

## **РЕЦЕНЗІЯ**

на дисертаційну роботу

Альбрехта Йосипа Омеляновича

на тему «Інформаційна технологія виявлення рухомих об'єктів у тривимірному просторі з використанням рою гетерогенних БПЛА»,  
представлену на здобуття ступеня доктора філософії  
в галузі знань 12 Інформаційні технології  
за спеціальністю 126 Інформаційні системи та технології

### **Актуальність теми дисертації.**

В умовах швидко зростаючого використання БПЛА в різних галузях, від військових операцій до цивільних застосувань, виникає потреба в надійних системах виявлення та відстеження об'єктів. Використання рою гетерогенних БПЛА може забезпечити ширше охоплення області, покращену маневреність та забезпечити неперервний моніторинг об'єктів у реальному часі. Такі дослідження є важливим кроком у напрямку розвитку ефективних систем контролю та безпеки в різних галузях застосування БПЛА. Наприклад, розвиток методів виявлення рухомих об'єктів у тривимірному просторі з використанням рою гетерогенних БПЛА може мати значний потенціал у сферах рятувальних операцій та пошуку в разі надзвичайних ситуацій. Використання автономних літальних систем може значно прискорити процес пошуку та допомогти в локалізації пошкоджених або загублених осіб або об'єктів у складних мовах. Такий підхід може збільшити ефективність рятувальних операцій та сприяти збереженню життів у надзвичайних ситуаціях. Дисертаційне дослідження є актуальним з точки зору розроблення ефективних та надійних методів виявлення рухомих об'єктів у тривимірному просторі з використанням рою гетерогенних безпілотних літальних апаратів (БПЛА).

**Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.**

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

- Удосконалено метод побудови системи виявлення рухомих об'єктів у тривимірному просторі на основі навчання з підкріпленням, який, на відміну від існуючих, має гетерогенну модульну структуру, що забезпечує більшу мобільність та адаптивність системи до змінних умов.
- Удосконалено метод пошуку цілей в тривимірному просторі з використанням гетерогенних роїв БПЛА, який, на відміну від існуючих, визначається розглядом взаємодії системи пошукових модулів та окремих об'єктів в умовах невизначеності місцезнаходження цілей, використовуючи алгоритми навчання з підкріпленням.
- Набув подальшого розвитку метод навчання з підкріпленням проксимальної стратегії оптимізації, що, на відміну від існуючого алгоритму для багатоагентних систем дає змогу навчання для гетерогенних багатоагентних систем.
- Набув подальшого розвитку метод керування гетерогенними роями БПЛА, що, на відміну від існуючих, включає в себе розроблення адаптивної системи прийняття рішень, основаної на алгоритмах навчання з підкріпленням, що забезпечує ефективне управління гетерогенними роями БПЛА.

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі інформаційних систем та технологій КПІ ім. Ігоря Сікорського в рамках НДР під керівництвом доц., к.т.н., Писаренка А.В.

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 Альбрехта Й.О. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 126 Інформаційні системи та технології та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми «Інформаційні системи та технології».



Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям «Інформаційні технології виявлення рухомих об'єктів».

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Альбрехта Йосипа Омеляновича 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.

Дисертаційний текст систематично й послідовно викладено, дотримуючись логічної структури та відповідності чинним вимогам оформлення. Автор демонструє вміння користуватися науковим стилем та використовує загальноприйнятую термінологію, що сприяє зрозумілості та адаптації тексту для аудиторії.

Дисертація складається з вступу, 4 розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 156 сторінок.

Перший розділ присвячений аналізу сучасного стану задачі виявлення рухомих об'єктів у тривимірному просторі з використанням рою гетерогенних безпілотних літальних апаратів. В рамках роботи розглянуті ключові аспекти інформаційних технологій, кіберфізичних систем та методів навчання з підкріпленням, зокрема їх застосування у роях БПЛА. Враховуючи широкі можливості цих технологій, дослідження спрямоване на розроблення ефективних стратегій виявлення об'єктів у реальному часі з метою поліпшення систем контролю та безпеки.

Другий розділ розглядає середовища та експерименти, які були проведені для виконання задач з аналізу залежності швидкості навчання системи в методі навчання з підкріпленням від кількості взаємно незалежних модулів, порівняння можливостей систем пошукових модулів та окремих об'єктів у пошуку цілей із невідомим місцезнаходженням у відомому середовищі за

допомогою алгоритмів навчання з підкріпленням, дослідження можливостей гетерогенних роїв БПЛА за допомогою навчання з підкріпленням, а також системи прийняття рішень з використанням навчання з підкріпленням для керування гетерогенними роями БПЛА, теоретичне обґрунтування моделі інформаційної технології; огляд та вибір архітектури нейронної мережі.

Третій розділ розглядає проведення експерименту з вибору середовища для демонстрації моделі, підготовчу роботу, реалізацію моделювання, а також аналіз складу рою та опис самого середовища. Цей етап експерименту дозволив уточнити параметри та умови дослідження, а також підготувати базу для подальшого аналізу та обробки отриманих результатів.

У четвертому розділі детально представлено структуру інформаційної технології, зосереджуючись на моделі, що описує принципи та функціональні можливості системи. Аналіз моделі інформаційної технології дозволяє краще зрозуміти основні аспекти та взаємозв'язки компонентів системи, що становить важливу основу для подальшого вдосконалення та розвитку цієї технології.

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.**

Наукові результати дисертації висвітлені у 4 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 4 статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України.

Також результати дисертації були апробовані на 2 наукових фахових конференціях.

Представлені публікації належним чином відображають результати проведених досліджень у межах дисертаційної роботи і не містять жодних порушень академічної чесності. Особистий внесок здобувача, що відображений у цих публікаціях і детально описаний у дисертації, підтверджує його авторство відповідних наукових висновків.

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



### **Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.**

Віддаючи належне високому науковому рівню отриманих результатів, слід звернути увагу на деякі недоліки щодо рукопису дисертації, а саме:

1. В експериментах для БПЛА не передбачені обмеження на ресурс автономного джерела живлення (тобто акумулятора) залежно від інтенсивності експлуатації та часу польоту БПЛА.
2. Перелік різних типів БПЛА, що відображені в експериментах, бажано було б розширити, враховуючи сучасні їх розробки.
3. На стор. 72...73 відсутні посилання на рис. 1.31 та рис. 1.32, що повинні передувати ілюстраціям згідно правилам оформлення рукописів. Теж стосується і стор. 80...82 щодо рис. 1.36 та рис. 1.37.
4. У Розділі 3 на стор. 106...112 відсутня нумерація формул, що ускладнює читання тексту посилань на формули.
5. Також в Розділі 3 до де яких формул відсутнє належне пояснення змінних, що входять до означених залежностей.
6. На стор. 32 при аналізі досліджень джерел [15], [16] та [17] не виправдане розбиття тексту на окремі абзаци. Окрім того, вказаний аналіз слід надавати у більш розлогому вигляді.
7. Розкриття аббревіатур англійською мовою слід надавати при першому їх використанні, а не після, зокрема це стосується скорочень RVSS та CVSS. Більш того, зазвичай у наукових рукописах надається Глосарій (перелік скорочень), який на жаль, відсутній в рукописі дисертації.

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

### **Висновок про дисертаційну роботу.**

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Альбрехта Йосипа Омеляновича на тему «Інформаційна технологія виявлення рухомих об'єктів у тривимірному просторі з використанням рою гетерогенних БПЛА» 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 «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 2022 р. № 44.

Здобувач Альбрехт Йосип Омелянович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 126 Інформаційні системи та технології.

**Рецензент:**

професор кафедри інформаційних  
систем та технологій  
Національного технічного  
університету України  
«Київський політехнічний інститут  
Імені Ігоря Сікорського», д.т.н.



М.П.

«15» квітня 2024 року

