

Голові разової спеціалізованої
вченої ради ДФ 70.052.022
Хмельницького національного
університету
доктору технічних наук, професору
Тетяні ГОВОРУЩЕНКО
29016, м. Хмельницький,
вул. Інститутська, 11

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

доктора технічних наук, професора Саченка Анатолія Олексійовича
на дисертаційну роботу **Мельниченка Олександра Вікторовича**
*«Методи збору, розпізнавання та обробки зображень, отриманих із
використанням БПЛА, для виявлення заданих об'єктів»*,
подану до захисту на здобуття наукового ступеня **доктора філософії**
з галузі знань 12 Інформаційні технології
за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки

1. Актуальність теми дисертаційної роботи.

За останні роки можливість доповнення безпілотних літальних апаратів (БПЛА) відеокамерами для збору та отримання зображень покращила ефективність виконання завдань у важкодоступних місцях та суттєво автоматизувала таку роботу. Сучасні автоматизовані системи з використанням БПЛА відрізняються між собою, в залежності від функційних можливостей здійснювати збір, отримання, розпізнавання зображень заданих об'єктів, обчислення кількості заданих об'єктів, налаштуваннями, ефективністю роботи та точністю отриманих результатів. Разом з тим залишаються поза увагою дослідників питання забезпечення ефективності функціонування таких систем для збору та отримання зображень в реальних умовах, а також підвищення точності розпізнавання зображень.

Тому, вирішення задачі розробки удосконалених методів збору, розпізнавання та обробки зображень отриманих з використанням БПЛА для виявлення заданих об'єктів - предмет дослідження дисертаційної роботи, є надзвичайно актуальним.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційне дослідження виконано в рамках науково-дослідної тематики Хмельницького національного університету, а саме, держбюджетного науково-дослідного проєкту «Розроблення інформаційної технології прийняття контрольованих людиною критично-безпекових рішень за ментально-формальними моделями машинного навчання» №2Б-2021 (№ держреєстрації 0121U112025).

3. Наукова новизна отриманих результатів.

До основних наукових результатів дисертаційної роботи слід віднести:

1) розроблено новий метод побудови маршрутів БПЛА згідно технологій самонавчання, який, на відміну від відомих, полягає в позиціюванні апаратних пристроїв у тривимірному координатному просторі в реальному часі за рахунок самонавчання при побудові маршрутів їх руху, що дає змогу покращити переміщення та синхронізацію між групою БПЛА або одного БПЛА в межах робочого сегменту і за рахунок цього збільшити кількість опрацьованих даних;

2) розроблено новий метод динамічного отримання зображень заданих структурних об'єктів в тривимірному просторі за допомогою декількох БПЛА, який, на відміну від відомих, забезпечує, у процесі активації кожного БПЛА, генерацію відеоряду у центральній системі і прийняття рішень про подальшу роботу групи БПЛА, а також підтвердження цілісності програмної місії та визначення рівня критичності для продовження виконання роботи групи БПЛА за рахунок визначення станів модулів та комплексного врахування вимог розподілення, багаторівневості та автоматизованості. Це дає змогу покращити узгодження між різними БПЛА та забезпечити автономне переміщення всієї групи БПЛА від заданих початкових до кінцевих точок програмної місії;

3) розроблено новий метод синхронізації відеопотоків в режимі реального часу, який відрізняється від відомих тим, що забезпечує накопичення даних про попередні програмні місії БПЛА, у випадку критичних збоїв, які спотворюють цілісність структур даних із джерел отримання відеопотоків, зберігає такі структури в спеціальному журналі помилок та не відправляє їх як вхідні параметри в наступну обробку. Це дає змогу порівнювати отримані поточні результати із попередніми у режимі реального часу і, тим самим, забезпечити оперативне отримання результатів та виявлення структурних об'єктів, які були пропущені у процесі попередніх програмних місій;

4) вдосконалено метод виявлення заданих структурних об'єктів на зображеннях, який, на відміну від оригінальної архітектури YOLOv5, полягає в тому, що модифіковано модуль фокусування нейронної мережі, видалено згортковий шар, що поєднує вхідну карту ознак з операцією конкатенації, актуалізовано механізм візуальної уваги для вилучення ознак, а об'єднання шарів 4 і 15, 6 і 11, 10 і 21 оригінальної архітектури замінено на об'єднання шарів 5 і 18, 8 і 14, 13 і 24 вдосконаленої архітектури і вихідні карти ознак 14-го та 21-го шарів вдосконаленої архітектури об'єднано між собою. Це дало змогу покращити точність виявлення структурних об'єктів і зменшити час навчання нейронної мережі.

4. Короткий аналіз основного змісту дисертації.

Науковий рівень викладення дисертації відповідає вимогам МОН України. Назва дисертації повною мірою відображає її зміст.

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

У *першому розділі* здійснено аналіз предметної області дослідження, відомих методів збору, розпізнавання та обробки зображень отриманих з використанням БПЛА для виявлення заданих об'єктів, зокрема актуальності їх застосування до польових задач садівництва, розпізнавання фруктових плодів в

реальних умовах фруктового саду. У розділі підведено підсумки проведеного аналізу та здійснено постановку задачі дослідження.

У *другому розділі* подано розробку методу побудови маршрутів БПЛА на основі технологій самонавчання, запропоновано архітектуру автоматизованої системи динамічного отримання зображень заданих об'єктів в тривимірному просторі та представлено розробку методу динамічного отримання зображень заданих структурних об'єктів в тривимірному просторі за допомогою декількох БПЛА, а також підведено підсумки з отриманих результатів.

У *третьому розділі* запропоновано метод синхронізації відеопотоків в режимі реального часу, вдосконалено метод виявлення заданих структурних об'єктів, описано спосіб обчислення кількості заданих структурних об'єктів та описано створення детектора у задачі розпізнавання образів у режимі реального часу.

У *четвертому розділі* подано програмну реалізацію автоматизованої системи виявлення та обчислення кількості заданих структурних об'єктів, опис експериментальної установки, постановку і проведення експериментальних досліджень із застосування розробленої автоматизованої системи, опис експериментального середовища, оцінювання ефективності автоматизованої системи, а також підведено підсумки з отриманих результатів.

У *висновках* подано отримані наукові та практичні результати дослідження.

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

Сформульовані у дисертації наукові положення, висновки та рекомендації є аргументованими і підкріплені успішною реалізацією.

Обґрунтованість наукових положень та висновків дисертації ґрунтується на детальному аналізі джерел, чіткій постановці задачі дослідження і використанні сучасних методів дослідження.

Достовірність результатів дисертації підтверджується їх апробацією на міжнародних і національних наукових конференціях, а також їх впровадженням.

6. Практичні результати роботи.

Розроблена в рамках дисертаційної роботи автоматизована система динамічного отримання зображень заданих об'єктів в тривимірному просторі призначена для виявлення та обрахування кількості яблук у фруктовому саду в режимі реального часу. Перевагою розробленої системи над аналогами є отримання нею множини відеокадрів у режимі реального часу з камер кількох БПЛА та синхронізація цих відеокадрів між собою в одну інформаційну структуру даних, що надалі трансформується в суцільне зображення. Крім того, використання функцій оптимізації якості зображення дає змогу максимально ефективно виявляти структурні під час виконання робочих місій БПЛА в робочому середовищі. Використання такого засобу трансформації дало змогу системі отримувати суцільний потік даних до всіх наступних програмних компонентів автоматизованої системи. Так, оцінка синхронізації відеопотоків за індексом SSIM коливається від 0,79 до 0,92, із середнім значенням 0,87, а за

індексом PSNR – від 22 до 39, що свідчить про високу ефективність роботи розробленої системи із відеопотоками та належну якість отриманих об'єднаних зображень.

У результаті проведених експериментальних досліджень було доведено ефективність роботи розробленої автоматизованої системи, що підтверджується високим середнім значенням у 82,69% показника достовірності виявлення та обчислення кількості фруктових плодів та низьким середнім рівнем помилок I (14,67%) та II (18,33%) роду

Теоретичні та практичні результати дослідження впроваджені в ТОВ «ЮКС++» (м. Хмельницький), Державному підприємстві «Новатор» (м. Хмельницький), ПП «НОЛТ ТЕХНОЛОДЖИС» (м. Хмельницький), ТОВ «Агротех сервіс», а також, у навчальному процесі Хмельницького національного університету.

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

Дисертаційна робота має логічну структуру і складається з анотації, змісту, переліку умовних скорочень, вступу, чотирьох розділів, висновку, списку використаних джерел та п'яти додатків. Повний обсяг роботи становить 204 сторінки друкованого тексту, поміж яких, основний текст – на 137 сторінках, список використаних джерел зі 140 найменувань – на 14 сторінках та п'ять додатків – на 36 сторінках. Дисертація містить 42 рисунки та 12 таблиць. Оформлення дисертації відповідає всім необхідним вимогам.

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

За результатами досліджень опубліковано 12 наукових праць, у тому числі 6 статей у наукових фахових виданнях, одне свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір (програму), 5 тез доповідей у збірниках матеріалів конференцій, з яких одна праця індексована в наукометричній базі Scopus.

Усі сформовані наукові положення і результати дисертації повністю викладено в опублікованих працях.

8. Мова та стиль дисертаційної роботи.

Текст дисертаційної роботи викладено в логічній послідовності. Матеріал дисертації достатньо проілюстрований схемами, рисунками, графіками й таблицями. Мова і стиль викладення змісту, оформлення дисертації відповідають вимогам, які ставляться до наукових праць.

9. Зауваження та дискусійні положення щодо змісту дисертації.

Оцінюючи загалом позитивно наукове та практичне значення отриманих автором результатів, хочу висловити ряд зауважень та рекомендацій до дисертаційної роботи, зокрема:

1. У підрозділі 2.2 наведено схеми можливих траєкторій руху групи БПЛА у робочому середовищі та обґрунтовано вибір найбільш пріоритетної траєкторії. Проте не зрозуміло, як автор забезпечує адекватне виконання методу виявлення за такої траєкторії, коли

відеоряд з камер кожного дрону може перериватися для одного й того ж яблука, або коли камера одного дрону охоплює одне й те ж яблуко з протилежних сторін фруктового дерева.

2. У п. 3.3.3 розділу 3 коротко описано процес створення та тестування детектора на основі вдосконаленої архітектури YOLOv5-v1. Однак процес та результати навчання нейронної мережі не деталізовано. Зокрема, не вказані значення параметрів та час навчання нейронної мережі, а також відсутня оцінка впливу архітектурних модифікацій, запропонованих автором до YOLOv5-v, на кінцевий результат виявлення структурних об'єктів.
3. У дисертаційній роботі відсутні схеми алгоритмів, що дещо утруднює процес її розуміння. Більше того, стандартизоване формулювання «схема алгоритму» підміняється «схемою кроків способу обчислення» (див. рис 3.7).
4. У Висновках відсутні кількісні показники. Наприклад, висновок 5 «...що дало змогу покращити точність виявлення і зменшити час навчання нейронної мережі» бажано було б підкріпити числовими даними.
5. Результати впровадження неповною мірою відображені у тексті дисертації.
6. Зважаючи на практичне спрямування дисертаційної роботи, новизну запропонованих трьох методів бажано було б підкріпити патентами або хоча б патентами на корисну модель.
7. У списку опублікованих робіт здебільшого подані локальні українські видання, і відсутні публікації в періодичних виданнях, що індексовані в наукометричних базах Scopus та/або Web of Science. Це дещо знижує географію поширення отриманих результатів.
8. Порушено порядкову нумерацію рисунків у розділі 3 після Рис 3.9, с.116. Деякі рисунки у розділах 2 та 3, наприклад, рис. 2.7 (с. 75), рис. 3.1 (с. 95), рис. 3.2 (с. 98) та рис. 3.6 (с. 108) є досить громіздкими, і їх варто було б перенести у додатки.
9. У дисертаційній роботі зустрічаються невдалі формулювання, наявні граматичні та орфографічні помилки. Зокрема, на с. 108 при посиланні на рис. 3.6 неправильно вживано термін «конкатенції» (правильно – «конкатенації»), на с. 130 в другому абзаці пропущений розділовий знак «кома» після слова «поєднуючий» та неправильно вживано слово «конкатенції» (правильно – «конкатенації») тощо.

Разом з тим, хочу підкреслити, що зазначені зауваження істотно не впливають на зміст дисертаційної роботи та не знижують її наукову новизну та практичну цінність.

Висновки щодо дисертації загалом

На основі викладеного вище можна вважати, що дисертаційна робота Мельниченка Олександра Вікторовича на тему «Методи збору, розпізнавання та

обробки зображень, отриманих із використанням БПЛА, для виявлення заданих об'єктів», що подана на здобуття ступеня доктора філософії, за своїм науковим рівнем та практичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам пп. 6, 7, 8, 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради Закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, а її автор, Мельниченко Олександр Вікторович, заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки.

Офіційний опонент – Заслужений винахідник України, доктор технічних наук, професор, професор кафедри інформаційно-обчислювальних систем і управління, директор НДІ інтелектуальних комп'ютерних систем, Західноукраїнський національний університет

Анатолій САЧЕНКО



Підпис: *А. Саченко*

Завіряю:

начальник
загального відділу

А. Семен