

РЕЦЕНЗІЯ

доктора технічних наук, професора КОХАН Світлани Станіславівни
на дисертаційну роботу **АНДРЕЄВА 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

1. **Актуальність теми досліджень** пов'язана з необхідністю розроблення методу оцінювання розділимості навчальної вибірки та нових способів оброблення навчальної вибірки з метою підвищення її розділимості та використання в тематичному картографуванні.

2. **Методи дослідження.**

В роботі використані наступні методи досліджень:

- методи неконтрольованого класифікування;
- методи контрольованого класифікування;
- методи статистичного аналізу;
- методи прийняття рішення;
- методи цифрового оброблення сигналів.

3. **Наукова новизна отриманих результатів.** Робота відзначається достатньо високим науковим рівнем. Багато положень і розробок представлені у роботі вперше. Зокрема:

Вперше:

- розроблено метод оцінювання розділимості навчальної вибірки при контрольованому класифікуванні аеро- та космічних зображень в умовах низької розділимості розпізнавальних ознак;
- розроблено методику класифікування об'єктів на аеро- та космічних зображеннях в умовах низької розділимості розпізнавальних ознак, яка включає 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;
- розроблено спосіб кластеризації навчальної вибірки на основі запропонованого методу оцінювання розділимості навчальної вибірки.
- розроблено спосіб зменшення розмірності навчальної вибірки на основі розробленого методу оцінювання розділимості навчальної вибірки, який має перевагу в тому, що дозволяє обрати такі шари вхідних даних, при яких відповідна навчальна вибірка досягатиме найвищого значення розділимості серед інших розглянутих варіантів вхідних даних. Досягається зменшення розмірності вхідних даних і підвищення розділимості навчальної вибірки.

4. Теоретичне та практичне значення результатів дисертації.

Дисертація має теоретичне і практичне значення.

Зокрема розроблені методи кластеризації навчальної вибірки на основі центроїдних методів неконтрольованого класифікування. Розроблені два методи, а саме: 1) метод формування навчальної вибірки з кластерів початкових класів; 2) метод формування навчальної вибірки з центрів кластерів початкових класів.

У дисертаційному дослідженні представлено оцінювання розділимості навчальної вибірки, що виступає складовою методики класифікування об'єктів на аеро- та космічних зображеннях в умовах низької розділимості розпізнавальних ознак, яка, в свою чергу, включає спосіб зменшення розмірності навчальної вибірки і спосіб кластеризації навчальної вибірки. Вибір способу залежить від об'єму даних.

Розроблено спосіб кластеризації навчальної вибірки, який застосовується для підвищення розділимості класів даного набору.

Ефективність методики підтверджена в одному з прикладів зростанням показників загальної точності на 2% (з 91% до 93%) та капа-індексу на 2% (з 87% до 89%); в другому прикладі зростанням відповідних показників на 4% (з 77% до 81%) та на 5% (з 66% до 71%); в третьому – зростанням коефіцієнта кореляції Пірсона на 28% (з 54% до 82%); в четвертому – на 20% (з 63% до 83%) та на 21% (з 60% до 81%) показників загальної точності класифікації та капа-індексу відповідно.

5. Використання результатів роботи.

Надано рекомендації щодо застосування розробленої методики. Описано умови, при яких більш доцільним є спосіб кластеризації навчальної вибірки або спосіб зменшення розмірності навчальної вибірки. Також, при застосуванні кластеризації навчальної вибірки вказано, як обрати між методом формування навчальної вибірки з кластерів початкових класів та методом формування навчальної вибірки з центрів кластерів початкових класів.

Розроблена методика може бути використана як складова державних систем моніторингу з використанням даних, отриманих з аеро- та космічних зображень. Розроблена методика класифікування має застосування для Державної служби України з надзвичайних ситуацій. Також розроблена методика може бути застосована при аналізі екологічних ризиків, моніторингу лісів та сільськогосподарських угідь.

6. Особиста участь автора в одержанні наукових та практичних результатів, що викладені в дисертаційній роботі.

Основні результати роботи одержано особисто автором. Результати співпраці з колегами та спеціалістами інших наукових галузей відображено в сумісних наукових публікаціях, автором підкреслено його вклад у ці публікації.

Публікації. За темою дисертації опубліковано 21 наукову працю. Із них 11 – наукові праці у фахових виданнях та монографіях, 10 – тези вітчизняних та міжнародних конференцій.

7. 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.

У вступі чітко сформульовані об'єкт, предмет наукового дослідження, виділена мета та поставлені чіткі завдання, які виконані і науково описані у дисертаційній роботі.

Розділ перший присвячено аналізу методів класифікування об'єктів на аеро- та космічних зображеннях, властивостей навчальної вибірки та підходів до її обробки. Зроблено висновок, що згідно з проведенням аналізом, спільним недоліком розглянутих підходів є те, що вони не враховують фактор розділимості навчальної вибірки. Дана властивість безпосередньо впливає на достовірність класифікування.

Другий розділ висвітлює розробку методів кластеризації та оцінювання розділимості навчальної вибірки. Розроблені в розділі методи є основою для створення методики класифікування об'єктів на аеро- та космічних зображеннях в умовах низької розділимості розпізнавальних ознак. Розробка даної методики описана в розділі 3.

Третій розділ представляє власне методику класифікування об'єктів на аеро- та космічних зображеннях в умовах низької розділимості розпізнавальних ознак. В ньому представлено як раніше розроблені та представлені в другому розділі принципи формування куба геопросторових даних, методи кластеризації навчальної вибірки та метод оцінювання розділимості навчальної вибірки поєднано в методику класифікування об'єктів на аеро- та космічних зображеннях в умовах низької розділимості розпізнавальних ознак.

Четвертий розділ – експериментальне дослідження ефективності розробленої методики класифікування об'єктів на аеро- та космічних зображеннях в умовах низької розділимості розпізнавальних ознак при вирішенні ряду, а саме, чотирьох прикладних задач. Надано рекомендації щодо застосування розробленої методики. Вказано на відмінності між різними індексами розділимості та те, як дані відмінності впливають на вибір того чи іншого індекса. Описано умови, при яких більш доцільним є кластеризація навчальної вибірки або зменшення розмірності навчальної вибірки. Також, при застосуванні кластеризації навчальної вибірки вказано, як обрати між методом формування навчальної вибірки з кластерів початкових класів та методом формування навчальної вибірки з центрів кластерів початкових класів.

У дисертаційній роботі Андреева Артема Андрійовича відсутні порушення академічної доброчесності, про свідчать і результати перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Робота має ряд дискусійних положень:

1. У дослідженні клас об'єктів «луки» включає природну трав'янисту рослинність, луки природного походження, пасовища, сіножаті. В той же час пасовища і сіножаті належать до земель сільськогосподарського призначення (Стаття 19 Земельного кодексу України, Глава 5), вони підлягають поліпшенню та постійному використанню впродовж року, а тому мають істотні зміни спектральних характеристик. У зв'язку з цим для вирішення ширшого кола тематичних задач можна окремо використовувати класи, які включають природні угіддя та угіддя, які відносять до земель сільськогосподарського призначення.
2. Недостатнє обґрунтування вибору методу контрольованого класифікування в кожному з представлених у дослідженні експериментів.

ВВАЖАЮ, що дисертаційна робота АНДРЕЄВА Артема Андрійовича на тему: **«Методика класифікування об'єктів на аеро- та космічних зображеннях в умовах низької розділювочності розпізнавальних ознак»**, яка подана на здобуття ступеня доктора філософії, за своїм науковим рівнем та практичною цінністю, змістом та оформленням відповідає вимогам пп. 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 р № 44 та відповідає напрямку наукового дослідження освітньо-наукової програми Державної установи «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук Національної академії наук України» зі спеціальності 172 – Телекомунікації та радіотехніка, а її автор АНДРЕЄВ Артем Андрійович заслуговує присудження ступеня доктора філософії у з галузі знань 17 – Електроніка та телекомунікації за спеціальністю 172 – Телекомунікації та радіотехніка.

Рецензент,

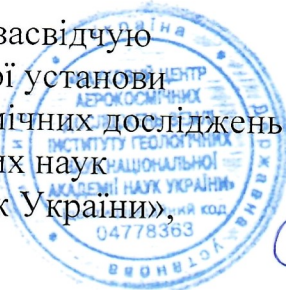
д-р техн. наук, професор,
провідний науковий співробітник відділу
геоінформаційних технологій в дистанційному
зондуванні Землі Державної установи
«Науковий центр аерокосмічних досліджень
Землі Інституту геологічних наук
Національної академії наук України»



Світлана КОХАН

19.10.2023 р.

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



Анна ХИЖНЯК