

ВІДГУК
на дисертаційну роботу
Роботька Сергія Павловича

на тему «Багаторівнева автоматизована система керування роботизованою платформою для задач просторового моніторингу на основі комп'ютерного зору», представлену на здобуття ступеня доктора філософії в галузі знань 15 – Автоматизація та приладобудування за спеціальністю 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Актуальність теми дисертації.

Актуальність теми дисертації зумовлена зростанням масштабів забруднення територій вибухонебезпечними предметами, що становить серйозну загрозу для населення, обмежує безпечне використання земель і суттєво ускладнює відновлення інфраструктури та господарської діяльності. За таких умов особливого значення набуває підвищення ефективності гуманітарного розмінування та зменшення ризиків для персоналу, залученого до обстеження небезпечних ділянок. Традиційні підходи до виявлення вибухонебезпечних предметів, які ґрунтуються переважно на ручній праці та застосуванні класичних засобів пошуку, залишаються повільними, трудомісткими й недостатньо безпечними. Водночас сучасні роботизовані системи, попри значний потенціал, ще не повною мірою забезпечують необхідну точність, оперативність і адаптивність у складних умовах реального середовища. Це пов'язано з обмеженнями окремих сенсорів, імовірністю хибних спрацювань, відсутністю повноцінного реагування в реальному часі та обмеженими ресурсами бортових обчислювальних платформ. У зв'язку з цим розробка багаторівневої автоматизованої системи, що поєднує мультимодальні засоби спостереження, інтелектуальну обробку даних та розподіл обчислень між периферійним, наземним і хмарним рівнями, є актуальним і важливим науково-технічним завданням.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає у вирішенні важливої науково-технічної задачі створення інтегрованої комп'ютерної системи просторового моніторингу на основі нових принципів розподіленої обробки інформації. До основних результатів, що становлять наукову новизну, відносяться:

1. Вперше розроблено багаторівневу розподілену архітектуру (Edge-Ground-Cloud) комп'ютерної системи керування роботизованою платформою, яка реалізує принцип паралельної асинхронної обробки гетерогенних

інформаційних потоків. На відміну від існуючих централізованих систем, розроблене рішення забезпечує динамічну оркестрацію обчислювальних процесів, мінімізуючи латентність критичних для безпеки задач.

2. Набула подальшого розвитку математична модель мультимодального злиття даних на основі методу зваженої агрегації довіри (Weighted Confidence Aggregation). Модель інтегрує виходи згорткових нейромереж (YOLOv8), візуально-мовних моделей (VLM) та сигнали аналогового металодетектора в єдиний показник ймовірності загрози, що дозволяє системі автоматично компенсувати деградацію окремих сенсорних каналів.

3. Удосконалено методи семантичної верифікації зображень у складних польових умовах шляхом інтеграції фундаментальних візуально-мовних моделей (ChatGPT-4.1 Vision, Gemini 2.5 Flash) у контур керування реального часу, що дозволило кардинально знизити рівень хибних тривог (False Alarm Rate).

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

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

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Роботько С.П. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Роботька Сергія Павловича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота написана українською мовою.

Результати досліджень викладені послідовно та лаконічно, що дозволяє читачеві легко розібратися у методології та отриманих висновках. Автор використовує доступний стиль мовлення, що сприяє зрозумінню матеріалу. Використання загальноприйнятої термінології забезпечує консистентність і точність викладення інформації, що є важливим фактором для наукових досліджень.

Дисертація складається з вступу, 4 розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 227 сторінок.

У вступі розкрито актуальність теми дослідження, приведено зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, наведено мету і завдання дослідження, методи дослідження, наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, особистий внесок здобувача, апробацію результатів дисертації, кількість публікацій та обсяг роботи, що відповідає загальноприйнятій структурі дисертаційної роботи.

У першому розділі здобувач здійснює комплексний системний аналіз методів дистанційного зондування та існуючих архітектур керування роботизованими платформами. Дисертант ґрунтовно досліджує еволюцію методів комп'ютерного зору від класичних алгоритмів до глибоких згорткових нейронних мереж та сучасних трансформерних архітектур. Детально розглядається проблематика обчислень на борту БПЛА, де обмеження SWaP роблять неможливим запуск моделей, що вимагають значних обчислювальних ресурсів. Аналіз існуючих рішень виявляє їх недолік – розімкненість контуру керування та моносенсорну вразливість. Для вирішення цієї проблеми дисертант пропонує концептуальну архітектуру розподілених обчислень, що є логічним та науково обґрунтованим кроком.

У другому розділі розроблено архітектуру апаратного забезпечення бортового комплексу. Дисертант детально описує конструктивну реалізацію безпілотної платформи гексакоптерного типу з інтеграцією імпульсного металодетектора Tracker-2, що генерує аналоговий сигнал із подальшим перетворенням за допомогою АЦП та обробленням на платформі Raspberry Pi, у роботі реалізовано також апаратну синхронізацію різнорідних потоків даних, зокрема відео з інтерфейсу MIPI CSI-2, телеметрія по шині UART (протокол MAVLink) та дані магнітного поля синхронізуються за допомогою єдиного часу GPS, що виключає просторово-часові похибки при подальшому злитті даних.

Третій розділ присвячено алгоритмічно-програмному забезпеченню. Дисертант розробляє математичну модель багаторівневого аналізу, де первинна швидка детекція виконується за допомогою моделі YOLOv8 та візуально-мовних моделей ChatGPT-4.1 Vision та Gemini 2.5 Flash. Описано математичний апарат зваженої агрегації довіри, який функціонує як наближення рекурсивного байєсівського оцінювання. Система розраховує інтегральну ймовірність наявності вибухонебезпечного предмета на основі комбінації довіри візуального детектора, семантичного підтвердження та амплітуди металодетектора. Здобувачем реалізовано програмний модуль керування, який автоматично формує MAVLink-команди для переведення БПЛА у режим GUIDED з метою детального обстеження знайдених аномалій на надмалих висотах за допомогою лазерного далекоміра.

У четвертому розділі представлено результати експериментальних досліджень. Детально описано методику збору даних та формування унікального

датасету (2500 кадрів). Тестування довело, що використання моносенсорних систем має критичні вразливості, тоді як їх злиття дозволяє досягти інтегральної точності розпізнавання до 98%.

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

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.

Основні результати дисертації повною мірою висвітлені у 21 науковій праці. Серед них: 1 публікація у виданні, що індексується наукометричною базою Scopus віднесеної до першого — третього квартилів (Q1—Q3); 6 статей у фахових виданнях України; 13 тез доповідей на міжнародних та всеукраїнських конференціях; 1 патент України на корисну модель. Такий обсяг публікацій повністю відповідає вимогам щодо оприлюднення результатів дисертаційних досліджень.

Здобувач продемонстрував високий науковий рівень у своїх публікаціях, який відображається в їхній актуальності, методичності та оригінальності. Здобувач дотримувався принципів академічної доброчесності, представляючи результати своїх досліджень з чітким викладом джерел та відсутністю плагіату.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

Водночас із беззаперечно актуальними дослідженнями, роботі притаманні наступні недоліки

1. Основна увага у дисертаційній роботі зосереджена на застосуванні методів комп'ютерного зору та штучного інтелекту для збору та оброблення даних, проте синергетичне об'єднання у єдину систему автоматизованого керування розкрито у недостатній мірі, зокрема не зрозуміло рівень автономності роботи при зміні траєкторії а також в умовах маневрування при наближенні до перешкод.

2. У розділі 3 запропоновано імовірнісну модель злиття даних, проте в роботі не вказано як саме у запропонованій моделі розподіляються ймовірності розпізнавання між різними сенсорами, особливо в екстремальних умовах, наприклад, при наявності сильних оптичних та/або електромагнітних завад. Математичний апарат потребує більш детального пояснення механізмів перерозподілу ваг у граничних режимах.

3. Описуючи формулу байєсівського злиття, яка апроксимується методом зваженого голосування, дисертант вказує на можливість коригування вагових коефіцієнтів, проте виникає суперечність: якщо ваговий коефіцієнт формули Баєсівського злиття змінює оператор, то в чому саме полягає автоматизація цього

процесу. Відсутній опис алгоритму автоматичного підстроювання ваг (Self-Tuning) на основі метрик якості вхідних сигналів.

4. Математичний апарат, представлений у третьому розділі (зокрема рівняння, що стосуються зваженої агрегації довіри та апроксимації рекурсивного байєсівського оцінювання), викладено абстрактно, без деталізованого опису складових математичного виразу, вказуючи їхні розмірності, фізичний або статистичний зміст та діапазони допустимих значень, щоб уникнути подвійного трактування алгоритмів прийняття рішень.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу.

Наведені зауваження вказують на шляхи подальшого вдосконалення розробленої системи і не знижують загальної оцінки дисертації. Робота є самостійно виконаним, цілісним та завершеним науковим дослідженням.

Враховуючи актуальність проблеми, глибину теоретичних досліджень, обсяг експериментальної роботи вважаю, що дисертаційна робота Роботька Сергія Павловича на тему «Багаторівнева автоматизована система керування роботизованою платформою для задач просторового моніторингу на основі комп'ютерного зору» повною мірою відповідає вимогам Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44 (зі змінами), а її автор заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 15 – Автоматизація та приладобудування за спеціальністю 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології.

Офіційний опонент:

к.т.н., доцент, доцент кафедри
технічних та програмних засобів автоматизації
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»

Артем САЗОНОВ

М.П. «_____» _____ 2026 року