

*Голові разової спеціалізованої вченої ради
Національного технічного університету «Дніпровська
політехніка»
д.т.н., професору Лактіонову І.С.*

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

доктора технічних наук, професора Машталіра Сергія Володимировича
на дисертаційну роботу Шевцової Ольги Сергіївни на тему «Інформаційна
технологія попередньої обробки та класифікації різночасових супутникових
зображень високої просторової розрізненості»,
представлену на здобуття ступеня доктора філософії
в галузі знань 12 Інформаційні технології
за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки

Актуальність теми дисертації.

Актуальність теми дисертаційної роботи «Інформаційна технологія попередньої обробки та класифікації різночасових супутникових зображень високої просторової розрізненості» обумовлена стрімким розвитком сучасних технологій дистанційного зондування Землі та необхідністю ефективного аналізу великого обсягу супутникових даних. Супутникові зображення високої просторової розрізненості є важливим джерелом інформації для моніторингу природних і антропогенних процесів, управління ресурсами, планування територій, а також для наукових досліджень. Для моніторингу динамічних процесів на Землі важливо мати можливість порівнювати зображення, зроблені в різний час. Це дозволяє виявляти зміни, прогнозувати розвиток ситуацій та приймати обґрунтовані рішення. З розвитком супутникових технологій, кількість зображень високої розрізненості зростає в геометричній прогресії. Відповідно для ефективного використання цих даних необхідні нові методи попередньої обробки та класифікації. З іншого боку, сучасні методи машинного навчання, зокрема згорткові нейронні мережі, демонструють високу ефективність у задачах класифікації зображень. Їх застосування дозволяє значно підвищити точність та швидкість обробки супутникових даних.

Це визначає актуальність дисертаційної роботи Шевцової Ольги Сергіївни на тему «Інформаційна технологія попередньої обробки та класифікації

різночасових супутникових зображень високої просторової розрізненості», що присвячена розв'язанню важливої науково-прикладної задачі підвищення точності, рівня автоматизації та швидкодії розпізнавання та класифікації зображень високої просторової розрізненості шляхом розробки інформаційних технологій і методів обробки з використанням машинного навчання.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій.

Основні теоретичні положення дисертації одержані шляхом коректного застосування методів обробки сигналів та зображень, теорій ймовірностей та інформації, машинного навчання.

Відповідність та обґрунтованість результатів досліджень підтверджуються граничними переходами до відомих окремих випадків, одержаних в рамках інших теоретичних підходів, апробацією методів на тестових прикладах, зіставленням отриманих результатів з відомими, достатньою збіжністю аналітичних та експериментальних досліджень, впровадженнями. Все це свідчить про високий ступінь достовірності та обґрунтованості результатів дисертації.

Структура, обсяг роботи.

Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації становить 165 сторінок, містить 141 сторінку основної частини, включає 42 рисунка, 13 таблиць, 136 літературних джерел. Оформлення дисертації відповідає усім необхідним вимогам.

Характеристика роботи, новизна розроблених наукових положень.

У вступі авторкою обґрунтовано актуальність теми, сформульовані мета і завдання досліджень, дана загальна характеристика роботи і структура дисертації, визначені наукова новизна, практичне значення проведених наукових досліджень та особистий внесок автора, оцінена достовірність отриманих результатів, наведені відомості про публікації та результати апробації та впровадження роботи.

У першому розділі дисертанткою розглянуто сучасний стан розвитку методів і технологій попередньої обробки та класифікації різночасових супутникових даних високої просторової розрізненості і відповідного існуючого математичного та програмного забезпечення, яке використовується для розробки

подібних технологій. Проаналізовані методи, що базуються на штучному інтелекті та сучасні підходи глибокого навчання. Сформульовані висновок та постановка завдання про необхідність розробки комплексної інформаційної технології попередньої обробки, аналізу та класифікації супутникових зображень.

У другому розділі авторкою здійснено аналіз проблеми та сучасних підходів обробки великих даних дистанційного зондування Землі. Надані основні поняття й визначення, що використовуються для її розв'язання. Описано властивості організації даних, що дозволяють передбачити результат виконання певних операцій в структурі за її елементами, використовуючи їх розташування без виконання обчислювального алгоритму. Шевцовою О.С. отримано висновки про вплив властивостей та математичних методів роботи зі структурою, запропоновано та доведено ефективність методу оптимізації основних характеристик обробки великих даних на основі застосування кортежної структури організації даних. Це дозволило зменшити обсяг оброблюваної інформації, підвищити швидкості пошуку та обробки даних при збереженні їх відповідних значень та надійності. Також у розділі запропоновано та доведено ефективність IaaS-рішення для обробки потоку даних ДЗЗ на основі глибокого навчання та хмарних технологій Kubernetes та Apache Airflow. Згадані хмарні технології використовуються для кращого представлення робочого процесу, який реалізує складну систему паралельного виконання обчислювально-важких завдань обробки зображень високої просторової розрізненості.

У третьому розділі Шевцовою О.С. запропоновано комплексний підхід до обробки зображень високої просторової розрізненості на основі застосування штучного інтелекту. Застосування підходу дозволяє автоматизувати процес семантичної сегментації та аналізу багатоканальних даних високої просторової розрізненості, підвищити якість подальшого розпізнавання і моніторингу об'єктів земної поверхні. Авторкою розроблено архітектуру згорткової мережі для задач семантичної сегментації супутникових зображень високої просторової розрізненості, запропоновано методіку підготовки набору вхідних даних та поетапної реалізації каскадів шарів мережі, алгоритм її навчання, обґрунтовано вибір навчальної вибірки. Семантичні ознаки використовуються для зменшення помилок семантичного рівня контуру. Результати комп'ютерних експериментів підтвердили висновок, що запропонована технологія може ефективно покращити загальну точність сегментації зображень дистанційного зондування

високої просторової розрізненості та скоротити загальний час навчання та час відповідної обробки.

Четвертий розділ роботи присвячений класифікації аерокосмічних зображень високої просторової розрізненості при вирішенні практичних завдань. Здобувачкою запропоновано та досліджено інформаційну технологію класифікації аерокосмічних зображень високої просторової розрізненості на основі згорткової нейронної мережі. Доведено ефективність розробленої інформаційної технології класифікації аерокосмічних зображень високої просторової розрізненості при вирішенні практичних завдань, зокрема для розпізнавання і визначення контурів об'єктів забудови на знімках з БПЛА. З практичних результатів роботи слід відзначити розроблену авторкою інформаційну технологію розпізнавання та моніторингу водних об'єктів на оптичних різночасових супутникових зображеннях високої просторової розрізненості із залученням методів машинного навчання, використання якої дозволяє отримати результати з високою точністю, забезпечуючи важливу інформацію для подальших досліджень та прийняття рішень.

У додатках наведені акти впровадження та список наукових праць автора.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

Вперше:

- запропоновано метод оптимізації основних характеристик обробки великих даних на основі застосування кортежної структури організації даних, який дозволяє зменшити обсяг оброблюваної інформації, підвищити швидкості пошуку та обробки даних дистанційного зондування при збереженні їх відповідних значень та надійності;

- розроблено інформаційну технологію попередньої обробки цифрових супутникових зображень високої просторової розрізненості з використанням згорткової нейронної мережі, яка здатна ефективно вилучати деталі текстури та просторові залежності. Запропонована технологія забезпечує підвищення просторової розрізненості мультиспектральних супутникових зображень, що дозволило, у порівнянні з класичними методами злиття, зменшити артефакти супутникових зображень;

- розроблено інформаційну технологію класифікації різночасових супутникових зображень високої просторової розрізненості на базі

запропонованої нейромережевої архітектури. Запропонована технологія дозволяє покращити загальну точність класифікації різночасових аерокосмічних зображень високої просторової розрізненості та скоротити загальний час навчання та відповідної обробки.

Вдосконалено:

- архітектуру згорткової мережі на базі U-Net для задач семантичної сегментації супутникових зображень високої просторової розрізненості, запропоновано підхід до підготовки набору вхідних даних та поетапної реалізації каскадів шарів мережі, алгоритм її навчання, обґрунтовано вибір навчальної вибірки;

- метод автоматизованого розпізнавання об'єктів забудови на цифрових аерофотознімках на основі згорткової нейронної мережі, тренування якої проводилося на рівні пікселів, що дозволило підвищити точність ідентифікації об'єктів забудови та зменшити кількість неправильно класифікованих зон. Експериментальні результати показали значне покращення точності розпізнавання будівель у загальнодоступному наборі даних, зокрема, метрики OA, AA та K покращилися на 2.6%, 5.6% та 3.2% відповідно для навчального набору даних і на 1.2%, 1.8% та 1.5% для тестового набору даних;

- інформаційну технологію розпізнавання та моніторингу водних об'єктів на різночасових оптичних супутникових зображеннях високої просторової розрізненості на основі машинного навчання, використання якої дозволило отримати результати з субпіксельною точністю, забезпечуючи важливу інформацію для подальших досліджень та прийняття рішень. Коефіцієнт Каппа, який враховує ступінь узгодженості між реальною та передбачуваною класифікацією, підтвердив високу стабільність та достовірність підходу (0.94).

Набули подальшого розвитку:

- комплексний підхід до обробки зображень високої просторової розрізненості на основі застосування штучного інтелекту та класичних алгоритмів обробки зображень, що включає попередню обробку даних, розробку набору даних для нейронної мережі, моделювання нейронної мережі та розрахунок фізичних розмірів наземних об'єктів. Застосування підходу дозволяє автоматизувати процес семантичної сегментації та аналізу багатоканальних даних високої просторової розрізненості, підвищити якість подальшого розпізнавання і моніторингу об'єктів земної поверхні;

рішення у вигляді інфраструктури як сервісу IaaS для алгоритму обробки потоків даних дистанційного зондування Землі з використанням глибокого навчання і хмарних технологій Kubernetes і Apache Airflow, розміщеними на обчислювальній платформі Azure.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

Прикладна цінність дисертації полягає у розробці інформаційної технології для попередньої обробки та класифікації різночасових супутникових зображень високої просторової розрізненості. Ця технологія служить інструментом для вирішення прикладних задач моніторингу та дозволяє за допомогою розроблених методів дешифрування різночасових мультиспектральних геопросторових даних проводити аналіз та розпізнавання окремих об'єктів, а також тематичну класифікацію усієї сцени з мінімальними витратами обчислювальних ресурсів та часу.

Оформлення дисертації, дотримання вимог академічної доброчесності та повнота викладу наукових положень та результатів в опублікованих працях.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Шевцової О.С. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 122 Комп'ютерні науки та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми «Комп'ютерні науки».

У дисертаційній роботі чітко прослідковується авторський стиль подачі матеріалу та формування висновків. Аналіз структури та змісту дисертаційної роботи та наукових праць, що опубліковані авторкою, дозволяє стверджувати, що усі наукові та практичні результати отримані нею особисто і повною мірою опубліковані та апробовані. Дисертаційна робота є завершеною науковою працею. Розглянувши звіт за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Шевцової Ольги Сергіївни є результатом самостійних досліджень здобувачки і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів

Дисертаційна робота написана українською мовою, має чітку структуру. Автор демонструє високий рівень майстерності у використанні мовленнєвого стилю та логічної організації тексту, а також вміння ефективно користуватися відомою термінологією. Представлені в роботі аспекти викликають позитивні враження та свідчать про високий науковий рівень дослідницької праці. Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи

Наукові результати дисертації висвітлені у 10 наукових публікаціях здобувача, серед яких: п'ять статей опубліковано у наукових виданнях, включених до переліку фахових видань України (всі індексуються у НМБД Index Copernicus), три статті в іноземних виданнях (індексуються у НМБД Scopus), одна з яких – розділ колективної монографії, дві наукових праці опубліковано у збірниках наукових праць та матеріалах міжнародних конференцій. Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження по роботі:

1. Можливості запропонованої в п.2.3 інформаційної технології попередньої обробки цифрових супутникових зображень з використанням згорткової нейронної мережі, яка здатна підвищити інформативність первинних геопросторових даних, на наш погляд розкриті авторкою не повністю, оскільки, не досліджено, наприклад, вплив на точність результатів використання наземних контрольних точок.
2. В схемах нейронних мереж, наведених в роботі, доцільно було б використати однакові позначення згорткових та інших блоків та виконати схеми в єдиному стилі, що полегшило б їх сприйняття.
3. Поза увагою залишені питання числової стійкості та необхідних обчислювальних ресурсів розроблених автором моделей та методів при їхній комп'ютерній реалізації.
4. У тексті дисертації зустрічаються друкарські помилки та стилістичні вади.

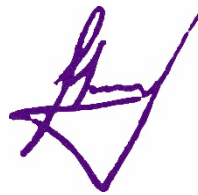
Вважаю, що наведені зауваження мають окремий характер, не знижують високий науковий рівень та практичну цінність дисертаційної роботи і суттєво не впливають на її загальну позитивну оцінку.

Загальна оцінка дисертаційної роботи.

Вважаю, що дисертаційна робота здобувачки ступеня доктора філософії Шевцової Ольги Сергіївни на тему «Інформаційна технологія попередньої обробки та класифікації різночасових супутникових зображень високої просторової розрізненості» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має суттєве значення для галузі знань «Інформаційні технології». Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6 – 9 «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, а Шевцова Ольга Сергіївна заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки.

Офіційний опонент —

Професор кафедри інформатики
Харківського національного
університету радіоелектроніки,
доктор технічних наук, професор



Сергій МАШТАЛІП