

ВІДГУК
офіційного опонента
кандидатки технічних наук, доцента **Каштан Віти Юрїївни**
на дисертаційну роботу
Цехмистро Ростислава Вікторовича
на тему «**Методи та засоби локалізації та класифікації об'єктів за**
допомогою нейронних мереж в умовах повітряної зйомки»,
представлену на здобуття ступеня доктора філософії
з галузі знань 12 *Інформаційні технології*
за спеціальністю 122 *Комп'ютерні науки*

1. Актуальність теми дисертації та її зв'язок з планами та напрямками науково-дослідних робіт наукових установ і організацій

Методи локалізації та класифікації досить широко використовуються в різних сферах досліджень. Більшість сучасних методів базуються на згорткових нейронних мережах. Вони можуть бути використані в задачах локалізації та класифікації техніки, людей, різного типу літальних апаратів або вибухонебезпечних предметів. В більшості випадків методи локалізації та класифікації мають досить висотку точність роботи. Але застосування таких методів в умовах, коли зображення отримано за допомогою повітряної зйомки є специфічною сферою та потребує додаткових досліджень.

По-перше, низька просторова роздільна здатність зображень, одержаних дистанційною зйомкою, обумовлює малий розмір цільових об'єктів у пікселях, створюючи значні виклики для їхньої локалізації та класифікації. Така специфіка даних вимагає поглибленого дослідження методів обробки та аналізу, а також розробки та вдосконалення підходів для підвищення точності локалізації малорозмірних об'єктів у цих умовах.

По-друге, шум є значним фактором, що впливає на точність нейромережових методів локалізації та класифікації. Хоча більшість отриманих зображень можуть характеризуватися незначним рівнем перешкод, специфіка даних, одержаних шляхом повітряної зйомки, обумовлює необхідність дослідження точності цих методів на зображеннях із різними рівнями шуму. Вдосконалення методів локалізації та класифікації, а також застосування ефективних методів попередньої обробки зображень для зменшення впливу шуму, є важливим кроком до підвищення їх точності. Відомо, що дані дистанційної зйомки досить

сильно піддаються впливу природніх перешкод, розуміння ступеня такого впливу на точність роботи нейромережових методів є важливим.

Описана проблематика підкреслює необхідність проведення досліджень точності роботи нейромережових методів локалізації та класифікації на даних дистанційної зйомки в різноманітних умовах та визначення ступенів впливу цих умов. Також зазначені фактори потребують модифікації існуючих методів локалізації та класифікації для підвищення їхньої точності.

Дисертаційне дослідження Цехмистро Ростислава Вікторовича виконане за тематикою науково-дослідної та освітньої діяльності кафедри інформаційно-комунікаційних технологій ім. О. О. Зеленського Національного аерокосмічного університету «ХАІ», зокрема напрацювання з дисертації впроваджені у НДР: «Інтелектуальна система комплексної автоматичної обробки візуальних мультимедійних даних» (2020-2021, № держреєстрації 0119U100940), «Методи та засоби виявлення вибухонебезпечних предметів з використанням багатofункційних інтелектуальних систем БПЛА» (2024, № держреєстрації 0123U101992), «Інтелектуальні методи обробки багатоканальних зображень на основі карт візуальної уваги та баз зображень із спотвореннями» (2024-2026, № держреєстрації 0124U001094).

Все це визначає актуальність дисертаційної роботи Цехмистро Р. В., що полягає у дослідженні та вдосконаленні нейромережових методів та засобів для підвищення точності локалізації та класифікації об'єктів на зображеннях, отриманих в умовах повітряної зйомки.

2. Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни

Матеріали, що викладені в дисертації Цехмистро Ростислава Вікторовича, мають високий рівень обґрунтованості та дозволяють зробити висновок про результати його наукових досліджень. Використано сучасні методи досліджень, які включають в себе методи машинного навчання, математичне моделювання, методи математичної статистики. Вирішена важлива науково-технічна проблема, що дозволяє підвищувати точність методів локалізації та класифікації об'єктів на зображеннях, що отримані за допомогою повітряної зйомки в різних умовах. Отримані результати можуть бути використані в якості основи для розробки інших методів локалізації та класифікації або впроваджені в системи на літальних апаратах різних типів.

Результати досліджень використано в дослідницькій діяльності Інституту радіофізики і електроніки ім. О. Я. Усикова НАН України, а також їх впроваджено в навчальний процес Національного аерокосмічного університету "Харківський авіаційний інститут".

3. Структура, обсяг роботи.

Робота є структурованою, добре обґрунтованою, що дає можливість зрозуміти проблематику роботи, зробити висновки про наукову новизну та практичну цінність. Робота написана українською мовою та відповідає стилю наукових досліджень з використанням термінів і понять, характерних для фахової та наукової термінології.

Дисертація загальним обсягом 195 сторінок друкованого тексту, з яких основний текст на 151 сторінку та складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел із 141 найменувань та додатків, у які винесені список наукових праць дисертанта та два акти впровадження (в Інституті радіофізики і електроніки ім. О. Я. Усикова НАН України, Національному аерокосмічному університеті "Харківський авіаційний інститут"), а також лістинги коду.

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

4. Новизна основних наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації

Дисертаційна робота та опубліковані роботи здобувача дозволяють визначити наукову новизну, а також практичне значення.

1. Вперше запропоновано метод визначення характеристик системи формування зображень, який використовує отримані дані в процесі досліджень про мінімальний розмір об'єкту в пікселях, що в свою чергу дозволяє використовувати інформацію про систему формування зображень в процесі обробки зображення та за потреби застосовувати модифікований метод локалізації та класифікації, що дає змогу підвищувати точність методів локалізації та класифікації при роботі з малорозмірними об'єктами.

2. Вдосконалено метод та засіб оцінки шуму на зображеннях, використовуючи метод визначення кореляційних характеристик шуму, а також нейронної мережі, що в свою чергу дає змогу використовувати цей метод в процесі локалізації та класифікації, а також проводити попередню обробку зображення, за потреби, з визначеними параметрами, що підвищує точність роботи нейромережевих методів локалізації та класифікації.

3. Вдосконалено метод обробки зображення частинами, що дозволяє обробляти зображення тайлово та агрегувати результати, який відрізняється можливістю використання запропонованого методу визначення характеристик об'єкту, використовуючи параметри системи формування зображення. Використання методу дозволяє підвищувати точність локалізації та класифікації малорозмірних об'єктів без перенавчання нейронних мереж.

Практична цінність роботи полягає в проведенні порівняння нейромережевих методів локалізації та класифікації та подальшому наведенні рекомендацій по вибору методу, враховуючи вимоги. Також експериментально визначено мінімальний розмір об'єкту в пікселях, який необхідний для точної локалізації та класифікації цього об'єкту. Визначено інтенсивність шуму на зображеннях без застосування обробки, а також його кореляційні характеристики. Досліджено вплив туману та дощу на точність локалізації та класифікації об'єктів.

5. Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності

Методи та підходи, що були використані здобувачем у дослідженнях є такими, що відповідають задачі та відповідають проблематиці, а також дозволяють вирішувати поставлені завдання.

У першому розділі дисертації розглянуто існуючі нейромережеві методи локалізації та класифікації та проведено їх порівняння, використовуючи метрики. Також в розділі представлено спосіб отримання зображень за допомогою дистанційної зйомки та визначено специфіку таких зображень. Поставлено задачі, що будуть вирішені в роботі.

В другому розділі розглянуто набір даних, що отриманий за допомогою дистанційної зйомки, досліджено його характеристики. Проведено донавчання нейронних мереж, використовуючи досліджений набір даних. Отримані нейронні мережі досліджено на предмет точності їх роботи, а також проведено порівняння різних архітектур на даних, отриманих в умовах повітряної зйомки.

Третій розділ присвячено роботі нейромережевих методів з малорозмірними об'єктами. В розділі проведено дослідження точності роботи методів при локалізації малорозмірних об'єктів, а також в процесі дослідження визначено мінімальний розмір об'єкту в пікселях. Отримані дані застосовано в методі визначення характеристик формування зображень, що також представлений в даному розділі. Також в розділі модифіковано та досліджено метод локалізації та класифікації, що використовує потайлову обробку, що дало змогу підвищити точність роботи методів локалізації та класифікації при роботі з об'єктами площею до 200 пікселів.

В четвертому розділі розглянуто різні завади, що можуть бути внесені до зображення в процесі його отримання – це шум та природні фактори. Визначено тип та кореляційні характеристики шуму, використовуючи метод визначення кореляційних характеристик та нейронну мережу для визначення інтенсивності шуму. Отримані дані та вдосконалений метод дає змогу проводити попередню обробку зображення та завдяки цьому підвищувати точність роботи нейромережевих методів локалізації та класифікації в умовах шуму. Також в розділі проведено дослідження впливу

туману та дощу на якість локалізації та класифікації, а також модифіковано метод локалізації та класифікації використовуючи метод видалення туману, який не дозволив підвищити точність.

У висновках наведено загальні результати що отримані в процесі досліджень.

6. Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях

Результати досліджень опубліковано в 10 роботах, в тому числі в 5 публікаціях, що входять до переліку наукових фахових видань України, з них 2 в категорії А (Scopus, Q3) та 3 в категорії Б, а також 5 публікацій в матеріалах міжнародних конференцій, 4 з яких входять в Scopus.

Публікації здобувача містять опис проведених досліджень та їх результатів. Таким чином публікації повною мірою відображають матеріали дисертації.

7. Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

1. На жаль автором чітко не сформульовано *чи можуть запропоновані методи та засоби бути застосованими до інфрачервоних зображень? Чи необхідні якісь модифікації?*

2. Залишається невизначеним, чи мають запропоновані в роботі методи недоліки, пов'язані з некоректною локалізацією та класифікацією, а саме: об'єднання двох суміжних об'єктів в один, або, навпаки, сегментація одного великого об'єкта на декілька менших.

3. Автор не провів дослідження щодо оптимальної кількості об'єктів для кожного класу в навчальній вибірці. Також не досліджений вплив дисбалансу кількості об'єктів різних класів у навчальній вибірці на результати локалізації та класифікації.

4. Методи потайлової обробки, розглянуті в роботі, можуть суттєво впливати на швидкодію процесу локалізації та класифікації. у дисертації відсутній детальний аналіз обчислювальної складності в таких умовах, що важливо для застосування методів в реальному часі.

5. Незважаючи на окремі дослідження впливу кожного фактора (зокрема шуму, дощу, туману), у роботі не представлена комплексна оцінка одночасної дії кількох факторів. Така оцінка є важливою, оскільки одночасний вплив багатьох факторів є типовим для реальних систем повітряної зйомки.

6. Пояснення відмови від набору VisDrone як основного для тестування є дещо поверховим. Зокрема, "мала кількість зображень" потребує конкретизації (*скільки саме зображень у тестовій частині VisDrone і яка кількість вважалася б достатньою?*). Також, "VisDrone не має визначених висот зйомки" — чи можна було б оцінити ці висоти хоча б приблизно на основі доступних метаданих або характеристик об'єктів?

Вище вказані зауваження мають окремий характер та не впливають на високий науковий рівень роботи, а також на розуміння практичної цінності проведених досліджень.

8. Висновок про дисертаційну роботу

Дисертаційне дослідження Цехмистро Ростислава Вікторовича на тему «Методи та засоби локалізації та класифікації об'єктів за допомогою нейронних мереж в умовах повітряної зйомки» не порушує принципів академічної доброчесності, є закінченим науковим дослідженням та повністю відповідає вимогам 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 її автор – Цехмистро Ростислав Вікторович – заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки.

Офіційний опонент

Кандидат технічних наук,
доцент кафедри інформаційних технологій
та комп'ютерної інженерії
Національного технічного університету
«Дніпровська політехніка»



Віта КАШТАН