

РЕЦЕНЗІЯ

кандидата технічних наук АЛЬПЕРТ Софії Іоганівни
на дисертаційну роботу Андреева Артема Андрійовича на тему “Методика
класифікування об’єктів на аеро- та космічних зображеннях в умовах низької
розділимості розпізнавальних ознак”,
яку представлено на здобуття ступеня доктора філософії
з галузі знань 17 – Електроніка та телекомунікації
за спеціальністю 172 – Телекомунікації та радіотехніка

Актуальність теми дисертаційного дослідження. Класифікування об’єктів є однією з найбільш важливих процедур для обробки даних дистанційного зондування Землі, що широко застосовуються для вирішення різноманітних задач, а саме: моніторинг довкілля, землекористування, управління та охорона природних ресурсів, сталий розвиток, глобальний моніторинг геосистем тощо. Тому особливої актуальності набуває розробка методів, здатних забезпечити високу достовірність і точність результатів класифікування. На даний час розроблено велику кількість методів класифікування, які поділяють на дві групи: контрольовані і неконтрольовані. Спільним недоліком методів контрольованого класифікування є те, що вони не враховують фактор розділимості навчальної вибірки.

Отже, розробка методу оцінювання розділимості навчальної вибірки та нових способів обробки навчальної вибірки з метою підвищення її розділимості є досить актуальними та важливими задачами.

Ступінь обґрунтованості наукових положень та висновків. Для вирішення поставлених задач використовувалися наступні методи: методи неконтрольованого класифікування – для кластеризації навчальної вибірки; методи контрольованого класифікування – для проведення класифікування об’єктів та для розробки методу оцінювання розділимості навчальної вибірки; методи прийняття рішення – для визначення класової приналежності об’єктів на аеро- та космічних зображеннях; методи цифрової обробки сигналів

зображень – для попередньої обробки вхідних аеро- та космічних зображень і формування навчальної вибірки.

Дані методи можуть бути базою для обґрунтованості наукових положень.

Достовірність одержаних результатів. Достовірність наукових положень роботи та результатів класифікування підтверджується методами статистичного аналізу. Проведено експериментальну оцінку ефективності застосування розробленої методики класифікування об'єктів на аеро- та космічних зображеннях в умовах низької розділимості розпізнавальних ознак. Проведено чотири експерименти для трьох задач: класифікування боліт, класифікування загальних типів земного покриву та розпізнавання мін. Для задачі класифікування боліт було проведено два експерименти, в кожному застосовано один зі способів. Були використані супутникові знімки Sentinel-2. При застосуванні способу зменшення розмірності навчальної вибірки було зафіксовано зменшення розмірності у 2.92 рази. Підвищення достовірності класифікування з використанням даного методу засвідчено зростанням на 2% показників загальної точності та капа-індексу на 2%. При застосуванні до даної задачі способу кластеризації навчальної вибірки підвищення достовірності класифікування показало підвищення показників загальної точності на 4% та капа-індексу на 5%.

Для задачі розпізнавання мін було проведено один експеримент із застосуванням способу кластеризації навчальної вибірки. Було використано дані багатоспектральної зйомки, отримані з легкого квадрокоптера DJI Phantom 4 Multispectral. Зафіксовано підвищення значення коефіцієнта кореляції Пірсона після застосування методики на 0.28, що свідчить про підвищення достовірності класифікування. При застосуванні способу кластеризації навчальної вибірки для задачі класифікування загальних типів земного покриву проведено експеримент із застосуванням способу кластеризації навчальної вибірки та використано спектральні канали одного

космічного знімку Landsat-OLI8 та чотири додаткові растрові шари. Результатом експерименту стало підвищення показників загальної точності класифікації на 20% та капа-індексу на 21%.

Отже, проведення експериментальної оцінки із застосуванням космічних зображень та методів статистичного аналізу підтвердили достовірність одержаних результатів.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у наступному:

- 1) розроблено метод оцінювання розділимості навчальної вибірки при контрольованому класифікуванні аеро- та космічних зображень в умовах низької розділимості розпізнавальних ознак;
- 2) розроблено методіку класифікування об'єктів на аеро- та космічних зображеннях в умовах низької розділимості розпізнавальних ознак, яка включає в себе застосування одного з двох розроблених способів залежно від об'єму даних. При надлишковому об'ємі даних використовується спосіб зменшення розмірності навчальної вибірки, а при обмеженому об'ємі даних – спосіб кластеризації навчальної вибірки;
- 3) розроблено спосіб кластеризації навчальної вибірки на основі розробленого методу оцінювання розділимості навчальної вибірки;
- 4) розроблено спосіб зменшення розмірності навчальної вибірки на основі розробленого методу оцінювання розділимості навчальної вибірки, який дозволяє обрати такі шари вхідних даних, при яких відповідна навчальна вибірка досягатиме найвищого значення розділимості серед інших розглянутих варіантів вхідних даних.

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

Аргументування та критичність оцінки запропонованих автором рішень порівняно з відомими

Метою даного наукового дослідження є підвищення достовірності класифікування об'єктів на аеро- та космічних зображеннях шляхом розробки методики, яка може бути використана для підвищення розділимості розпізнавальних ознак.

Об'єкт дослідження – класифікування об'єктів на аеро- та космічних зображеннях в умовах низької розділимості розпізнавальних ознак.

Предмет дослідження – навчальна вибірка, її кластеризація та зменшення розмірності.

Для досягнення поставленої мети у роботі розв'язані наступні наукові завдання, а саме:

- 1) проведено аналіз методів класифікування об'єктів на аеро- та космічних зображеннях, а також їхніх переваг та недоліків;
- 2) проведено детальний аналіз властивостей навчальної вибірки та підходів до її обробки в задачах контрольованого класифікування об'єктів на аеро- та космічних зображеннях;
- 3) розроблено метод оцінки розділимості навчальної вибірки;
- 4) розроблено спосіб кластеризації навчальної вибірки;
- 5) розроблено спосіб зменшення розмірності навчальної вибірки;
- 6) експериментально перевірено розроблену методику класифікування об'єктів на аеро- та космічних зображеннях в умовах низької розділимості ознак та проведено перевірку достовірності класифікування;
- 7) надано рекомендації щодо можливостей та сфер подальшого використання розробленої методики.

Отже, усі поставлені наукові завдання були виконані, а запропоновані наукові методи – аргументовані.

Прикладна цінність дисертації та важливість для галузі. Нові наукові результати, отримані в дисертаційній роботі А. Андрєєва, мають важливе наукове та практичне значення.

Практичне значення дисертаційної роботи полягає у розробці методу оцінювання розділимості навчальної вибірки та у розробці нових способів обробки навчальної вибірки з метою підвищення її розділимості. За результатами експериментальних досліджень розроблена методика продемонструвала значне підвищення достовірності класифікування. Розроблена методика може бути використана як складова державних систем моніторингу з використанням даних, отриманих з аеро- та космічних зображень. Також дана методика класифікування має застосування в таких задачах, як гуманітарне розмінування територій, аналіз природних змін, моніторинг сільськогосподарських угідь, аналіз екологічних ризиків та моніторинг лісів.

Отже, у роботі були перераховані усі галузі, де запропонована методика має практичне застосування.

Зв'язок з науковими програмами та планами. Дисертаційна робота виконана в рамках наукових досліджень, що проводились у Державній установі “Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України” за такими темами: “Дистанційні методи вирішення задач сталого розвитку і раціонального природокористування, засновані на комплексному аналізі гетерогенних геопросторових даних” (державний реєстраційний номер 0121U107677); “Оцінка ризиків негативних змін навколишнього середовища за даними дистанційного зондування Землі” (державний реєстраційний номер 0122U002443); “Програмний модуль підвищення просторової розрізненості оптимального набору субпіксельно зміщених зображень” (державний реєстраційний номер 0122U201983); “Методика оцінювання динаміки опустелювання на основі даних супутникового знімання на прикладі піщаного масиву Олешківські піски” (державний реєстраційний номер 0121U111862);

“Система раннього попередження деградації земель порубіжжя Європейського союзу на основі даних дистанційного зондування Землі” (реєстраційний номер 101086250 – EWALD); “Дистанційні методи виявлення та аналізу розвитку загрозливих природних та природно-техногенних процесів та явищ в задачах геоінформаційного забезпечення прийняття управлінських рішень щодо сталого розвитку територій” (державний реєстраційний номер 0122U002085); “Цільова науково-технічна програма оборонних досліджень НАН України на 2020-2024 рр.” (№ 0121U000075д); “Розробка нових аерокосмічних технологій вивчення, прогнозування, запобігання та мінімізації ризиків надзвичайних ситуацій природного та природно-антропогенного походження” (державний реєстраційний номер 0017U004264); “Методи тематичного аналізу гетерогенних геопросторових даних при вирішенні задач дистанційного зондування Землі в умовах неповноти та обмеженості наявної інформації” (державний реєстраційний номер 0116U000144); “Розробка і впровадження сучасних аерокосмічних технологій дослідження Землі для оцінювання та прогнозування небезпечних природних і антропогенних процесів і явищ, формування рекомендацій по оптимізації пошуків, розвідки і експлуатації родовищ корисних копалин з метою мінімізації негативного впливу на довкілля” (державний реєстраційний номер 0121U111862).

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку використаних джерел (184 найменувань на 24 сторінках) та 3 додатків на 17 сторінках. Робота викладена на 174 сторінках, що містять 133 сторінки основного тексту, 32 рисунки та 11 таблиць.

У вступі наголошується на актуальності розробки нового методу оцінювання розділимості навчальної вибірки та нових способів обробки навчальної вибірки для підвищення її розділимості. Описано наукову новизну

одержаних результатів, їх прикладну цінність, сфери застосування та подано інформацію про особистий внесок здобувача.

У першому розділі розглянуто неконтрольовані, контрольовані, напівконтрольовані методи класифікування та навчання з підкріпленням. Також проведено детальний аналіз підходів до обробки навчальної вибірки та здійснено постановку задачі.

У другому розділі обґрунтовано форму представлення даних для класифікування у вигляді куба геопросторових даних. Розроблено методи кластеризації навчальної вибірки. Розглянуто застосування для кластеризації центроїдних методів неконтрольованого класифікування, а саме: метод формування навчальної вибірки з кластерів початкових класів, метод формування навчальної вибірки з центрів кластерів початкових класів. Розроблено метод оцінювання розділимості навчальної вибірки. Наголошено на тому, що розроблені методи є основою для створення методики класифікування в умовах низької розділимості розпізнавальних ознак.

У третьому розділі розроблено методику, яка складається з двох гілок застосування: спосіб зменшення розмірності навчальної вибірки та спосіб кластеризації навчальної вибірки. Детально описано алгоритм застосування кожного способу. Тобто, в даному розділі принципи формування куба геопросторових даних, методи кластеризації навчальної вибірки та метод оцінки розділимості навчальної вибірки були поєднані в одну методику класифікування об'єктів на аеро- та космічних зображеннях в умовах низької розділимості розпізнавальних ознак.

У четвертому розділі описано чотири експерименти. Два з них стосувалися задачі класифікування боліт, третій - розпізнавання мін, а четвертий – класифікування загальних типів земних покривів. До задачі класифікування боліт було окремо застосовано дві гілки застосування розробленої методики – спосіб зменшення розмірності навчальної вибірки та спосіб кластеризації навчальної вибірки. Розраховані оцінки точності

класифікування свідчать про значне підвищення достовірності класифікування. Надано рекомендації щодо застосування розробленої методики.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям вирішення задач дистанційного зондування Землі.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота здобувача Андреева Артема Андрійовича є результатом самостійних досліджень і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

В тексті дисертаційної роботи та публікаціях здобувача відсутні порушення академічної доброчесності.

Оцінка мови та стилю дисертації

Дисертаційна робота викладена сучасною науковою українською мовою. Стиль викладання наукових положень доступний, послідовний, логічний та легкий для сприйняття.

Підтвердження повноти викладу результатів дисертації в наукових фахових виданнях

За результатами досліджень опубліковано **21** наукову працю, у тому числі **2** публікації у монографіях (з них **1** проіндексована в базі даних Scopus); у закордонних фахових виданнях – **5** статей (з них **3** проіндексовані в базі даних Scopus); статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України категорії Б – **4**; **10** у збірниках

та матеріалах тез доповідей вітчизняних та міжнародних конференціях (3 закордонних), з яких 8 проіндексовані в базі даних Scopus.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Дискусійні положення та зауваження щодо змісту дисертації. За своїм змістом, обсягом та оформленням дисертаційна робота А. А. Андреева відповідає спеціальності 172 – Телекомунікації та радіотехніка, за якою її подано до захисту. Поряд з тим, робота має наступні недоліки:

1. Оскільки у роботі було розроблено два загальних індекси розділимості навчальної вибірки: один на основі загальної точності класифікації, другий на основі капа-індексу, то слід вказати, яким чином обирається конкретний індекс при застосуванні запропонованої методики?
2. Яким чином обирався метод контрольованого класифікування для кожного із 4 експериментів?
3. Слід більш детально обґрунтувати у вступі, чому множина спектральних каналів представляється у вигляді саме куба? Чому саме такий підхід було обрано?

Висновки

За результатами вивчення дисертаційної роботи Андреева А.А. та опублікованих ним наукових праць за темою дисертації можна зробити висновок, що робота є завершеним кваліфікаційним науковим дослідженням. Наукові результати в повному обсязі розкривають шляхи вирішення наукового завдання щодо розробки методу оцінювання розділимості навчальної вибірки. За своїм змістом та одержаними результатами робота, незважаючи на зауваження, задовольняє вимогам пунктів 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 12.01.2022 № 44, а її оформлення відповідає вимогам наказу МОН України

вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» (зі змінами від 12.07.2019 р.), а її автор Андреев Артем Андрійович заслуговує присудження ступеня доктора філософії у галузі знань 17 – Електроніка та телекомунікації за спеціальністю 172 – Телекомунікації та радіотехніка.

Рецензент
науковий співробітник
відділу геоінформаційних технологій в
дистанційному зондуванні Землі
Державної установи «Науковий центр
аерокосмічних досліджень Землі
Інституту геологічних наук
Національної академії наук України»,
кандидат технічних наук



Софія АЛЬПЕРТ

23 жовтня 2023 року

Підпис С. Альперт засвідчую
учений секретар
Державної установи «Науковий центр
аерокосмічних досліджень Землі
Інституту геологічних наук
Національної академії наук України»,
к.т.н., ст. дослідник



Анна ХИЖНЯК