

Голові разової спеціалізованої
вченої ради
Національного технічного університету
«Дніпровська політехніка»
д.т.н., професору Івану ЛАКТИОНОВУ

В І Д Г У К

офіційного рецензента

кандидата фізико-математичних наук, доцента

Коряшкіної Лариси Сергіївни

на дисертаційну роботу

Шевцової Ольги Сергіївни

«Інформаційна технологія попередньої обробки та класифікації різночасових супутникових зображень високої просторової розрізненості»,
представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки
галузі знань 12 – Інформаційні технології

Актуальність роботи. Нині за допомогою численних картографічних ГІС-додатків супутникові знімки можна легко отримати в режимі онлайн і використовувати для вирішення актуальних завдань у різних галузях народного господарства. Космічна зйомка надвисокої роздільної здатності має широкий спектр застосування – моніторинг стану посівів, аналіз змін лісового фонду, слідкування за динамікою забудови, відстеження ураганів, підтримка рівня безпеки та ін. Для автоматизованого картографування великих територій у сучасних дослідженнях активно використовують класифікацію даних дистанційного зондування Землі на основі методів глибокого машинного навчання. Нейронні мережі показують при цьому високу точність класифікації супутникових знімків, дозволяючи враховувати специфіку спектральних характеристик конкретної території. Але основною проблемою роботи із супутниковими знімками є те, що два і більше класів об'єктів (приміром, забудови, пустирі та котловани) можуть мати однакові значення спектральних характеристик. Тому їх класифікація є складним завданням. Методи і технології, розроблені у роботі, спрямовані на вирішення цієї проблеми і зумовлюють актуальність дисертації Шевцової Ольги Сергіївни.

Наукові результати та їх новизна. Отримані наукові результати розв'язують актуальну науково-прикладну задачу підвищення точності, рівня

автоматизації та швидкодії розпізнавання та класифікації зображень високої просторової роздільної здатності шляхом розробки інформаційних технологій і методів обробки великого обсягу даних з використанням машинного навчання.

Наукова новизна отриманих результатів:

1) запропоновано метод організації великих обсягів даних у вигляді кортежів з впорядкованими наборами довільної потужності, що дозволяє зменшити обсяг оброблюваної інформації, підвищити швидкість пошуку та обробки даних дистанційного зондування при збереженні та надійності значень їх основних характеристик;

2) розроблено інформаційну технологію попередньої обробки цифрових супутникових зображень високої просторової розрізненості, яка, за рахунок використання згорткової нейронної мережі, здатної ефективно вилучати деталі текстури та просторові залежності, забезпечує підвищення просторової розрізненості та усунення артефактів мультиспектральних супутникових знімків;

3) розроблено інформаційну технологію класифікації різночасових супутникових зображень високої просторової роздільної здатності, структурною складовою якої є нейронна мережа особливої архітектури, що дозволяє покращити загальну точність класифікації різночасових аерокосмічних знімків та скоротити загальний час їх обробки.

В роботі удосконалено:

– архітектуру згорткової мережі на базі U-Net за рахунок підготовки набору вхідних даних для задач семантичної сегментації супутникових зображень високої просторової розрізненості, поетапної реалізації каскадів шарів мережі, обґрунтованого вибору навчальної вибірки та модифікованого алгоритму навчання;

– метод автоматизованого нейромережевого розпізнавання об'єктів забудови на цифрових аерофотознімках за рахунок тренування мережі на рівні пікселів, що дозволило підвищити точність ідентифікації об'єктів забудови та зменшити кількість невірно класифікованих зон;

– технологію розпізнавання та моніторингу водних об'єктів на різночасових оптичних супутникових зображеннях високої роздільної здатності на основі машинного навчання, використання якої дозволило отримати результати з субпіксельною точністю, виявляти важливу інформацію для подальших досліджень та прийняття рішень.

Набули подальшого розвитку підхід щодо обробки зображень високої просторової розрізненості за рахунок інтеграції методів штучного інтелекту та

класичних алгоритмів обробки зображень, а також рішення у вигляді інфраструктури як сервісу (IaaS) для алгоритму обробки потоків даних дистанційного зондування Землі з використанням глибокого машинного навчання і хмарних технологій.

Практичне значення та практична цінність отриманих результатів.

Дисертаційну роботу Шевцової Ольги Сергіївни виконано на кафедрі програмного забезпечення комп'ютерних систем Національного технічного університету «Дніпровська політехніка».

Практичне значення одержаних результатів полягає у розробці інформаційної технології попередньої обробки та класифікації різночасових супутникових зображень високої просторової роздільної здатності, яка є потужним інструментарієм вирішення прикладних задач моніторингу і дозволяє:

- за рахунок розроблених методів дешифрування різночасових мультиспектральних даних проводити аналіз та розпізнавання окремих об'єктів, а також тематичну класифікацію усєї сцени;

- за допомогою розробленого на базі запропонованих методів та алгоритмів програмного забезпечення в автоматизованому режимі проводити класифікацію різночасових супутникових знімків з мінімальними витратами обчислюваних ресурсів та часу.

Результати дисертаційного дослідження впроваджено на підприємствах, робота яких пов'язана з випробуванням космічних засобів та аналізом супутникових знімків, а також у навчальний процес Національного технічного університету «Дніпровська політехніка».

Оцінка змісту, ступеню завершеності та обґрунтованості положень дисертації.

У вступі здобувачем визначено актуальність теми, сформульовано мету дослідження та задачі, розв'язання яких забезпечує реалізацію мети роботи, подано наукову новизну та практичне значення результатів. Наявна інформація про публікації та апробацію результатів досліджень.

В першому розділі автором проаналізовані методи класифікації: класичні та засновані на штучному інтелекті, поданий огляд сучасних підходів використання глибокого навчання для аналізу різночасових супутникових зображень. Описаний стан проблеми попередньої обробки та класифікації різночасових зображень дистанційного зондування Землі високої просторової роздільної здатності, виявлено джерела похибок класифікації та визначено нерозв'язані донині питання, пов'язані з класифікацією багатоспектральних

різночасових супутникових зображень у режимі реального часу. Сформульовані мета і постановка завдань дисертаційного дослідження.

В другому розділі запропоновано методи організації та обробки великих обсягів даних та показана їх ефективність. Зокрема, розроблена кортежна структура організації даних, за допомогою якої зменшується обсяг оброблюваної інформації та прискорюється пошук та обробка даних при збереженні значень їх основних характеристик. Розроблене на основі глибокого навчання та хмарних технологій IaaS-рішення використовується для кращого представлення робочого процесу обробки потоку даних дистанційного зондування. Розроблено та досліджено інформаційну технологію попередньої обробки цифрових супутникових зображень з використанням згорткової нейронної мережі, яка здатна суттєво підвищити інформативність первинних даних, вилучати деталі текстури та просторові залежності, а також локальну та нелокальну інформацію.

В третьому розділі для автоматизації процесу семантичної сегментації та аналізу багатоканальних даних високої просторової роздільної здатності, а також для підвищення якості подальшого розпізнавання і моніторингу об'єктів земної поверхні, розроблено комплексний підхід, заснований на поєднанні штучного інтелекту та класичних алгоритмів обробки зображень. Він включає попередню обробку даних, розробку набору даних для нейронної мережі, моделювання самої мережі та розрахунок фізичних розмірів наземних об'єктів.

Четвертий розділ присвячено класифікації аерокосмічних зображень високої просторової роздільної здатності при вирішенні практичних задач за допомогою розробленої інформаційної технології. Продемонстровано ефективність її використання, зокрема для розпізнавання і визначення контурів об'єктів забудови на знімках з БПЛА, розпізнавання та моніторингу водних об'єктів на оптичних різночасових супутникових зображеннях.

Високу стабільність та достовірність результатів роботи створеної інформаційної технології підтверджують значення метрик, що розраховуються для оцінювання ступеня узгодженості між реальною та передбачуваною класифікацією.

Повнота викладення результатів дисертації в наукових виданнях. За результатами досліджень опубліковано 10 наукових праць, з яких 5 статей у фахових виданнях України, 3 статті у виданнях, індексованих в наукометричній базі Scopus, решта – у матеріалах міжнародних конференцій.

Основні положення дисертації повністю викладено в опублікованих працях. Вимоги щодо кількості та якості публікацій виконано.

Повний обсяг роботи складає 165 сторінки, з яких 141 сторінка – основний текст. Список використаних джерел містить 136 найменувань.

Оформлення дисертації та дотримання вимог академічної доброчесності. Дисертація написана науково правильною мовою на високому технічному рівні з використанням сучасної термінології.

Тема, зміст та отримані наукові результати роботи відповідають спеціальності 122 – Комп’ютерні науки в галузі знань 12 – Інформаційні технології.

Аналіз наукових праць, що опубліковані автором, змісту дисертаційної роботи дозволяє стверджувати, що усі наукові та практичні результати отримані здобувачем особисто. В дисертаційній роботі не виявлено текстових запозичень та використання наукових результатів науковців без посилань на відповідні джерела.

Відсутність порушень академічної доброчесності підтверджує наявний звіт про результати перевірки на академічний плагіат дисертації Шевцової Ольги Сергіївни.

Зауваження до дисертації:

1. В розділі 2 розроблений метод скорочення простору аналізованих станів на основі нових функціональних залежностей між структурними елементами даних відповідно до їх розташування у впорядкованій структурі. Варто було б це також зазначити у науковій новизні.

2. У формулі (2.15) невдало двічі використано позначку N . Ліворуч її доповнено двома індексами, праворуч – вона є множиною індексів. Це ускладнює сприйняття і розуміння виразу.

3. Формули (3.6), (3.8) та (3.9) та коментар до них мають бути узгоджені між собою. Де мова йде про кількість правильно класифікованих пікселів, маються на увазі діагональні елементи матриці помилок $D_{ii}, i = 1, \dots, m$ (m – число класів).

4. В табл. 3.2 варто було б вказати позначки метрик або номери формул, за якими вони розраховуються, якщо такі наведено вище.

Наведені зауваження не знижують високий науковий рівень та практичну цінність дисертаційної роботи, суттєво не впливають на її загальну позитивну оцінку.

Висновок про відповідність дисертації вимогам, які пред’являються до наукового ступеня доктора філософії. Дисертація Шевцової Ольги Сергіївни «Інформаційна технологія попередньої обробки та класифікації різночасових супутникових зображень високої просторової розрізненості» є

завершеною науково-дослідницькою роботою, яка містить нові науково обґрунтовані результати. У дисертаційній роботі було вирішено актуальну науково-прикладну задачу підвищення точності, рівня автоматизації та швидкодії розпізнавання та класифікації зображень високої просторової роздільної здатності.

Тема і зміст роботи відповідають спеціальності 122 – Комп’ютерні науки, а наукові та практичні результати, отримані в дисертаційній роботі є значущими для галузі знань Інформаційні технології.

Вважаю, що дисертація Шевцової Ольги Сергіївни відповідає вимогам «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 та вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», а її автор, Шевцова Ольга Сергіївна, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 – Комп’ютерні науки.

Офіційний рецензент –
кандидат фізико-математичних наук,
доцент, доцент кафедри системного аналізу
та управління Національного технічного
університету «Дніпровська політехніка»

Лариса КОРЯШКІНА