

ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(повне найменування вищого навчального закладу)
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))
КАФЕДРА ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

бакалавра

(освітній рівень)

на тему: «Програмна реалізація методу класифікації гіперспектральних
зображень дистанційного зондування»

Виконав: здобувач освіти 4 року навчання,
групи 4ПР1 спеціальності
121 - «Інженерія програмного забезпечення»
(шифр і назва спеціальності)

Кензіор Марія Андріївна

(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н., доц. Доровська І.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент к.т.н. доцент Вишемирська С.В.

(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 бакалавр
Спеціальність 121 – Інженерія програмного забезпечення
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
Програмних засобів та технологій
к.т.н. доц. О.Є. Огнєва
“ ____ ” _____ 2025 р.

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ

Кензіор Марії Андріївні

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи «Програмна реалізація методу класифікації гіперспектральних зображень дистанційного зондування»

керівник роботи к.т.н. доцент Доровська І.О.,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом вищого навчального закладу від 20.01.2025 р. №94-С

2. Строк подання здобувачем роботи 15.06.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи літературні та періодичні джерела, деталі даних; географічні ділянки; показники класифікації

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

1) здійснити огляд літератури за темою роботи; 2) дослідити актуальність обраної теми; 3) ознайомитись із існуючими методами та моделями класифікації гіперспектральних зображень; 4) здійснити порівняльний аналіз наявних методів, виявити їх переваги та недоліки; 5) розробити та реалізувати власний метод для обробки гіперспектральних зображень на основі згорткової нейронної мережі; 6) виконати аналіз результатів, порівняти побудовані моделі.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1) Математична модель. 2) Використання CNN.

3) Вихідні дані. 4) Фрагментація гіперспектрального зображення.

5) Архітектура згорткової мережі.

6) Знаходження контурів об'єктів на зображенні.

7). Алгоритм обробки даних. 8) Графіки точності

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітки
1.	Отримання завдання	20.01.2025	Виконано
2.	Підбір літератури	21.01.2025-31.01.2025	Виконано
3.	Аналіз предметної області	01.02.2025-15.02.2025	Виконано
4.	Розробка та обґрунтування завдання	16.02.2025-25.02.2025	Виконано
5.	Розробка концептуальної моделі	26.02.2025-12.03.2025	Виконано
6.	Розробка алгоритму	13.03.2025-25.03.2025	Виконано
7.	Проектування програмної системи	26.03.2025-11.04.2025	Виконано
8.	Розробка інтерфейсу програмної системи	12.04.2025-18.03.2025	Виконано
9.	Тестування програмної системи	19.04.2025-25.04.2025	Виконано
10.	Оформлення пояснювальної записки	26.04.2025-09.05.2025	Виконано
11.	Захист кваліфікаційної роботи	15.06.2025	Виконано

Здобувач вищої освіти _____ Кензіор М.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра: 96 сторінок, 20 рисунків, 12 таблиць, 1 додаток, 15 джерел.

Мета роботи – розробка та впровадження інтелектуальної системи класифікації гіперспектральних зображень на основі згорткових нейронних мереж (CNN) для підвищення точності, швидкості та надійності класифікації в задачах аналізу багатовимірних даних.

Об'єкт дослідження – гіперспектральні зображення та їх характеристики, які використовуються для класифікації у задачах дистанційного зондування у різних галузях.

Предмет дослідження – методи та алгоритми класифікації гіперспектральних зображень, що базуються на згорткових нейронних мережах (CNN), а також їх параметри, архітектури та вплив різних підходів до обробки даних на якість класифікації..

Методи дослідження базуються на принципах системного аналізу, функціонального аналізу, теорії баз даних; також були використані методи оптимізації цільової функції з заданими обмеженнями.

Новизна роботи полягає в інтеграції вагових околів для класифікації гіперспектральних пікселів із використанням контурів об'єктів, що дозволяє моделі адаптуватися до специфіки гіперспектральних даних, забезпечуючи збереження контекстної інформації та зменшуючи вплив шумів.

Практична цінність результатів роботи полягає в створенні інтелектуальної системи обробки гіперспектральних зображень, яка використовує локальні патчі пікселів і вагові коефіцієнти для врахування локальних контекстів.

Ключові слова: гіперспектральні зображення, згорткові нейронні мережі, класифікація зображення, інтелектуальні системи, глибоке навчання, вагове згасання пікселів.

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота бакалавра складається зі вступу, трьох розділів, висновку, списку використаних джерел та додатку.

У роботі досліджено методи класифікації гіперспектральних зображень під час дистанційного зондування.

Результатом роботи стала розробка інтелектуальної системи обробки гіперспектральних зображень, яка використовує локальні патчі пікселів і вагові коефіцієнти для врахування локальних контекстів. У базовій версії метод включав класичні 2D-CNN, а в розширеній – інтеграцію даних про контури об'єктів, що дозволило підвищити точність класифікації.

Проведені експерименти продемонстрували ефективність розробленого підходу, модель із використанням патчів із ваговим оточенням у 8 пікселів досягла найкращих результатів. Порівняно з іншими підходами, розроблений метод показав значне покращення результатів класифікації, зокрема для класів із низьким розміром вибірки.

Основними перевагами розробленої системи є висока точність класифікації завдяки врахуванню спектрально-просторових залежностей; адаптивність системи до різних завдань та специфіки гіперспектральних даних; ефективність обчислень навіть за великого обсягу вхідної інформації.

Запропонований підхід може бути використаний для вирішення складних задач під час дистанційного зондування у екологічному моніторингу, сільському господарстві, медицині тощо.

ABSTRACT

The bachelor's thesis consists of an introduction, three chapters, a conclusion, a list of sources and an appendix.

The work investigates methods for classifying hyperspectral images during remote sensing.

The work resulted in the development of an intelligent hyperspectral image processing system that uses local pixel patches and weighting coefficients to take into account local contexts. In the basic version, the method included classic 2D-CNN, and in the extended version, the integration of data about object contours, which allowed to increase the accuracy of classification.

The experiments conducted demonstrated the effectiveness of the developed approach, the model using patches with a weighting range of 8 pixels achieved the best results. Compared to other approaches, the developed method showed a significant improvement in classification results, in particular for classes with a low sample size.

The main advantages of the developed system are high classification accuracy due to taking into account spectral-spatial dependencies; adaptability of the system to various tasks and the specificity of hyperspectral data; computational efficiency even with a large amount of input information.

The proposed approach can be used to solve complex problems during remote sensing in environmental monitoring, agriculture, medicine, etc.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ.....	11
1.1. Постановка завдання	11
1.2. Актуальність теми дослідження	12
1.3. Опис гіперспектральних зображень	13
1.4. Проблеми обробки гіперспектральних зображень.....	15
1.5. Галузі застосування гіперспектральних зображень	20
1.6. Основні вимоги до систем обробки гіперспектральних зображень	22
1.7. Загальна інформація про згорткові нейронні мережі (CNN).....	23
1.8. Використання CNN для класифікації гіперспектральних зображень	25
1.9. Висновки до розділу 1.....	27
РОЗДІЛ 2. СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО КЛАСИФІКАЦІЇ ГІПЕРСПЕКТРАЛЬНИХ ЗОБРАЖЕНЬ	29
2.1. Формальний опис задачі класифікації гіперспектральних зображень	29
2.2. Метрики якості класифікації.....	30
2.3. Існуючі методи класифікації гіперспектральних зображень.....	32
2.4. Сучасні адаптації CNN для класифікації гіперспектральних зображень	43
2.5. Висновки до розділу 2.....	46
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ПІДХОДУ ДЛЯ КЛАСИФІКАЦІЇ ГІПЕРСПЕКТРАЛЬНИХ ЗОБРАЖЕНЬ	47
3.1. Опис датасету	47
3.2. Базова версія розробленого підходу	49
3.3. Розширена версія підходу	56

3.4. Результати	62
3.5. Висновки до розділу 3	76
ВИСНОВКИ.....	77
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	79
ДОДАТОК А. ЛІСТИНГ ПРОГРАМИ.....	81

ВСТУП

Гіперспектральна зйомка та аналіз отриманих зображень є сучасним напрямом досліджень, що швидко розвивається завдяки своїй здатності надавати багатий обсяг даних про спектральні характеристики об'єктів і явищ. Ця технологія відкриває широкі можливості для вивчення навколишнього середовища, оптимізації ресурсів, моніторингу змін у природних та штучних об'єктах, а також вирішення складних прикладних завдань у таких галузях, як екологія, сільське господарство, геологія, медицина та багато інших.

Проте обробка гіперспектральних даних залишається значним викликом через їх високу розмірність, присутність шумів і необхідність інтеграції спектральної та просторової інформації. Традиційні підходи аналізу, що використовуються в комп'ютерному зорі та машинному навчанні, виявляються недостатньо ефективними для роботи з такими складними структурами даних. У цьому контексті розвиток і адаптація методів глибокого навчання, зокрема згорткових нейронних мереж (CNN), відкриває нові перспективи для покращення точності, швидкості та надійності класифікації.

Обрана тема дослідження базується на актуальності вирішення проблеми ефективної обробки гіперспектральних зображень шляхом використання сучасних методів глибокого навчання.

У роботі передбачається розробка інтелектуальної системи класифікації, яка враховує особливості таких даних, забезпечуючи інтеграцію просторових і спектральних ознак для досягнення високої точності результатів.

Важливою складовою дослідження є розробка алгоритмічних рішень, які дозволяють обробляти великі обсяги інформації у стислі строки, що є необхідним у реальних умовах використання.

Реалізація запропонованих підходів не лише має значний науковий інтерес, а й демонструє великий потенціал для їх впровадження у практику, забезпечуючи значні переваги у порівнянні з існуючими методами.

Робота спрямована на розширення можливостей інтелектуального аналізу гіперспектральних даних шляхом впровадження інноваційних підходів до їх класифікації та створення адаптивної системи, яка відповідає сучасним вимогам обробки багатовимірної інформації.