

Голові спеціалізованої вченої ради  
Д 73.052.04 Черкаського державного  
технологічного університету  
доктору технічних наук, професору  
РУДНИЦЬКОМУ Володимиру Миколайовичу  
18000, м. Черкаси, бульвар Шевченка, 460

### ВІДГУК

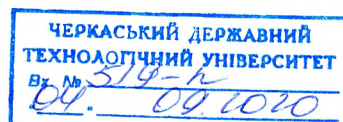
офіційного опонента доктора технічних наук, доцента завідувача спеціальної кафедри №5 Інституту спеціального зв'язку та захисту інформації Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського" СУБАЧА Ігоря Юрійовича на дисертаційну роботу БЕРЕЖНОГО Андрія Олександровича за темою: "Методи та інформаційна технологія автоматизованого планування маршрутів польотів безпілотних літальних апаратів для підвищення ефективності пошуку об'єктів", подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології.

#### **1. Ступінь актуальності теми дослідження.**

Безпілотні літальні апарати (БПЛА) - це літаки, яким не потрібний пілот на борту. В основному, ці транспортні засоби управляються або вбудованим комп'ютером, або оператором через пульт дистанційного керування. БПЛА останнім часом стали дуже популярними для виконання завдань логістики і моніторингу. Особлива увага приділяється застосуванню БПЛА у спеціальних місцях. Наявність декількох передавачів, датчиків і фотографічного обладнання дозволяє використовуватися БПЛА у значному діапазоні завдань.

Задачі оптимізації маршрутів БПЛА відносяться до класу задач оптимального управління, що визначають траєкторію транспортного засобу при мінімізації (максимізації) показника продуктивності і задовольняючій множині граничних (початкових і кінцевих) умов та обмежень.

Незважаючи на той факт, що оптимальні методи управління рухом для БПЛА у цілому схожі з методами управління рухом літаків (як динамічних



систем), існують відмінності в конкретних умовах та завданнях (місіях), що накладають додаткові обмеження на клас завдань, що вирішуються.

Особливу актуальність представляє клас задач автоматизованого (автоматичного) планування маршрутів руху БПЛА для виконання завдань спостереження та ураження (як основних завдань спеціальних місій), що і вирішуються в дисертаційній роботі.

Таким чином, можна зробити висновок, що вирішення наукового завдання щодо розробки методів та інформаційної технології автоматизованого планування маршрутів польотів БПЛА для підвищення ефективності пошуку об'єктів є актуальним та відповідає сучасним тенденціям розвитку відповідної галузі знань.

## **2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій.**

Обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій забезпечується:

- коректністю математичних моделей та системи обмежень;
- доцільним використанням відомих наукових методів: системного аналізу; теорії ймовірностей; теорії графів; теорії оптимізації; об'єктно-орієнтованого проектування та структурного синтезу інформаційних систем;
- аналізом існуючих методів рішення схожих завдань та використанням широкої науково-методичної бази літературних джерел;
- відповідністю часткових завдань дослідження змісту дисертаційної роботи та методиці вирішення наукового завдання;
- проведенням як комп'ютерного моделювання, так і натурних випробувань розроблених методів та збіжністю отриманих результатів.

## **3. Загальна характеристика роботи.**

Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних літературних джерел і додатків.

У вступі до роботи обґрунтовується актуальність теми, визначено мету та основні задачі досліджень, сформульовано наукову новизну і практичну цінність одержаних результатів, вказано дані про публікації та апробацію основних положень дисертації.

Перший розділ “Аналіз завдань планування моніторингу стаціонарних та рухомих об'єктів безпілотними літальними апаратами” присвячений аналізу предметної області виконаних досліджень та постановці наукового завдання. Автор доводить, що розвиток безпілотної авіації, розширення спектру завдань, вимагають удосконалення існуючих методів планування

маршрутів, формування автоматизованих методів з використанням сучасних інформаційних технологій. Завершується розділ постановкою наукового завдання.

Другий розділ “Обґрунтування схеми проведення дисертаційного дослідження та методики вирішення наукового завдання”. Автор наводить ретельний аналіз здобутків у даній галузі інших вчених, на роботи яких є посилання в дисертаційній роботі, обирає базові методи, вводить показники та критерії оцінювання ефективності пошуку динамічних і стаціонарних об’єктів, розробляє допоміжні інформаційні моделі та комп’ютерні програми для моделювання та отримання результатів експерименту. Завершується розділ формуванням методики вирішення наукового завдання.

Третій розділ “Розробка методів автоматизованого планування маршрутів польоту безпілотних літальних апаратів” безпосередньо присвячений розкриттю сутності нових наукових результатів. Розробляються та обґрунтовуються два методи автоматизованого планування маршрутів, відповідно для пошуку динамічних та статичних об’єктів.

Четвертий розділ “Інформаційна технологія автоматизованого планування дій безпілотних літальних апаратів” присвячений розробці інформаційної технології, яка ґрунтується на об’єктно-орієнтованому методі проектування. Доводиться, що запропоновані в роботі методи доцільно використовувати для підвищення ефективності виявлення як динамічних, так і стаціонарних об’єктів.

П’ятий розділ “Розробка рекомендацій щодо побудови системи підтримки прийняття рішення та оцінка ефективності розроблених методів” містить розрахункові задачі та результати практичних експериментів.

У висновках викладені найбільш важливі наукові і практичні результати, які були отримані в дисертаційному дослідженні.

Додатки містять допоміжний матеріал, який не увійшов до основного тексту дисертації.

#### **4. Достовірність та наукова новизна одержаних результатів.**

Змістовний аналіз результатів дисертації, основних публікацій та автореферату дозволяє визнати, що наукове завдання є вирішеним, а мета дослідження - досягнута.

Основні положення, які сформульовані автором та характеризуються науковою новизною:

1. Удосконалений метод автоматизованого планування маршруту польоту БПЛА для пошуку динамічного об’єкту, який на відміну від

існуючих, враховує невизначеність в діях протилежної сторони, формує варіанти прогнозу руху, оцінює динамічні характеристики об'єкту на кожному з варіантів можливих маршрутів його руху, що дозволяє знизити невизначеність інформації про дані маршрути і сформувавши раціональний маршрут моніторингу об'єктів спостереження.

2. Удосконалений метод автоматизованого планування маршруту польоту БПЛА для пошуку стаціонарних об'єктів, що на відміну від існуючих, враховує зв'язаність структури стаціонарних об'єктів на різних топологічних рівнях та дозволяє оцінити важливість даного типу об'єктів у загальній структурі.

3. Отримала подальший розвиток інформаційна технологія автоматизованого планування дій БПЛА, яка, на відміну від існуючих, враховує результати розпізнавання об'єктів, що дозволяє в реальному часі змінювати маршрут польоту при виконанні місії БПЛА.

Таким чином, змістовне наповнення пунктів наукової новизни дійсно має теоретичне та практичне значення в галузі інформаційних технологій.

## **5. Повнота викладення основних положень дисертації в публікаціях**

Основні наукові результати за темою дисертаційної роботи опубліковано у шести наукових статтях, у наукових фахових виданнях, що індексуються міжнародними бібліометричними та наукометричними базами даних: Scientific Indexed Service, Index Copernicus, Academic Resource Index, Google Scholar, Open Academic Journals Index, General Impact Factor), звіті про НДР, 4 тезах доповідей на конференціях.

Кількість, обсяг та зміст друкованих праць відповідають вимогам щодо публікацій основного змісту дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата наук. Автореферат ідентичний дисертаційній роботі, наведені в авторефераті наукові положення, висновки і рекомендації в повному обсязі розкриті та обґрунтовані в тексті дисертації.

## **6. Практичне значення дисертаційної роботи.**

1. Реалізація удосконаленого методу автоматизованого планування маршруту польоту БПЛА для пошуку динамічного об'єкту в системі підтримки прийняття рішення дозволяє підвищити ймовірність виявлення об'єктів у лісисто-степовій місцевості на 65-70%.

2. Реалізація методу автоматизованого планування маршруту польоту БПЛА для пошуку стаціонарних об'єктів у системі підтримки прийняття рішення дозволяє отримати прогноз розташування стаціонарних об'єктів за

критерієм стійкості складної системи, що підвищує ефективність виявлення об'єктів на 25-32%.

3. Реалізація інформаційної технології автоматизованого планування маршрутів польоту БПЛА надає можливість оперативно змінювати маршрут у процесі виконання місії за розпізнаними зображеннями, сформувати архітектуру перспективної інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень для планування дій БПЛА.

Результати роботи реалізовані під час навчань, тренувань та виконанні спеціальних завдань, що підтверджується актами.

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

1. На мою думку, перелік завдань БПЛА, що наведено на рис. 1.2 (стор. 23 дисертації) не є вичерпним та потребує доповнення.

2. У дисертаційній роботі в явному вигляді не прописано, якою може бути мета динамічного об'єкту, що впливає на порядок його дій та критерій оцінювання ефективності планування маршрутів польоту безпілотного літального апарату для пошуку динамічного об'єкту (формули (2.1)–(2.2) стор. 46-47).

3. У роботі обґрунтовується необхідність використання генетичних алгоритмів для рішення задачі планування маршрутів польоту БПЛА (стор. 55-57), однак не наводиться опис алгоритму, який конкретно було обрано для розв'язання цієї задачі.

4. З рис. 2.2 (стор. 59) неможливо зробити однозначний висновок про те, які програмні модулі були безпосередньо розроблені автором для отримання результатів експерименту, а які є типовими.

5. На стор. 60-62 дисертації наведено результати моделювання руху динамічних об'єктів. Проте з тексту роботи не зрозуміло: Чи є обрані інтервали сталими? Чи залежать вони від типу місцевості? Як вибирався діапазон швидкостей руху?

6. У роботі не вказано, як впливають метеоумови на ефективність пошуку об'єктів, а також не враховується можливий вплив протилежної сторони (придушення сигналу, перешкоди бортовій навігації, тощо).

7. На стор. 81–83 дисертації не розкритим залишилося питання класифікації впливів при дослідженні імпульсних процесів на графах складних систем для пошуку прогнозних точок стійкості, що є основою для другого розробленого здобувачем методу.

8. Судячи з тексту дисертації, показник  $k_0$  (стор. 97) приймає лише два значення: 0,5 та 1,0. Не зрозуміло чи може даний показник приймати інші проміжні значення та як вони вибираються?

Проте, наведені зауваження по суті не впливають на загальні висновки, наукову новизну і практичну цінність дисертаційного дослідження.

### **Загальний висновок**

На підставі ознайомлення з дисертацією, авторефератом та основними публікаціями вважаю, що кваліфікаційна наукова праця “Методи та інформаційна технологія автоматизованого планування маршрутів польотів безпілотних літальних апаратів для підвищення ефективності пошуку об’єктів”, є оригінальним завершеним дослідженням, яке за змістом та оформленням відповідає вимогам п. 9, 11, 13 “Порядку присудження наукових ступенів”, затвердженому постановою КМУ №567 від 24.07.2013 (зі змінами), внесеними згідно з Постановами КМУ №656 від 19.08.2015 та №1159 від 30.12.2015, а її автор, Бережний Андрій Олександрович, заслуговує на присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 05.13.06 – інформаційні технології.

Офіційний опонент

Завідувач спеціальної кафедри № 5

Інституту спеціального зв’язку та захисту інформації

Національного технічного університету України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

доктор технічних наук, доцент

“31” серпня 2020 року

Ігор СУБАЧ

Підпис Субача І.Ю. засвідчую.

Заступник начальника

Інституту спеціального зв’язку та захисту інформації

Національного технічного університету України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

(з наукової роботи)

кандидат технічних наук, доцент



Сергій КОНЮШОК