

## РЕЦЕНЗІЯ

кандидата технічних наук, старшого наукового співробітника кафедри інформаційно-комунікаційних технологій ім. О. О. Зеленського Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут» **Кривенка Сергія Станіславовича** на дисертаційну роботу **Цехмистро Ростислава Вікторовича** на тему «**Методи та засоби локалізації та класифікації об'єктів за допомогою нейронних мереж в умовах повітряної зйомки**» поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 12 – *Інформаційні технології* за спеціальністю 122 – *Комп'ютерні науки*

**Актуальність теми дослідження.** Використання даних, що отримані за допомогою дистанційної зйомки, є досить об'ємною задачею. Такі дані можуть бути використані для досліджень і застосувань різного роду – контролю трафіка, екологічного моніторингу, сільського господарства, планування міст тощо. Робота здобувача присвячена саме одній з таких сфер, а саме дослідженню та вдосконаленню методів та засобів локалізації та класифікації різнотипних об'єктів на зображеннях повітряної зйомки за допомогою дронів та БПЛА. Відповідні системи дуже швидко розвиваються та впроваджуються, але є певна затримка у розробці методів видобування корисної інформації з отриманих даних, що зумовлює актуальність теми дисертаційної роботи Цехмистра Р.В.

Дані, що отримані за допомогою дистанційної зйомки, мають певну специфіку, зокрема, вони можуть бути піддані впливу шуму та іншим спотворенням внаслідок дощу чи туману. Також отримувані дані можуть мати обмежену просторову розрізненість. Ці фактори мають суттєвий вплив на точність роботи нейромережових методів локалізації та класифікації. По-перше, шум може досить сильно спотворювати зображення, що, відповідно, може впливати на точність локалізації та класифікації об'єктів різного розміру. По-друге вплив природніх факторів на точність роботи методів може бути також досить сильним, а тому важливо дослідити методи мінімізації наслідків впливу цих факторів на методи локалізації та класифікації. Враховуючи зазначене, можна зробити висновок, що в дисертаційному дослідженні розв'язана актуальна науково-прикладна задача.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація має обсяг в 195 сторінок, з яких основний текст займає 151 сторінку, а також анотація двома мовами на

9 сторінок та додатки на 12 сторінок. В дисертації використовується велика кількість візуальних даних та таблиць, які демонструють належний рівень проведених досліджень.

У вступі продемонстровано актуальність задачі, представлено фактори впливу на точність методів локалізації та класифікації. Проаналізовано літературу, що присвячено визначенню такого впливу, а також існуючим методам та засобам розв'язання поставлених задач. Визначено мету, об'єкт, предмет та задачі дослідження.

У першому розділі розглянуто нейромережеві методи локалізації та класифікації. Розширено визначення факторів впливу, розглянуто специфіку даних, що отримані в умовах реальної повітряної зйомки. Визначено послідовність та пріоритет задач для подальшої роботи.

В другому розділі проведено донавчання нейронних мереж з різними архітектурами, що були обрані для досліджень. Приведено інформацію про набори даних, що використовувалися для навчання та верифікації. Навчені нейронні мережі досліджено на предмет точності локалізації та класифікації, а також проведено їх попереднє порівняння.

Третій розділ присвячено локалізації та класифікації малорозмірних об'єктів, для яких досліджено точність роботи методів в залежності від кількості пікселів, що належать об'єкт. На основі отриманих даних запропоновано метод оцінки бажаних характеристик системи формування зображень. Також в розділі запропоновано модифікований метод локалізації та класифікації, що використовує тайловий метод для підвищення точності локалізації та класифікації.

В четвертому розділі розглянуто метод оцінки параметрів шуму на зображеннях, зокрема його кореляційних характеристик та інтенсивності. Досліджено тип шуму та його інтенсивність на зображеннях для різних умов зйомки. Запропоновано модифікацію методу локалізації та класифікації, що використовує метод оцінки параметрів шуму на зображеннях для підвищення точності роботи методу локалізації та класифікації шляхом попередньої обробки зображення, зокрема його фільтрації.

У висновках представлено основні результати роботи, структура висновку відповідає порядку поставлених задач. В додатках представлено акти впровадження та лістинги коду методів, що використані в роботі.

**Оцінка достовірності отриманих даних, наукової новизни та практичної цінності.** Отримані результати проведених досліджень дозволяють зробити такі висновки про наукову новизну роботи:

- запропоновано метод оцінки параметрів системи формування зображень, який використовує отримані в процесі досліджень порогові (мінімальні) розміри об'єктів в пікселях, що дозволяє розраховувати параметри об'єкту та підвищувати точність роботи методу локалізації та класифікації, використовуючи отримані дані;
- вдосконалено метод та засіб оцінки характеристик шуму, зокрема кореляційних характеристики та інтенсивності, в автоматичній манері використовуючи метод визначення кореляційних характеристик та нейронну мережу. Отриманий метод дозволяє отримувати інформацію про інтенсивність шуму та підвищувати точність роботи методів локалізації та класифікації шляхом попередньої обробки зображення, зокрема застосування алгоритму придушення шуму;
- вдосконалено метод локалізації та класифікації об'єктів, який використовує потайлову обробку зображення та подальшу агрегацію результатів, а також порогові значення, що отримані за допомогою методу оцінки параметрів системи формування зображень, що дає змогу приймати рішення про доцільність використання даного методу та підвищити точність роботи методу локалізації та класифікації.

Також отримано результати, що показують практичну цінність роботи, а саме проведені дослідження нейромережових методів локалізації та класифікації дозволяють зробити вибір застосування одного з таких методів в залежності від пріоритету вимог. Отримані дані про точність локалізації та класифікації малорозмірних об'єктів дозволили розробити метод розрахунку порогових значень, а також вони можуть бути використані для проектування систем формування зображень та оптимізації методів локалізації та класифікації. Дані про тип шуму, який присутній на зображеннях можуть бути використані при розширенні досліджень, а також при розробці методів обробки зображень. Досліджений вплив природніх факторів дає розуміння ефективності отримання та обробки зображень в таких умовах та їх інформативності.

Результати, що отримані в роботі впроваджено в дослідницьку роботу Інституту радіофізики та електроніки ім. О. Я. Усикова НАН України, а також в навчальний процес кафедри 504 Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут».

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі.** Аналіз анотацій, тексту дисертації та змісту фахових публікацій здобувача дає змогу зробити висновок про достатню наукову обґрунтованість та достовірність результатів. Усі висновки, рекомендації, наукові положення та розробки підкріплені теоретичними та дослідницькими положеннями. Всі отримані результати відповідають поставленим задачам, а також меті, предмету та об'єкту роботи. Наукові результати та висновки підтверджуються публікаціями здобувача та актами впровадження.

**Дотримання академічної доброчесності.** При аналізі роботи та публікацій автора спостерігається унікальність досліджень. Наявні результати не містять запозичень та порушень академічної доброчесності, а також фальсифікації чи фабрикації результатів.

**Повнота викладення результатів.** Результати роботи викладено в 10 публікаціях, 5 з яких у виданнях, що входять до переліку фахових видань України, 2 з яких входять в Scopus. Також опубліковано 5 тез доповідей в міжнародних конференціях, 4 з яких входять до наукометричної бази Scopus.

**Недоліки та зауваження до роботи:**

- В роботі вказано, що алгоритми стискання можуть вносити артефакти в зображення, що може знижувати точність методів локалізації та класифікації, але відповідних досліджень не було проведено;
- В роботі присутні описки та редакторські помилки, а також незначні помилки в оформленні математичних виразів;
- Отримані в процесі досліджень результати представлені тільки для оптичних зображень, але було б доцільно провести дослідження для інших типів зображень, що можуть бути отримані за допомогою повітряної зйомки, які вказано в підрозділі 1.4;
- Для видалення впливу туману в підрозділі 4.2 було досліджено тільки один метод видалення туману; можливо, варто було б дослідити більше методів.

Загалом висвітлені недоліки не зменшують наукової новизни та практичної цінності дисертаційного дослідження, а також не впливають на мою загальну високу оцінку дисертаційної роботи.

**Загальні висновки.** Дисертаційна робота Цехмистро Ростислава Вікторовича *«Методи та засоби локалізації та класифікації об'єктів за*

*допомогою нейронних мереж в умовах повітряної зйомки» є завершеним науковим дослідженням, яке має наукову новизну та практичну цінність. Задачі, що поставлені та розглянуті в роботі, є актуальними та вирішені в повному обсязі. Викладені результати є науково обґрунтованими, а послідовність викладу результатів показує високий рівень проведених досліджень. Дисертаційна робота за актуальністю, змістом та повнотою викладення відповідає вимогам Постанови Кабінету Міністрів України № 44 від 12.01.2022 р. «Про затвердження порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії».*

Виходячи з цього, вважаю, що Цехмистро Ростислав Вікторович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 – «Комп’ютерні науки» з галузі знань 12 – «Інформаційні технології».

**Рецензент** – кандидат технічних наук,  
старший науковий співробітник кафедри  
інформаційно-комунікаційних технологій  
ім. О. О. Зеленського  
Національного аерокосмічного університету  
«Харківський авіаційний інститут»

Сергій КРИВЕНКО