

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Національного технічного університету
«Дніпровська політехніка»
доктору технічних наук, доценту
Лактіонову Івану Сергійовичу

ВІДГУК РЕЦЕНЗЕНТА,
кандидата технічних наук, доцента Сергєєвої Катерини Леонідівни
на дисертаційну роботу
Шевцової Ольги Сергіївни
«Інформаційна технологія попередньої обробки та класифікації різночасових
супутникових зображень високої просторової розрізненості»
подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії
в галузі знань 12 «Інформаційні технології»
за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки»

1. Загальна характеристика роботи

Повний обсяг роботи 165 сторінок, у тому числі 158 сторінок основного тексту. Робота складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків, список використаних джерел налічує 136 найменувань.

До розгляду подано дисертацію на здобуття ступеня доктора філософії та копії усіх опублікованих автором робіт, які відображають результати та зміст дослідження.

2. Оцінка актуальності теми дисертації

У дисертації представлено нове вирішення актуальної науково-практичної задачі в галузі комп'ютерних наук щодо мінімізації впливу на супутникові зображення джерел шуму різного походження, сегментації, класифікації та уніфікації різнорідних та різночасових зображень високої просторової розрізненості. Для досягнення поставленої мети авторкою запропоновано інформаційну технологію попередньої обробки та підвищення інформативності первинних даних та інформаційну технологію класифікації багатоканальних супутникових зображень з використанням згорткової нейронної мережі. Точність та швидкодія розроблених інформаційних технологій протестована на декількох відкритих наборах супутникових даних.

Актуальність вирішення поставленої в дисертаційній роботі задачі зумовлена необхідністю розробки швидких, точних та ефективних методів попередньої обробки й класифікації великих обсягів супутникових даних високої просторової розрізненості для їх швидкого аналізу та прийняття управлінських рішень. Розробка відповідних інформаційних технологій на основі методів машинного навчання дозволить підвищити ефективність автоматизованої попередньої обробки та точність вирішення тематичних задач супутникового моніторингу довкілля.

Для обґрунтування мети та поставлених у роботі задач, у дисертації проведено детальний аналіз: 1) існуючого математичного та програмного забезпечення для розробки інформаційних технологій класифікації супутникових зображень високої просторової розрізненості, 2) сучасних методів обробки та оптимізації основних характеристик великих обсягів супутникових даних, 3) інформаційних технологій попередньої обробки багатоканальних супутникових зображень. Авторкою розглянуто достатньо велику кількість сучасних робіт науковців з усього світу. Тема дисертаційного дослідження Шевцової О.С. є актуальною та важливою, зокрема, для вирішення зазначених вище задач.

3. Оцінка наукових результатів дисертації

Вирішення поставлених завдань дисертаційної роботи виконано на основі нових наукових положень, які полягають у наступному:

- запропоновано метод оптимізації основних характеристик великих обсягів даних на основі застосування короткої структури організації даних, яка дозволяє підвищити швидкість пошуку та обробки даних дистанційного зондування;
- розроблено інформаційну технологію попередньої обробки супутникових зображень високої просторової розрізненості з використанням згорткової нейронної мережі на підставі текстурних ознак та просторових залежностей;
- розроблено інформаційну технологію швидкої класифікації різночасових супутникових зображень високої просторової розрізненості на базі нейромережевої архітектури з високою точністю;
- вдосконалено архітектуру згорткової мережі на базі U-Net для задач семантичної сегментації супутникових зображень високої просторової розрізненості;
- покращено точність методу автоматизованого розпізнавання об'єктів забудови на цифрових аерофотознімках на основі згорткової нейронної мережі;

- вдосконалено інформаційну технологію розпізнавання та моніторингу водних об'єктів на різночасових оптичних супутникових зображеннях високої просторової розрізненості з субпіксельною точністю.

4. Оцінка практичного значення результатів роботи

Отримані авторкою результати можуть бути використані для вирішення задач хмарної обробки та аналізу зображень високої просторової розрізненості на базі IaaS-сервісу обробки потоків даних дистанційного зондування Землі з використанням глибокого навчання і хмарних технологій Kubernetes і Apache Airflow. Інформаційна технологія класифікації аерокосмічних зображень реалізована у вигляді програмного додатку Image Processing, написаного мовою Python у середовищі Microsoft Visual Studio 2023 на основі бібліотеки PyQt5, що дозволяє завантажувати багатоканальні супутникові зображення високої просторової розрізненості, проводити їх попередню обробку та класифікацію.

Здобувачка є виконавицею науково-дослідних робіт: «Методи, моделі та технології обробки даних в комп'ютерних системах загального та спеціального призначення» (№ державної реєстрації 0121U113718); «Високопродуктивні багатопроцесорні системи: особливості конструювання, дослідження оцінок ефективності, застосування до розв'язування прикладних задач» (№ державної реєстрації 0122U201569) та «Моделі й інформаційні технології обробки та аналізу даних в складних комп'ютерних системах і мережах» (№ державної реєстрації 0121U114523).

Запропоновані у дисертації технічні рішення впроваджені в системах аналізу зображень «Дніпрокосмос» філії Національного центру управління та випробувань космічних засобів Державного космічного агентства України та Іноземного підприємства «ЕМЕРДЖН».

Результати проведених досліджень застосовуються у навчальному процесі Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» при розробці дисциплін «Обробка зображень та комп'ютерний зір», «Машинне навчання», «Сучасні методи і системи підтримки прийняття рішень», «Моделі та методи штучного інтелекту в комп'ютерних науках».

Результати впровадження підтверджені відповідними актами.

5. Оцінка достовірності та обґрунтованості основних положень і висновків дисертації

Наукові положення, висновки та пропозиції у достатній мірі обґрунтовані результатами експериментів на відкритих наборах даних, їх порівнянням із новітніми науковими розробками інших авторів та практичними застосуваннями.

Нові наукові результати та положення повністю відображені у 10 роботах: 3 статті, що входять до НМБД Scopus, 5 статей, що входять до переліку фахових за спеціальністю 122 – Комп’ютерні науки, 2 публікації у збірниках наукових праць та матеріалах міжнародних конференцій. Кількість публікацій, їх повнота та обсяг у достатній мірі відображають особистий внесок авторки і відповідають вимогам, що висуваються до дисертації на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

6. Оцінка змісту й оформлення дисертації

Дисертаційна робота написана українською мовою. В роботі використаний науковий стиль та загальноприйнята термінологія. Робота виконана в чіткій логічній послідовності відповідно до поставлених мети та задач досліджень.

У дисертаційній роботі вирішено актуальне питання створення інформаційної технології попередньої обробки та класифікації різночасових супутникових зображень високої просторової розрізненості, яка є інструментарієм вирішення прикладних задач моніторингу довкілля.

Постановка науково-прикладної задачі, вирішенню якої присвячена дисертаційна робота, є коректною. В роботі розглянуто окремі складові задачі, а саме: вирішення задач дешифрування, класифікації зображень та розпізнавання об’єктів.

У **першому розділі** «Огляд сучасного стану проблеми попередньої обробки та класифікації супутникових зображень високої просторової розрізненості» розглянуто основні характеристики супутникових зображень та етапи їх попередньої обробки, проаналізовано сучасні методи та технології сегментації та класифікації зображень, наведено основні платформи та проекти обробки та аналізу супутникових зображень. Визначено проблеми та виклики у класифікації супутникових даних високої просторової розрізненості обґрунтовано вибір базових підходів до вирішення таких проблем.

У **другому розділі** «Обробка різночасових супутникових зображень високої просторової розрізненості» запропоновано метод оптимізації обробки великих даних дистанційного зондування Землі, що дозволяє мінімізувати час і обчислювальні ресурси, задіяні в обробці, до масштабу реального часу. Запропоновано рішення Infrastructure-as-a-Service для обробки потоку даних дистанційного зондування на основі глибокого навчання та хмарних технологій Kubernetes та Apache Airflow з використанням платформи Google Cloud Platform. Розроблено інформаційну технологію попередньої обробки супутникових зображень на базі згорткової нейронної мережі, яка здатна ефективно вилучати деталі текстури та просторові залежності, а також локальну та нелокальну інформацію для покращення точності та інформативності зображень після попередньої обробки.

У **третьому розділі** «Розробка нейромережевої технології семантичної сегментації супутникових зображень високої просторової розрізненості» запропоновано модифіковану Unet-подібну архітектуру сімейства автокодувальників для обробки зображень високої просторової розрізненості, зокрема з супутника WorldView-3. Представлено технологію пост-обробки результатів сегментації зображень, яка реалізована як верхні шари для Unet-подібної магістральної архітектури. Виконано модульну та інтеграційну експериментальну перевірку ефективності нейромережевих обчислень.

У **четвертому розділі** «Класифікація аерокосмічних зображень високої просторової здатності при вирішенні практичних завдань» представлено результати застосування розробленої інформаційної технології класифікації аерокосмічних зображень при вирішенні практичних завдань, зокрема для розпізнавання і визначення контурів об'єктів забудови на знімках з БПЛА. Розроблену інформаційну технологію розпізнавання та моніторингу водних об'єктів застосовано для картографування контурів поверхневих водойм та аналізу просторово-часових змін за даними Sentinel-2 для ділянки берегової лінії Одеської області. Представлено результати експериментальних досліджень, що підтверджують високу точність та ефективність запропонованих у роботу технологічних рішень.

7. Зауваження до дисертаційної роботи

1. В розділі 1 варто було б виконати більш детальний аналіз переваг та недоліків основних методів класифікації. Крім того, у висновках до першого розділу говориться про можливість використання сучасних програмних продуктів (ERDAS, ENVI, ArcGIS, MATLAB, OpenCV) для вирішення низки питань з уніфікації процедур попередньої обробки та класифікації супутникових зображень. Разом з тим, у тексті розділу відсутній аналіз функціоналу зазначених програмних продуктів.
2. В розділі 2 авторкою перелічено недоліки існуючих методів паншарпенінгу, але недостатньо обґрунтовано, яким чином запропонована технологія здатна усунути зазначені недоліки. У розділі відсутній результат перевірки гіпотези про невинновість отриманого результату.
3. В розділі 3, підпункт 3.1.3. "Архітектура мережі" авторка наводить огляд поширених метрик оцінки точності результатів сегментації, таких як IoU, Dice, F-score. Доцільно перенести такий огляд у перших розділ роботи, натомість у третьому розділі обґрунтувати вибір однієї метрики, враховуючи існуючі залежності між метриками Dice, F-score та IoU.
4. У четвертому розділі не наведена оцінка невизначеності картування мілководних ділянок поверхневих водойм та перезволожених ґрунтів, зображення яких містять змішані пікселі, що є причиною збільшення помилки сегментації.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними, не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

8. Висновок про дисертаційну роботу

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, ознайомившись із науковими публікаціями та дисертацією О.С. Шевцової, відзначаю відсутність порушень академічної доброчесності.

Вважаю, що дисертація О.С. Шевцової на тему «Інформаційна технологія попередньої обробки та класифікації різночасових супутникових зображень високої просторової розрізненості» подана на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки» є завершеним науковим дослідженням, яке вирішує актуальну задачу підвищення ефективності та точності попередньої обробки, класифікації аерокосмічних зображень та автоматизованого розпізнавання об'єктів. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені наказом МОН України №40 від 12.01.2017р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» (зі змінами) та «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. №44.

Здобувачка Шевцова Ольга Сергіївна заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки».

Рецензентка:

кандидатка технічних наук, доцентка,
доцентка кафедри інформаційних технологій
та комп'ютерної інженерії
Національного технічного університету
«Дніпровська політехніка»

Катерина СЕРГЄЄВА