

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу

Цехмистро Ростислава Вікторовича на тему «Методи та засоби локалізації та класифікації об'єктів за допомогою нейронних мереж в умовах повітряної зйомки» яка представлена на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки

Актуальність теми дисертації

Локалізація та класифікація об'єктів на цифрових зображеннях є одним з ключових завдань комп'ютерного зору. Його результати знаходять своє широке застосування, зокрема в управлінні автономними транспортними засобами, системах відеоспостереження та безпеки, автоматизації виробництва, тощо. Завдяки зростанню обчислювальних потужностей для вирішення цього завдання стало можливим використання штучних нейронних мереж, зокрема згорткових архітектур. Окрім того, стрімкий розвиток безпілотних літальних апаратів (БПЛА) призвів до зміни підходів у вирішенні широкого спектру задач народного господарства та викликів, що стоять перед суспільством. Прикладом є використання дронів у сільському господарстві, моніторингу екологічних систем, мережах управління дорожнім рухом та комплексах відеоспостереження. Застосування БПЛА у поєднанні з моделями машинного навчання підвищує ефективність та оперативність прийняття рішень. Тим не менш, подібна інтеграція має декілька особливостей. По-перше, у порівнянні зі стаціонарними системами, БПЛА мають значно менші обчислювальні потужності, що накладає суттєві обмеження на використання певних моделей через їх обчислювальну складність. По-друге, на ефективність аналізу даних, що отримано у результаті повітряної зйомки, впливає набір факторів, зокрема висота літального апарату, наявні завади, тощо. Тому задля побудови відповідних систем необхідним є проведення: дослідження наявних нейромережових методів локалізації та класифікації з точки зору їх точності та обчислювальної складності; аналізу ефективності локалізації малорозмірних об'єктів залежно від їх характеристик та визначення відповідних мінімальних значень; вивчення впливу шуму на показники точності класифікації та локалізації; за необхідності, удосконалення методів, що розглядаються; розробку рекомендацій щодо подальшого використання. Дисертаційне дослідження присвячене вирішенню цих завдань, а тому є актуальним і безумовно важливим з теоретичної та практичної точок зору.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни

У дисертації розроблено метод для визначення параметрів системи, що використовується для формування зображень. У якості основи запропоноване використання експериментально встановлених мінімально допустимих розмірів об'єктів. Такий підхід враховує статистичні результати досліджень, які проведені на значних датасетах із широким діапазоном розмірів об'єктів. Це забезпечує можливість науково обґрунтованого визначення оптимальних

параметрів траєкторії руху платформи БПЛА та встановленого на ньому сенсора з метою гарантування високої точності функціонування алгоритмів локалізації та класифікації малорозмірних об'єктів.

У роботі надано розвиток методу оцінки статистичних та спектральних характеристик шуму на зображеннях наосліп, що забезпечує визначення типу шуму та його характеристик. Це обґрунтувало застосування методу попередньої обробки цифрового зображення на основі BM3D-фільтра. Результатом є підвищення ефективності локалізації та класифікації об'єктів за відповідними метриками.

Також проведено вдосконалення методу локалізації та класифікації об'єктів фрагментами (тайлами) з подальшою агрегацією результатів. Запропонований підхід дозволяє підвищити точність аналізу малорозмірних об'єктів. На відміну від інших методів, це дозволяє ефективно використовувати специфікацію системи формування зображень, а також визначати доцільність такої обробки. За відповідних умов це дозволяє підвищити результативність без перенавчання нейронної мережі.

Отримані результати є новими. Обґрунтування доцільності їх використання проведено із застосуванням релевантних індикаторів та загальноприйнятих метрик.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності

Дисертація є завершеним науковим дослідженням. Вона складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та п'яти додатків.

У першому розділі проаналізовано структуру систем, що використовуються БПЛА для отримання та обробки зображень, розглянуто основні характеристики нейронних мереж для методів локалізації та класифікації. Також описано структуру та характеристики зображень, створених за допомогою дистанційних технологій та літальних апаратів, наведено інформацію про методи й засоби обробки таких зображень та проаналізовано складнощі, що виникають у процесі їх обробки.

Другий розділ присвячено аналізу метрик точності роботи нейронних мереж при навчанні на наборах даних з БПЛА й представлено порівняння архітектур за параметрами обчислювального навантаження та кількості параметрів, що впливають на швидкість обробки зображень. Також розраховано ресурси, які необхідні для функціонування нейронних мереж.

Третій розділ досліджує точність методів локалізації та класифікації в умовах зйомки з різних висот, а також точність локалізації та класифікації об'єктів, зокрема малорозмірних.

Четвертий розділ присвячено дослідженню ефективності нейронних мереж в умовах, коли вхідні зображення зазнали різноманітних спотворень.

Робота є оригінальною і виконана автором самостійно. У роботі дотримано всіх норм наукової етики та принципів академічної доброчесності.

Мова та стиль викладення результатів

Мова та стиль викладення результатів у представленому дисертаційному дослідженні відповідають високим науковим стандартам і характеризуються чіткістю та логічністю. Продemonстровано глибоке володіння науковою мовою, що забезпечує коректну інтерпретацію отриманих результатів. Структура викладу є послідовною. Стиль викладення поєднує академічну строгість, що сприяє ефективному сприйняттю наукової інформації та можливості її подальшого використання у подальших дослідженнях.

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях

Результати дисертаційного дослідження опубліковано у повному обсязі у 10 роботах, з яких 5 входять до переліку наукових фахових видань України, 2 з яких індексуються у наукометричній базі Scopus (мають квартиль Q3) та 5 доповідей на міжнародних конференціях, 4 з яких входять до наукометричної бази Scopus.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

1. У роботі використовуються скорочення, які не наведені у відповідному переліку. Зокрема, SSD, R-CNN, YOLO, IoU та ін.
2. У роботі використано нестандартне подання деяких алгоритмів на рисунках (наприклад, рис. 1.16, 1.17 та 4.1).
3. У тексті роботи використано позначення одиниць виміру, що є загальноприйнятими (наприклад, у табл. 1.1 використано “Т”, а у табл. 2.3 використано “Т” та “М”).
4. У роботі не наведено означення деяких показників, зокрема, IoU (intersection over union) та “відсоток прогнозованих регіонів”. Також недостатньо чітко описано поняття “площа об’єкту” на цифровому зображенні.
5. У тексті роботи містяться незначні огріхи. Зокрема, на стор. 42 (2 рядок знизу) некоректне посилання на таблицю (наведено “1.2”, має бути “1.1”). Також заголовок таблиці 2.3 містить “Params”, що не визначено у тексті. У деяких реченнях пропущено коми (наприклад, другий абзац на стор. 59).
6. Для деяких формул надано недостатній опис компонентів. Зокрема, не вистачає описів елементів матричних структур (наприклад, в описі до формули (1.1) на стор. 34 потрібно додати інформацію щодо X). Також присутні стилістичні помилки (наприклад, (2.1) на стор. 64).
7. У роботі у незначній мірі присутні елементи, не властиві науковому дискурсу (наприклад, “... має зрозумілу документацію...” на стор. 62, “... популярність...” щодо фреймворків на стор. 72 та ін.).

Висловлені зауваження не применшують наукові досягнення дисертації та не впливають на позитивний висновок про належний рівень дослідження.

Висновок про дисертаційну роботу

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Цехмистро Ростислава Вікторовича на тему «Методи та засоби локалізації та класифікації об’єктів за допомогою нейронних мереж в умовах повітряної

зйомки» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 12 Інформаційні технології. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в 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 2022р. №44.

Здобувач Цехмистро Ростислав Вікторович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки.

Рецензент:

кандидат фізико-математичних наук,
доцент кафедри інформаційно-комунікаційних
технологій ім. О. О. Зеленського
Національного аерокосмічного університету
«Харківський авіаційний інститут»

Віктор МАКАРІЧЕВ

«12» червня 2025 р.