

Голові разової спеціалізованої
вченої ради ДФ 70.052.027
Хмельницького національного
університету
доктору технічних наук, професору
Тетяні ГОВОРУЩЕНКО

**Висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів
дисертації Мельниченка Олександра Вікторовича
«Методи збору, розпізнавання та обробки зображень, отриманих із
використанням БПЛА, для виявлення заданих об'єктів»,
що подана до захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії
з галузі знань 12 Інформаційні технології
за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки**

Актуальність теми дослідження та її зв'язок із планами наукових робіт університету. Безпілотні літальні апарати (БПЛА) дають змогу виконувати різні завдання з високою ефективністю, особливо у важкодоступних місцях, завдяки використанню відеокамер для збору зображень. Садівництво – одна з галузей, яка активно використовує БПЛА для автоматизації процесів обліку врожаю. Основні задачі тут полягають у зборі, обробці та аналізі інформації про фруктові плоди.

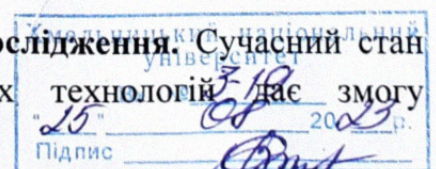
Проте використання БПЛА має певні проблеми, зокрема зовнішні природні впливи, що можуть знизити ефективність збору зображень, а також узгодження роботи між кількома БПЛА, особливо в разі вибору маршрутів та координуванні руху в просторі. Різні автоматизовані системи, які використовують БПЛА, можуть мати певні відмінності у функціоналі, налаштуваннях, ефективності та точності результатів зі збору, обробки та ідентифікації зображень заданих об'єктів та обчислення їхньої кількості.

На сьогодні, попри обсяг виконаних у цьому напрямку наукових досліджень і, відповідно, отриманих наукових результатів та розробок, вкрай актуальною є задача покращення ефективності збору, точності розпізнавання та обробки зображень отриманих із використанням БПЛА для ідентифікації заданих об'єктів.

Отже, розглянуті в дисертаційній роботі методи збору, розпізнавання та обробки зображень, отриманих із використанням БПЛА, які дають змогу покращити ефективність збору, точність розпізнавання зображень, отриманих із використанням БПЛА, для ідентифікації заданих об'єктів є актуальною науковою задачею.

Дослідження, результати яких наведено в дисертації, проведені в рамках науково-дослідної тематики Хмельницького національного університету: держбюджетної науково-дослідної теми «Розроблення інформаційної технології прийняття контрольованих людиною критично-безпекових рішень за ментально-формальними моделями машинного навчання» №2Б-2021 (№ держреєстрації 0121U112025), у якій автор дисертації був виконавцем.

Формулювання наукової задачі, мети й задач дослідження. Сучасний стан розвитку обчислювальних засобів та інформаційних технологій дає змогу



пропонувати методи збору, розпізнавання та обробки зображень, що отримані з використанням БПЛА для ідентифікації заданих об'єктів. Здобувачем правильно визначено об'єкт і предмет дослідження, відповідно до висунутої заздалегідь гіпотези дослідження. Так, об'єктом дослідження визначено процеси збору, розпізнавання та обробки зображень отриманих із використанням БПЛА для ідентифікації заданих об'єктів. Предметом дослідження є методи й алгоритми забезпечення збору, розпізнавання та обробки зображень отриманих із використанням БПЛА для ідентифікації заданих об'єктів.

Мету дисертаційної роботи визначено, як покращення ефективності збору, точності розпізнавання та обробки зображень отриманих із використанням БПЛА для ідентифікації заданих об'єктів.

Поставлену мету досягнуто в результаті розв'язання таких задач:

1) аналізу методів, засобів та систем збору, розпізнавання та обробки зображень отриманих із використанням БПЛА для ідентифікації заданих об'єктів;

2) розробки нового методу побудови маршрутів БПЛА згідно технології самонавчання, для покращення переміщення та синхронізації між групою БПЛА або одного БПЛА в межах робочого сегменту й за рахунок цього збільшити кількість опрацьованих даних;

3) розробки нового методу динамічного отримання зображень заданих структурних об'єктів у тривимірному просторі за допомогою декількох БПЛА для узгодження між різними БПЛА та досягнення переміщення всієї групи БПЛА від заданих початкових до кінцевих точок програмної місії автономно;

4) розробки нового методу синхронізації відеопотоків у режимі реального часу для забезпечення оперативного отримання результатів та здійснення виявлення структурних об'єктів, які були пропущені в процесі минулих програмних місій;

5) вдосконалення методу виявлення заданих структурних об'єктів на зображеннях для покращення точності ідентифікації та зменшення часу навчання нейронної мережі;

6) розробки нового способу отримання кількості заданих структурних об'єктів з отриманих зображень за допомогою групи БПЛА;

7) розробки автоматизованої системи з групою БПЛА з використанням алгоритмів комп'ютерного зору, машинного навчання та оптимізації, здійснення постановки експерименту та проведення експериментальних досліджень щодо встановлення покращення точності ідентифікації заданих об'єктів на отриманих зображеннях та впровадження її у виробництво.

Наукова новизна одержаних автором результатів полягає в наступному:

1) розроблено новий метод побудови маршрутів БПЛА згідно технології 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 збільшення кількості опрацьованих даних;

2) розроблено новий метод генерації заданих структурних об'єктів в тривимірному просторі за допомогою декількох БПЛА, який на відміну від відомих

відрізняється тим, що забезпечує в процесі активації кожного БПЛА генерацію відеоряду в центральну систему, прийняття рішень про подальшу роботу групи БПЛА, підтвердження цілісності програмної місії та визначення рівня критичності для продовження виконання роботи групи БПЛА;

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, що дає змогу виконувати порівняння отриманих поточних результатів із минулими в режимі реального часу і це забезпечує оперативне отримання результатів та здійснення виявлення структурних об'єктів, які були пропущені в процесі минулих 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 поєднуючий вхідну карту ознак з операцією конкатенації, актуалізовано механізм візуальної уваги для вилучення ознак, 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, вихідні карти ознак 14-го та 21-го шарів вдосконаленої архітектури об'єднано між собою, що дало змогу покращити точність виявлення і зменшити час навчання нейронної мережі.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій. Наукові висновки та рекомендації, наведені в дисертації, ґрунтуються на адекватному та цілеспрямованому використанні математичних методів та алгоритмів для створення маршрутів, координації дій різних БПЛА в групі, збору та розпізнаванні зображень у реальних умовах та обчисленні їхньої кількості. Успішна реалізація розробленої автоматизованої системи, а також ефективне впровадження результатів дослідження в комерційну діяльність підприємств, що використовують подібні автоматизовані системи, демонструє відповідність теоретичних знахідок реальним результатам їхнього використання.

Практичне значення одержаних результатів. За теоретичним поданням розроблена автоматизована система для ідентифікації та обчислення кількості яблук у фруктовому саду в режимі реального часу. Відмінністю цієї системи від аналогів є її здатність обробляти великі обсяги відеоданих у режимі реального часу, отриманих із камер групи БПЛА, та синхронізувати ці кадри в єдине неперервне зображення. Крім того, з використанням функцій оптимізації для підвищення якості зображення система максимально ефективно виявляє структурні елементи під час виконання завдань БПЛА в робочому середовищі фруктового саду.

Ця трансформація даних дає можливість автоматизованій системі надсилати неперервний потік інформації до всіх її наступних програмних компонентів. 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 продуктивність системи в процесі роботи з відеоматеріалами та високу якість

об'єднаних зображень. Експериментальні дослідження підтвердили ефективність роботи автоматизованої системи, що демонструється високим середнім значенням точності виявлення та обчислення фруктів – 82,69 % і низькими середніми показниками 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, в освітньому процесі Хмельницького національного університету при викладанні дисциплін на кафедрі комп'ютерної інженерії та інформаційних систем для спеціальності 126 Інформаційні системи та технології, 123 Комп'ютерна інженерія та кафедрі комп'ютерних наук для спеціальності 122 Комп'ютерні науки, зокрема в курсах «Методи та системи штучного інтелекту», «Комп'ютерні та кіберфізичні системи», «Методи, засоби та алгоритми в задачах обчислювального інтелекту та комп'ютерного зору», «Теорія, проектування та моделювання спеціалізованих комп'ютерних систем» та «Технології проектування інформаційних систем».

Особистий внесок здобувача полягає в розробленні методів, способу та автоматизованої системи, що забезпечують розв'язання поставлених у дисертації задач. Усі основні наукові та прикладні результати дисертаційної роботи отримані здобувачем самостійно. За результатами проведених досліджень основні наукові результати опубліковано у 6 наукових статтях у фахових наукових журналах України. Апробація засвідчена публікаціями 5 праць в матеріалах міжнародних та всеукраїнських конференцій, з яких одна праця індексована у наукометричній базі Scopus. Опубліковано 1 свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір (програму). У роботі, що опубліковані в співавторстві, здобувачеві належить розроблення архітектури автоматизованої системи динамічного отримання зображень заданих об'єктів в тривимірному просторі.

Апробація матеріалів дисертації. Апробацію основних положень, ідей, висновків дисертаційної роботи проведено на науковому семінарі кафедри комп'ютерної інженерії та інформаційних систем у Хмельницькому національному університеті. Наукові результати роботи доповідалися, також, на: II Всеукраїнській науково-технічній конференції молодих вчених, аспірантів та студентів «Комп'ютерні ігри та мультимедіа як інноваційний підхід до комунікації» (м. Одеса, 29-30 вересня 2022); XIV всеукраїнської науково-практичної конференції «Актуальні проблеми комп'ютерних наук АПКН-2022» (м. Хмельницький, 18-19 листопада 2022 р.); XX міжнародній науково-практичній конференції «Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем» (м. Дніпро, 23-25 лист. 2022); International Conference on Innovative Solutions in Software Engineering (Ivano-Frankivsk, Ukraine, November 29-30, 2022); 4th International Workshop on Intelligent Information Technologies & Systems of Information Security (Khmelnyskyi, Ukraine, March 22-24, 2023).

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається з анотації, змісту, переліку умовних скорочень, вступу, чотирьох розділів, висновку, списку використаних джерел та чотирьох додатків. Повний обсяг роботи містить 204 сторінки друкованого тексту, з них анотація – на 12 стор., зміст – на 3 стор., перелік

умовних скорочень – на 1 стор., основний текст – на 137 стор., список із 140 використаних джерел – на 14 стор., додатки – на 36 стор. Дисертація містить 42 рисунки та 12 таблиць.

Зауваження. У результаті вивчення рукопису мною сформовано такі зауваження:

- 1) метод синхронізації відеопотоків у режимі реального часу потребує детальнішого розкриття, а саме варто формалізувати блок синхронізації відеопотоків у часі та блок злиття відео кадрів за допомогою математичних співвідношень або блок-схем;
- 2) практичне використання результатів дисертаційної роботи потребує уточнення, а саме в тексті необхідно деталізувати обмеження робочого середовища, за яких запропонована в роботі автоматизована система з групою БПЛА здатна функціонувати та виконувати поставлені задачі;
- 3) назва третього розділу дисертаційної роботи розкриває зміст цього розділу не повністю: назва розділу вказує на моделі зображень, у той час, як пункти цього розділу вказують на створення та використання методів обробки зображень;
- 4) по тексту дисертації використовується термін «для **виявлення** заданих об'єктів», хоча для задач розпізнавання саме образів, як правило, використовується термін «ідентифікація»;
- 5) на стор. 49 пункт 1 «Постановки задачі» наведено двічі.

Втім, зазначені зауваження суттєво не впливають на загальний, доволі високий, рівень проведеного дослідження.

Загальний висновок. Вважаю, що дисертаційна робота Мельниченка О.В. «Методи збору, розпізнавання та обробки зображень отриманих з використанням БПЛА для виявлення заданих об'єктів» містить нові науково обґрунтовані теоретичні та експериментальні результати в галузі 12 Інформаційні технології, які в сукупності забезпечують розв'язання актуальної науково-прикладної задачі розроблення методів збору, розпізнавання та обробки зображень отриманих з використанням БПЛА для ідентифікації заданих об'єктів, які б покращували ефективність збору, точність розпізнавання та обробки зображень отриманих з використанням БПЛА для ідентифікації заданих об'єктів.

Дисертаційна робота «Методи збору, розпізнавання та обробки зображень, отриманих із використанням БПЛА, для виявлення заданих об'єктів», яка 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 ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки.

Рецензент:

д.т.н., професор, завідувач кафедри комп'ютерних наук

Хмельницького національного університету

Олександр БАРМАК

«Підпис Олександра БАРМАКА засвідчую»

Проректор з наукової роботи

Хмельницького національного університету

Олег СИНЮК