

ВІДГУК

офіційного опонента
доктора технічних наук, професора
ТРИСТАНА Андрія Вікторовича

на дисертацію ЛЕВЧЕНКО Ольги Вікторівни “Моделі та методи управління рухом гібридного роботизованого комплексу для підвищення ефективності пошуку надводних та підводних об’єктів”, подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 27 – “Транспорт” за спеціальністю 271 – “Морський та внутрішній водний транспорт”.

1. Ступінь актуальності обраної теми дослідження

Стрімкий розвиток роботизованих систем змінив всі галузі діяльності людини. Всі звикли до безпілотних авіаційних комплексів, які масово використовуються на полі бою в боротьбі з агресором. Роботизовані морські комплекси також мають широкий спектр застосування. Автономність роботизованих систем забезпечується розвитком елементів штучного інтелекту в системах управління, однак групове управління роботизованими комплексами є достатньо складним як науковим, так і практичним завданням. В той же час, групи автономних роботів розширюють функціональність та підвищують ефективність виконання завдань в середовищах, довге перебування в яких, є небезпечним для людини, яким є морське надводне та підводне середовище. Серед важливих класів завдань, що вирішуються роботизованими комплексами, є пошукові операції об’єктів на морі, які виконуватимуться у дуже обмежені проміжки часу.

Під час організації виконання завдань групою роботизованих систем (комплексів) важлива роль відводиться забезпеченню оперативності та ефективності проведення пошуку надводних та підводних об’єктів та їх безаварійного руху в режимах групового переходу та групового виконання місії. Для вирішення даного завдання необхідна розробка моделей та методів

автоматичного управління групою автономних роботизованих комплексів, що й визначає актуальність дисертаційної роботи.

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації

Наукові положення, які виносяться на захист, висновки і рекомендації, сформульовані в дисертації, відповідають вимогам до даного виду досліджень. Достатній рівень обґрунтованості наукових положень, висновків, рекомендацій, що сформульовані у дисертаційній роботі, їх вірогідність забезпечені:

- 1) коректною постановкою наукового завдання та обраних методів його вирішення;
- 2) урахування найбільш значущих факторів, які впливають на управління рухом гібридного роботизованого комплексу;
- 3) достатньо повним аналізом існуючих методів розв'язання схожих завдань, використанням широкої наукової бази літературних джерел;
- 4) відповідності змісту дисертаційної роботи методиці вирішення наукового завдання;
- 5) експериментальними дослідженнями оцінювання ефективності отриманих результатів шляхом моделювання;
- 6) значною кількістю напрямів апробації отриманих результатів та отриманою реалізацією.

3. Загальна характеристика роботи

Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних літературних джерел та додатків.

У *вступі* обґрунтовується актуальність теми виконаної роботи, визначено наукове завдання, мету та основні задачі досліджень, сформульовано наукову новизну й практичну цінність одержаних результатів, вказано дані про апробацію основних положень дисертації та публікації, в яких відображені основні результати дисертаційної роботи.

У *першому розділі* “Сучасні пошукові операції надводних та підводних об’єктів та завдання управління рухом гібридного

роботизованого комплексу” автором проведено аналізу сучасного стану у галузі морської робототехніки та доведено, що одним з напрямків підвищення ефективності пошуку надводних і підводних об’єктів на морі є застосування гібридних роботизованих комплексів (ГРК). Розглянуто дві основні концепції автоматизації групового використання морських роботизованих апаратів: автоматизація окремого засобу пошуку як агента та автоматизація групового управління роботизованими апаратами. Досліджено види управління гібридними роботизованими комплексами. В розділі наведено, що загальне наукове завдання автоматизації процесів управління ГРК містить чотири часткових завдання. Виявлена невідповідність щодо розпізнавання навігаційних ситуацій в зоні інтересу при виконанні пошукової операції та синтезу варіантів рішень для формування маршруту руху гібридного роботизованого комплексу між районами пошуку. Сформульоване наукове завдання та головні завдання дисертаційного дослідження.

У другому розділі “Метод управління пошуком надводних та підводних об’єктів гібридним роботизованим комплексом” автором вказано, що особливості застосування різнотипних засобів пошуку та можливості зіткнення їх з небезпеками гостро поставили питання інтелектуалізації процесу планування маршруту, особливо синтезу оптимальної траєкторії руху. Для організації управління пошуком надводних та підводних об’єктів гібридними роботизованими комплексами запропоновано будувати маршрути в області інтересу як оптимальні сплайн-траєкторії об’єкта, що рухається. Вперше розроблено метод управління пошуком надводних та підводних об’єктів гібридним роботизованим комплексом, що є сутністю наукового результату. Розроблена графова модель функціонування гібридного роботизованого комплексу у процесі пошукової операції, що описує можливі стани, в яких може знаходитися комплекс, та є основою методу управління пошуком надводних та підводних об’єктів. Розроблений метод побудови маршруту розходження

роботизованого комплексу із суднами в районі пошуку на основі модифікованого методу векторної гістограми.

У третьому розділі “Розробка моделі і методу формалізації процесу комплексування інформації в процесі моніторингу навігаційної обстановки в системі е-Навігації” Одержала подальший розвиток модель комплексування інформації про місцезнаходження та параметри руху об’єктів від різнорідних джерел інформації, яка, на відміну від відомих, базується на обробці числових рядів значень параметрів спостереження, що надходять від джерел різної фізичної природи, для створення інформаційного простору в системі е-Навігації. Удосконалено метод формалізації активності об’єкта моніторингу з використанням нечітких часових рядів у системі моніторингу надводної та підводної обстановки. Розроблено метод підготовки даних до форми, придатної для аналізу відомими методами інтелектуального аналізу даних. Запропонований метод дозволяє інтегрувати дані, які характеризують одну й ту ж саму активність в єдиний запис.

У четвертому розділі “Метод формалізації процесу оцінки та прогнозування навігаційної обстановки в системі е-Навігації” автор розробляє відповідний метод. Запропонована модель формалізації системи "оператор-ГРК-навігаційна обстановка", яка дозволяє уніфікувати підходи до управління комплексною безпекою пошукової операції та розпочати розробку відповідних обчислювальних процедур та модулів, які можуть бути надалі використані при побудові систем підтримки прийняття рішень.

У висновках викладені найбільш важливі наукові і практичні результати, які були отримані в дисертаційному дослідженні, а також напрямки подальших (перспективних) досліджень.

4. Достовірність та наукова новизна одержаних результатів

Ознайомлення зі змістом дисертації, основними публікаціями здобувача дозволяє визнати, що мету дослідження досягнуто. Це знайшло відображення в основних положеннях роботи, які сформульовані автором особисто і характеризуються науковою новизною.

– *вперше* розроблено метод управління пошуком надводних та підводних об'єктів гібридним роботизованим комплексом, який відрізняється формалізацією процесів планування маршруту його руху сплайн-траєкторіями із синхронним поданням інформації, прогнозуванням навігаційної обстановки та вибором стратегії запобігання небезпечних ситуації за рахунок поєднання інтелектуальних та численних методів, що дозволило підвищити ефективність пошуку надводних та підводних об'єктів.

– одержала подальший розвиток модель комплексування інформації про місцезнаходження та параметри руху об'єктів від різнорідних джерел інформації, яка, на відміну від відомих, базується на обробці числових рядів значень параметрів спостереження, що надходять від джерел різної фізичної природи, для створення інформаційного простору в системі е-Навігації, що дозволяє підвищити оперативність та обґрунтованість управління рухом гібридного роботизованого комплексу у процесі пошуку надводних та підводних об'єктів.

– удосконалено метод формалізації активності об'єкта моніторингу з використанням нечітких часових рядів у системі моніторингу надводної та підводної обстановки, в якому, на відміну від відомих, тенденції активності об'єкта спостереження за певний інтервал часу визначаються шляхом комплексної обробки інтервальної якісної оцінки значень числового ряду параметрів, що надходять від різнорідних джерел інформації, що дозволяють усунути похибки та невизначеність, наявні у процесі моніторингу, й описати різні стани активності, за характеристиками яких виконується класифікація об'єкта моніторингу.

– удосконалено метод оцінки та прогнозування навігаційної ситуації під час руху гібридного роботизованого комплексу, який, на відміну від відомих, базується на адаптивній нечіткій ситуаційній мережі, яка враховує параметри навігаційної ситуації, прогноз її розвитку та рівень комплексної безпеки руху судна в єдиній концепції e-Navigation, що дозволяє підвищити безпеку судноплавства.

Таким чином, змістовне наповнення пунктів наукової новизни дійсно має теоретичне та практичне значення в галузі знань “Транспорт”.

5. Повнота викладу основних положень дисертації в опублікованих працях

Основні наукові результати за темою дисертаційної роботи опубліковано у п'яти наукових статтях в 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), 2 тезах доповідей на конференціях.

Кількість, обсяг та зміст друкованих праць відповідають вимогам щодо публікацій основного змісту дисертації на здобуття наукового ступеня доктора філософії. Детальний аналіз представлених рукопису та наукових праць свідчить про достатню повноту опублікування результатів та коректність посилань.

6. Практичне значення дисертаційної роботи

Полягає у подальшому удосконаленні елементів спеціального математичного та програмного забезпечення систем автоматизованого управління гібридними роботизованими комплексами на базі розроблених моделей і методів, що дозволяють підвищити оперативність та обґрунтованість прийняття рішень у процесі пошуку надводних та підводних об'єктів. Запропоновані теоретичні методи мають високий ступінь готовності до використання і доведені до їх практичної реалізації. Застосування розроблених методів дозволяє підвищити своєчасність вироблення рішень порівняно з неавтоматизованим способом – в $1,5 \div 2,4$ рази, порівняно з частковою автоматизацією управління, – в $1,15 \div 1,55$ рази. Збільшення кількості чинників, урахованих й оброблених за допомогою запропонованих методів у порівнянні з відомими, дозволяють за наявний час збільшити коефіцієнт повноти врахування чинників на $14 \div 32\%$.

Результати роботи реалізовані, що підтверджується актами.

7. Дотримання вимог академічної доброчесності

За результатами аналізу тексту дисертаційної роботи та публікацій здобувача ознак академічної недоброчесності не виявлено.

8. Недоліки та дискусійні положення дисертаційної роботи

1. Перший розділ дисертаційної роботи переобтяжений відомими фактами та визначеннями, на які достатньо було залишити посилання на джерело, а фактори, які впливають на управління гібридними роботизованими комплексами не структуровані, що утруднює розуміння того, вплив яких факторів враховується здобувачем у подальших дослідженнях.

2. П.1.7 роботи містить детальний опис рішення багатокритеріальних задач прийняття рішення, однак автором не зроблено висновок, які саме методи застосовуються у дисертаційній роботі і чому.

3. Постановка завдання управління (п.2.1) в роботі містить виключно загальні функціональні залежності, а формули (2.1) – (2.3) повторюються.

4. На наш погляд модель (рис. 2.2 стор. 84) повинна бути розширена за рахунок введення конкретних деструктивних впливів різної природи, які можуть діяти на ГРК при виконанні ним місії.

5. Модель комплексування інформації (п. 3.3) не містить правил об'єднання інформації від різнорідних джерел, не визначені: пріоритет таких джерел, оцінку помилок, процедури прийняття рішення.

6. Автор пропонує формалізувати елементи навігаційної обстановки за допомогою нечітких множин, однак функції приналежності в роботі наведені лише загальні, обґрунтування правил фазифікації та дефазифікації не зроблено.

7. Формула (4.3) містить узагальнений управлінський вплив, що не дозволяє її безпосередньо використовувати на практиці, а формула (4.4) стор. 129 містить ймовірнісні показники, отримання яких на практиці є утрудненим.

Наведені недоліки знижують якість проведеного дослідження, але суттєвим чином не впливають на загальні висновки, наукову новизну та практичну цінність дисертаційної роботи.

9. Висновки про відповідність дисертації встановленим вимогам

Дисертаційна робота Левченко О.В. на тему “Моделі та методи управління рухом гібридного роботизованого комплексу для підвищення ефективності пошуку надводних та підводних об’єктів” є самостійною, завершеною науковою роботою. Отримані автором результати, забезпечують розв’язання актуального наукового завдання в галузі знань 27 – “Транспорт”.

За своєю актуальністю, науковою новизною, обґрунтованістю, достовірністю, висновків та практичних рекомендацій дисертаційна робота здобувача відповідає спеціальності 271 “Морський та внутрішній водний транспорт” та Порядку підготовки здобувачів освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у вищих навчальних закладах (наукових установах), затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 23 березня 2016 року №261, 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 року № 44 (зі змінами), наказу Міністерства освіти і науки України № 40 від 12.01.2017 року “Про затвердження вимог до оформлення дисертації”, а здобувач Левченко Ольга Вікторівна заслуговує присудження їй наукового ступеня доктора філософії (PhD) за спеціальністю 271 “Морський та внутрішній водний транспорт”.

Заступник начальника наукової роботи Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки
доктор технічних наук, професор



Андрій ТРИСТАН