

Голові спеціалізованої вченої ради ID 1684
Національного університету «Львівська політехніка»
доктору технічних наук, професору
Мельнику Анатолію Олексійовичу

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

доктора технічних наук, професора Савенка Олега Станіславовича
на дисертаційну роботу **Кушніра Дмитра Олександровича**
*«Методи та засоби пошуку та розпізнавання об'єктів у
відеозображеннях на мобільній платформі в реальному
часі»*,

подану до захисту на здобуття наукового ступеня **доктора філософії**
з галузі знань 12 *«Інформаційні технології»*
та спеціальності 123 *«Комп'ютерна інженерія»*

1. Актуальність теми дисертаційної роботи

Використання засобів отримання відеозображень набуло поширення в різних сферах. Невелика вартість технічних засобів для отримання відеозображень спонукає користувачів збільшувати їх кількість. Але ефективне використання отриманих відеозображень може бути для певних сфер у подальшому розпізнаванні об'єктів у таких відеозображеннях, а не тільки їх отриманні та збереженні на певний час. Локалізація об'єкта на зображенні або його відстеження з метою пошуку та визначення приналежності до класу об'єктів в процесі розпізнавання є актуальною поширеною задачею, особливо при розробленні кібер-фізичних систем моніторингу та аналізі відеопотоку у реальному часі.

Отримання відеозображень може бути здійснено нерухомими стаціонарними засобами або рухомими. Перспективним напрямом досліджень, який активно розвивається, є напрям, який характеризується тим, що для отримання зображень використовуються засоби на мобільній платформі в режимі реального часу. Тобто, засоби отримання зображень встановлюються на рухомі платформи, а вимога до отримання зображень така, що відповідає вимогам реального часу. В такому випадку виникають проблеми щодо можливої обмеженості апаратних ресурсів та забезпечення точності розпізнавання.

Наявні підходи пропонують вузькоспеціалізовані рішення пошуку та розпізнавання, проте постає проблема масштабованості таких систем при використанні декількох типів моделей розпізнавання.

Все це зумовлює актуальність теми дисертаційної роботи Кушніра Дмитра

Олександровича, присвяченої розв'язанню задачі розроблення методів та засобів пошуку та розпізнавання об'єктів у відеозображеннях на мобільній платформі у реальному часі.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, темами

Дисертаційна робота Кушніра Д.О. виконана на кафедрі електронних обчислювальних машин Національного університету "Львівська політехніка". Тема дисертації відповідає науковому напрямку кафедри.

Частина досліджень, результати яких викладено в дисертації, виконано відповідно до пріоритетних напрямків науково-дослідних робіт Національного університету "Львівська політехніка", в рамках виконання науково-дослідних робіт за держбюджетною темою «Інноваційне використання твердотілих і нанокompозитних матеріалів для керування субтерагерцовим випроміненням» (номер державної реєстрації 0119U100609; терміни виконання роботи: 01.2021 – 12.2021 р.).

3. Наукова новизна результатів дисертаційної роботи

Отримані наукові результати є результатом розв'язування наукової задачі підвищення ефективності та продуктивності пошуку та розпізнавання об'єктів в умовах обмежених обчислювальних ресурсів на мобільному пристрої у реальному часі. Автором дисертації отримано такі наукові результати:

1. Удосконалено метод кластеризації при інтеграції у модель згорткової нейронної мережі на мобільній платформі, який полягає у використанні метода k-середніх++ разом з мінімізаційними та згладжуючими фільтрами, який, у порівнянні з методом k-середніх, поліпшує точність розпізнавання у середньому на 5% за метриками mAP, F1 та Recall.

2. Отримав подальший розвиток метод квантизації моделі згорткової нейронної мережі на основі афінних перетворень для мобільної платформи, який дозволив збільшити продуктивність моделі у середньому на 7% за метриками реального часу у порівнянні з не квантизованими моделям при зменшенні показника метрики mAP до 4%.

3. Удосконалено метод збіжності для задач оперативного відстеження завчасно визначеного класу об'єктів, використовуючи Угорський алгоритм, що на відміну від існуючих аналогів, які використовують алгоритм K-вимірне дерево, поліпшує точність розпізнавання та відстеження рухомих об'єктів у середньому на 10% за метриками F1, MOTP та MT, що підтверджено еталонною вибіркою MOT17.

4. Набув подальшого розвитку метод мемоїзації відстежених об'єктів з граничною лінією на мобільній платформі, який дозволяє збільшити точність відстеження рухомих об'єктів у реальному часі, що дозволило зменшити кількість

перемикань ID на не менше ніж 6% у порівнянні із базовим методом відстеження без використання мемоїзації.

5. Вперше розроблено модель масштабованого створення згорткової нейронної мережі для мобільної платформи, яка полягає в автоматизованому анотуванні вхідного класу зображень, тренуванні моделі згорткової нейронної мережі та конвертації у CoreML формат для мобільної операційної системи iOS.

4. Короткий аналіз основного змісту дисертації

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, визначено мету та основні завдання, предмет та об'єкт, відображено наукову новизну і практичне значення одержаних результатів.

У першому розділі проведено аналіз існуючих підходів до інтеграції систем пошуку та розпізнавання об'єктів, моделей нейронних мереж, засобів масштабування та існуючих підходів до розробки мобільних систем. На основі проведеного аналізу літературних джерел визначено основні задачі, які слід вирішити при пошуку та розпізнаванні об'єктів з використанням мобільної платформи у відеозображеннях у реальному часі в умовах обмежених обчислювальних ресурсів.

У другому розділі запропоновано метрики оцінювання результатів розпізнавання та відстеження об'єктів, сформовано вихідну модель згорткової нейронної мережі та розроблено методи кластеризації, відстеження та мемоїзації об'єктів.

У третьому розділі згідно розроблених методів виконано розроблення алгоритмів тренування моделі згорткової нейронної мережі, автоматичного анотування вхідних зображень та конвертування моделі у CoreML формат для мобільної платформи. Запропоновано засіб інтеграції вбудованого модуля для відстеження рухомих об'єктів на мобільній платформі iOS.

У четвертому розділі представлено розроблену архітектуру систем на мобільній операційній системі iOS та операційній системі Ubuntu та обґрунтовано вибір компонент таких систем. Також, подано результати експериментів. Проаналізувавши отримані експериментальні результати було зроблено висновок, що було досягнуто основні вимоги до створення системи та ефективність алгоритмів пошуку та розпізнавання об'єктів у відеозображеннях у реальному часі.

5. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність

Наукові положення, висновки та рекомендації дисертаційної роботи Кушніра Д.О. достатньо обґрунтовані коректним використанням методів комп'ютерної інженерії та системного аналізу, підкріплені успішною реалізацією, ефективним

практичним впровадженням результатів дисертаційних досліджень, яке продемонструвало збігання теоретичних досліджень з реальними результатами.

Обґрунтованість наукових положень та висновків, сформульованих у дисертаційній роботі, є достатньою і базується на детальному аналізі джерел за даною проблемою, чіткій постановці задач дослідження, використанні сучасних методів дослідження, а також проявляється у якісному та аргументованому формулюванні висновків.

Достовірність та обґрунтованість запропонованих методів і засобів підтверджується результатами експериментальних досліджень та коректним застосуванням методів, які були використані під час виконання роботи.

Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані в дисертації, логічно впливають з отриманих результатів. Тому, висновки та практичні рішення, отримані у роботі, коректні, достатньо обґрунтовані й можуть бути рекомендовані до використання при пошуку та розпізнаванні об'єктів з використанням мобільної платформи у реальному часі.

6. Практичні результати роботи

Практичне значення одержаних результатів полягає, у доведенні отриманих наукових результатів до конкретних технологій, методик, алгоритмів та засобів. Згідно розроблених методів було розроблено засоби пошуку та розпізнавання об'єктів на мобільній платформі у реальному часі у вигляді масштабованого програмно-алгоритмічного забезпечення, яке може бути застосовано для ідентифікації, відстежування та здійснення обчислень довільного класу об'єктів на мобільній платформі. Один із запропонованих методів фільтрації результатів розпізнавання об'єктів на зображенні використано у навчальному процесі кафедри «Електронних обчислювальних машин» Національного університету «Львівська політехніка» при викладанні дисципліни «Цифрова обробка сигналів» за темою «Опрацювання цифрових зображень». Частина дисертаційних досліджень виконана в межах держбюджетної науково-дослідної роботи.

7. Оформлення дисертації, дотримання вимог академічної доброчесності та повнота викладу наукових положень та результатів в опублікованих працях

Повний обсяг роботи становить 181 сторінку друкованого тексту, з них основний текст – на 143 сторінках. Список використаних джерел містить 125 найменувань. Оформлення дисертації відповідає усім необхідним вимогам.

Дисертаційна робота має чітку та логічну структуру. Основні висновки і рекомендації відповідають роботі виконаній у відповідних розділах.

Отримані результати свідчать про високу індивідуальність роботи. По всьому

тексту дисертації простежується авторський стиль. У дисертації не виявлено текстових запозичень і використання наукових результатів інших науковців без посилань на відповідні джерела.

Основні результати дослідження опубліковано у 4 статтях в наукових фахових виданнях України, 1 статті у науковому виданні інших держав, а також 6 працях апробаційного характеру – у статтях, матеріалах і тезах конференцій.

Основні положення дисертації повністю викладено в опублікованих працях.

Вимоги щодо кількості та якості публікацій виконано.

8. Мова та стиль дисертаційної роботи

Дисертація написана логічно, доступно, на високому науково-технічному рівні з використанням сучасної термінології.

Тема, зміст та отримані наукові результати роботи відповідають предметній області спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» галузі знань 12 «Інформаційні технології».

9. Зауваження до дисертації:

1) в роботі недостатньо чітко відображено межі застосування запропонованого рішення, залежно від різних умов отримання відеозображення, в контексті загальної проблематики дослідження;

2) в роботі здійснено аналіз та порівняння отриманих наукових результатів з відомими, зокрема різними підходами для отримання та розпізнавання образів, але аналіз відомих аналогічних підходів саме в цілісному варіанті розпізнавання об'єктів з отриманих відеозображень та використання мобільних платформ є недостатнім;

3) обґрунтування формалізації маршруту дрону в роботі представлено недостатньо, зокрема його розміщення в просторі (двовимірному, тривимірному позиціонуванні) та об'єкту з відеозображення;

4) вплив на якість отриманого відеозображення фокусу камери до об'єкту досліджено недостатньо;

5) у роботі наявна невелика кількість граматичних та синтаксичних помилок (ст. 87: «...при умові різниці у куті angle більше ніж заданій N...»; ст. 138: «кібер-фізичні»; ст. 156: «Також тести показують що кількість об'єктів класу «мурахи», які перетнули граничну лінію в цілому при використанні»).

Однак, наведені зауваження не є принциповими та не зменшують наукової цінності представленої роботи та отриманих наукових і практичних результатів.

10. Висновки щодо дисертації в цілому

Представлена дисертаційна робота «Методи та засоби пошуку та розпізнавання об'єктів у відеозображеннях на мобільній платформі в реальному часі» є завершеною науково-дослідною роботою, яка містить обґрунтовані наукові результати. У дисертації розв'язано актуальну науково-технічну задачу розроблення методів та засобів пошуку та розпізнавання об'єктів у відеозображеннях на мобільній платформі у реальному часі.

Одержані наукові та практичні результати є значущими для галузі інформаційних технологій в цілому та комп'ютерної інженерії зокрема. Тема, зміст дисертації та отримані наукові результати відповідають предметній області спеціальності 123 – Комп'ютерна інженерія.

Таким чином, враховуючи актуальність теми дисертації, обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх наукову новизну та практичну цінність, відповідність предметній області спеціальності 123 – Комп'ютерна інженерія, повноту викладу в наукових публікаціях, відсутність порушень академічної доброчесності, вважаю, що дисертація повністю відповідає вимогам «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 року № 44, та її автор, Кушнір Дмитро Олександрович, заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 123 – Комп'ютерна інженерія.

Офіційний опонент – декан факультету інформаційних технологій, професор, д.т.н., професор кафедри комп'ютерної інженерії та інформаційних систем, Хмельницького національного університету



Олег САВЕНКО

Підпис д.т.н., професора Савенка О. С.

«ЗАСВІДЧУЮ»

Проректор з НІПР ХНУ

«05» 06

2023 р.



Віктор ЛОПАТОВСЬКИЙ