

## **ВІДГУК**

на дисертаційну роботу Рибальченка Олега Валерійовича  
"Моделі та методи маршрутизації безпілотних літальних апаратів", подану  
на здобуття наукового ступеня доктора філософії  
за спеціальністю 113 "Прикладна математика",  
доктора технічних наук Снитюка Віталія Євгеновича

### **1. Актуальність теми дисертаційної роботи.**

Дисертація Рибальченка О.В. присвячена розробленню моделей та методів маршрутизації безпілотних літальних апаратів (БпЛА) і є надзвичайно актуальною. На даний час застосування БпЛА набуває все більшого поширення в різних сферах, від моніторингу, розвідки до логістики. Відповідно, питання оптимального планування місій БпЛА є ключовим для ефективного їхнього використання.

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

Результати, отримані в рамках виконання роботи Рибальченка О.В. використовувались в науково-дослідних роботах ВФ.180.14 «Розробити нові математичні моделі і методи комбінаторної оптимізації з використанням ройового інтелекту і нечітких множин, орієнтовані на оптимізацію рішень та захист даних у системах різного призначення», реєстраційний номер 0122U000831, що виконується в 2022-2026 роках, та ІК-2022/1"Розроблення та удосконалення математичних і апаратних засобів планування місій команд БпЛА та створення заводо захищених і шифрованих каналів зв'язку в системах управління безпілотними авіаційними комплексами та спеціальних інформаційно-телекомунікаційних мережах", реєстраційний номер 0122U200274, що виконується в 2022-2023 роках

### **3. Обґрунтованість та достовірність отриманих результатів.**

Результати дисертації ґрунтуються на коректних формальних постановках і математичних моделях виділених типів задач планування маршрутів.

Достовірність результатів підтверджується результатами обчислювальних експериментів, проведених з метою дослідження ефективності алгоритмів.

#### **4. Основні результати та їх наукова новизна.**

Наукова новизна роботи полягає в такому:

- вперше запропоновано математичну модель проблеми мінімізації часу виконання місії гібридного комплексу "Дрон+ТЗ", у якій враховується можливість незадіяності певних баз на маршруті транспортного засобу. Це дозволяє підвищити ефективність планування місій у складних умовах, коли деякі бази недоступні для використання;
- вперше запропоновано математичну модель для планування місії команди БпЛА за наявності альтернативних баз (депо), що дозволило підвищити гнучкість планування місій, оскільки команди БпЛА можуть стартувати та фінішувати з різних баз;
- вперше запропоновано ройовий алгоритм розв'язування задач формування оптимального розкладу місії гібридного комплексу "Дрон+ТЗ" з мінімізацією часу її виконання. Цей алгоритм є ефективним та масштабованим, що дозволяє його використовувати для планування місій у достатніх для практики масштабах;
- вперше запропоновано оригінальний метаевристичний алгоритм ройового інтелекту, який базується на оптимізації мурашиними колоніями з включенням запропонованих алгоритмів жадібного та локального пошуку, що дозволило підвищити ефективність розв'язування задач планування місії команди БпЛА за наявності альтернативних баз.

#### **5. Практичне значення отриманих результатів:**

Запропоновані математичні моделі, методи та інструментальні засоби оптимізації рішень при плануванні використання БпЛА та їх груп можуть бути використані для планування місій гібридних систем і команд БпЛА та їх

передавання до систем керування, що здійснюють безпосередню взаємодію із БПЛА. Особливістю таких процесів є відсутність необхідності підключення до мережі Інтернет та оперативного коригування планів у разі необхідності.

Загалом, дисертаційна робота є якісно виконаною та має наукову новизну і практичну значущість.

## **6. Повнота викладення наукових положень та висновків в опублікованих працях**

Наукові положення та висновки викладені в повному обсязі як в опублікованих Рибальченком О.В. працях у фахових наукових виданнях, так і власне в матеріалах дисертації.

## **7. Недоліки дисертації щодо її змісту і оформлення.**

1. Структура дисертації, на наш погляд, є надто деталізованою, про що свідчить наявність семи розділів, що більш релевантно було б для дисертації на здобуття ступеня доктора наук.
2. Назва дисертації «Моделі та методи...», водночас у завданнях дослідження термін «методи» відсутній взагалі, можливо автор ототожнює методи та алгоритми.
3. Не зрозуміло, чому автор на початку дослідження (стор. 11 при визначенні предмета дослідження) наголошує на «гетерогенних» БПЛА, але надалі вказана особливість ніяким чином не враховується.
4. На стор. 63 та 54 має місце майже дослівне повторення двох абзаців.
5. Назву розділу 5 варто було конкретизувати, оскільки «Питання розроблення..» має надто розмитий характер.
6. При заданні графа  $G(V,E)$  не описано параметр  $k$ , який має бути релевантним введеному у розділі 3 (с.38) параметру  $b$  – кількості баз (с.53, 62).
7. На с.62 зазначено "...оновити  $Q$  – чисельник для обчислення феромону", але ніде немає формули, де б фігурувало  $Q$ .

8. Наявні вживання слів і зворотів, які не властиві українській мові в технічних застосуваннях. Наприклад: с. 26 "оптимізація роєм часток" – це "оптимізація роєм частинок"; с. 37 – замість «тригонометричні відносини» варто писати «тригонометричні відношення»; на с. 42, 45, 50, 62 замість "в якості" – слід вживати "як"; на с. 45, 68, 77 замість "представлені" краще писати "подані"; на с. 68 замість "веб-представлення" правильніше вживати "веб-подання". Не всі сторінки роботи відформатовані за шириною, є пропущені чи надлишкові розділові знаки, але кількість таких випадків незначна.
9. Доцільно було б у дисертації розглянути можливості паралельної та розподіленої реалізації алгоритмів оптимізації мурашиними колоніями для збільшення ефективності обчислювального процесу, автор пропонує розглянути це у подальших дослідженнях.

Зазначені недоліки не є принциповими і не впливають на загальну позитивну оцінку роботи.

#### **8. Рекомендації щодо впровадження результатів дисертаційного дослідження в практику.**

Розроблені алгоритми та програмні засоби можна використовувати для планування місій БПЛА у реальних умовах. Результати дисертації доцільно також впровадити у навчальний процес відповідних факультетів університетів для підготовки фахівців у сфері планування і оптимізації рішень при плануванні місій БПЛА. Розроблені математичні моделі та алгоритми можуть скласти основу спеціалізованих навчальних курсів чи модулів у рамках існуючих дисциплін, які викладаються у закладах вищої освіти країни.

#### **9. Висновок на відповідність дисертації встановленим вимогам.**

Дисертація Рибальченка О.В. "Моделі та методи маршрутизації безпілотних літальних апаратів" на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 "Прикладна математика" є завершеною

науковою роботою, в якій отримано нові науково обґрунтовані результати у сфері моделювання та оптимізації маршрутів безпілотних літальних апаратів. Робота повністю відповідає вимогам "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 №44 від 12 січня 2022 року, а її автор заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 "Прикладна математика".

**Офіційний опонент:**

Декан факультету інформаційних технологій Київського національного університету імені Тараса Шевченка, доктор технічних наук, професор



Віталій СНИТЮК

7.12.2023р.