount of tables 17, amount of figures 39, amount of literature’s sources 19.

**KEYWORDS:** infrared imaging, infrared camera, object detection, neural network, machine learning.

**OBJECTIVE:** research on the use of an infrared thermal camera for the task of detecting objects and performing search and rescue missions based on UAVs at night.

**RESEARCH OBJECT:** infrared image analysis processes.

**SUBJECT OF RESEARCH:** methods, models and means of detecting objects on images obtained from an infrared thermal camera of a UAV.

**TASKS:** analysis of features of using near and mid-far infrared images; analysis of object detection algorithms based on unmanned aerial vehicles; dataset selection; training of a previously trained model; assessment of object detection results; conducting experiments with different object detection models and comparing the results.

**RESEARCH METHODS:** computer vision methods, object detection methods.

**RESULTS OBTAINED:** a machine learning model has been developed, which makes it possible to solve the problems of using an infrared thermal camera in object detection, which can be used in search and rescue missions based on UAVs at night.

## ЗМІСТ

|                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП.....                                                                                                    | 7  |
| 1 АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ ІНФРАЧЕРВОНОГО БАЧЕННЯ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАВДАНЬ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ .....      | 8  |
| 1.1 Інфрачервоне бачення: ближні та середньо-дальні інфрачервоні зображення .....                             | 8  |
| 1.2 Види інфрачервоних камер .....                                                                            | 11 |
| 1.3 Сфери застосування .....                                                                                  | 13 |
| Висновки за розділом.....                                                                                     | 18 |
| 2 ПІДГОТОВКА ТА ВИБІР ДАТАСЕТУ З ІНФРАЧЕРВОНИМИ ТЕПЛОВИМИ ДАНИМИ, ОТРИМАНИМИ З ДРОНУ .....                    | 19 |
| 2.1 Аналіз існуючих датасетів.....                                                                            | 19 |
| 2.2 Набір даних HIT-UAV .....                                                                                 | 23 |
| 2.3 Анотування об'єктів в наборі даних HIT-UAV.....                                                           | 25 |
| 2.4 Генерація набору даних .....                                                                              | 26 |
| 2.5 Категорії анотованих об'єктів.....                                                                        | 28 |
| Висновки за розділом.....                                                                                     | 30 |
| 3 ПОБУДОВА МОДЕЛІ МАШИННОГО НАВЧАННЯ .....                                                                    | 31 |
| 3.1 Вибір архітектури.....                                                                                    | 31 |
| 3.2 Встановлення бібліотек та завантаження датасету .....                                                     | 31 |
| 3.3 Навчання моделі .....                                                                                     | 37 |
| 3.4 Оцінка .....                                                                                              | 39 |
| Висновки за розділом.....                                                                                     | 45 |
| 4 ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТІВ З ВИЯВЛЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ЗА ІНФРАЧЕРВОНИМИ ТЕПЛОВИМИ ДАНИМИ, ОТРИМАННИМИ З ДРОНУ ..... | 46 |
| 4.1 Аналіз результатів виявлення об'єктів на моделі YOLO.....                                                 | 46 |
| 4.2 Порівняння різних моделей виявлення об'єктів .....                                                        | 49 |
| Висновки за розділом.....                                                                                     | 52 |
| ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ .....                                                                                      | 53 |
| 5.1 Мета розділу .....                                                                                        | 53 |
| 5.2 Визначення тривалості та розрахунок собівартості виконання проекту (перший варіант).....                  | 53 |
| 5.3 Визначення тривалості та розрахунок собівартості виконання проекту (другий варіант).....                  | 58 |
| Висновки за розділом.....                                                                                     | 62 |
| ВИСНОВКИ.....                                                                                                 | 63 |
| ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....                                                                                        | 64 |
| ДОДАТОК А. Графічні матеріали.....                                                                            | 66 |

## ВСТУП

### **Актуальність теми дослідження.**

Алгоритми виявлення об'єктів на основі безпілотних літальних апаратів (БПЛА) широко використовуються для різних областей, таких як інвентаризація лісів, програми картографування, моніторинг дорожнього руху, пошуково-рятувальні операції, охорона та військові застосування. Завдяки швидкому розвитку глибокого навчання та периферійних обчислень БПЛА можуть завантажувати периферійні обчислювальні пристрої алгоритмами штучного інтелекту, тим самим збільшуючи їхню цінність у вищезгаданих програмах.

Інфрачервоні тепловізійні камери дають змогу БПЛА ефективніше виконувати завдання вночі але для цього слід побудувати модель машинного навчання, яка зможе ефективно вирішувати завдання виявлення об'єктів.

**Мета дослідження** – дослідження застосування інфрачервоні теплової камери для завдання виявлення об'єктів та виконання пошуково-рятувальних місій на базі БПЛА вночі.

Для досягнення мети необхідно виконати наступні **завдання**:

- аналіз особливостей використання ближніх та середньо-дальніх інфрачервоних зображень;
- аналіз алгоритмів виявлення об'єктів на основі безпілотних літальних апаратів;
- вибір датасету;
- навчання попередньо навченої моделі;
- оцінка результатів виявлення об'єктів;
- проведення експериментів з різними моделями виявлення об'єктів та порівняння результатів.

**Об'єкт дослідження** – процеси аналізу інфрачервоних зображень.

**Предмет дослідження** – методи, моделі та засоби виявлення об'єктів на зображеннях, отриманих від інфрачервоні теплової камери БПЛА.

**Практичне значення отриманих результатів.** Розроблено модель машинного навчання, яка дає можливість вирішувати задачі застосування інфрачервоні теплової камери при виявленні об'єктів, що може бути використано при пошуково-рятувальних місіях на базі БПЛА вночі.

**Структура та обсяг кваліфікаційної роботи магістра.** Кваліфікаційна робота магістра складається зі вступу, 5 розділів, висновків, додатків та переліку посилань. Повний обсяг кваліфікаційної роботи магістра становить 73 сторінок, в тому числі: 39 рисунків; 17 таблиць; 1 додаток на 8 сторінках; перелік посилань з 19 найменувань на 2 сторінках.