

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Національного авіаційного університету
доктору технічних наук, професору
Гнатюку Сергію Олександровичу

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора технічних наук, професора, завідувача
кафедри комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки факультету
радіоелектроніки, комп'ютерних систем та інфокомунікацій Національного
аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «ХАІ»

Харченка Вячеслава Сергійовича

на дисертаційне дослідження Сорокопуда Владислава Ігоровича
на тему “Інформаційна технологія автоматизації виконання цільових задач
безпілотних авіаційних комплексів”, представлену на здобуття ступеня
доктора філософії в галузі знань 12 Інформаційні технології
за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки

1. Актуальність теми дисертації

Питання використання БПЛА і безпілотних систем (БПС) набуло значної
актуальності в українських реаліях з 2014 року; в 2022 році, в умовах
повномасштабної російської агресії, стало одним з ключовим технологічних
чинників перемоги у війні.

Модельна підтримка і програмно-апаратні рішення для БПС суттєво
прив'язані до конкретної архітектури та вирішують задачі покращення
характеристик і забезпечення працездатності сучасних систем або їх
компонентів. Іншою важливою складовою є розробка різнотипного
інтелектуального розширення БПС, до якого входять задачі розпізнавання
образів, керування, супроводу та ін.

Для спрощення процесу подальшого розвитку розробки інтелектуального
оснащення БПС і безпілотних авіаційних комплексів (БАК), який включає в
себе безпілотне повітряне судно і наземну станцію виникає необхідність
створити уніфіковану систему, яка буде вирішувати всі внутрішні задачі, які
необхідні для польотів і надасть розробникам можливість працювати виключно
над створенням інтелектуального функціоналу.

Дисертаційна робота «Інформаційна технологія автоматизації виконання цільових задач безпілотних авіаційних комплексів» (БАК) присвячена дослідженню інформаційного навантаження в системах БАК, оцінюванню способів узагальнення підходів до їх створення, розгляду засобів протидії зовнішнім чинникам, а також розробленню цієї власної системи інформаційного навантаження.

Отже, дисертаційне дослідження є актуальним, має вагому наукову і практичну цінність, адже його результати дозволять автоматизувати виконання бортових цільових задач безпілотних авіаційних комплексів на основі БПС роторного типу.

2. Зв'язок теми дисертації з державними програмами, науковими напрямами університету та кафедри

Дисертаційні дослідження виконувалися в рамках держбюджетних науково-дослідних робіт кафедри та університету, у звітах яких описано результати роботи:

- 1062-ДБ16 "Автоматизація розпізнавання та класифікації цільових об'єктів за відеоданими з камери безпілотного повітряного судна";
- 247-ДБ19 "Розроблення та виготовлення програмно-апаратних засобів цільового навантаження для повітряного спостереження та альтернативної орієнтації літального апарату";
- 421-ДБ22 "Інтелектуалізована система захищеного передавання пакетних даних на базі розвідувально-пошукового безпілотного літального апарату".

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

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

вперше

- розроблено метод збору, аналізу та консолідації бортових даних з БПС для роботи БАК, що дозволяє автоматизувати виконання цільових задач на основі авторських та зовнішньо імплементованих модулів;

- запропоновано інформаційну технологію автоматизації виконання цільових бортових задач безпілотних авіаційних комплексів, що дозволяє спростити процес створення інтелектуального забезпечення за рахунок вбудованих інструментів та методів на основі БПС роторного типу;

отримало подальший розвиток

- методи пошуку об'єкта на основі особливих точок, B-сплайнів і підозрілих об'єктів, а також орієнтування за оптичним каналом за рахунок їх адаптації та розроблення інформаційної технології.

Всі етапи розроблення моделей, методів, їх наукова новизна детально описано та доведено; наукові і практичні завдання виконано повністю, достовірність результатів підтверджується коректністю математичних перетворень і результатами випробувань і впровадження.

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

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Сорокопуда В.І. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 122 Комп'ютерні науки та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми «Комп'ютерні науки».

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Сорокопуда В.І. є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї та результати інших авторів мають належні посилання на відповідні джерела.

5. Мова, стиль і зміст викладення дисертації

Текст дисертації викладено грамотною українською мовою, логічно та послідовно. Матеріали дослідження викладені з дотриманням вимог наукового стилю. Дисертація оформлена згідно з вимогами Міністерства освіти і науки України.

Дисертація складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Повний обсяг дисертації становить 145 сторінок, із них 128 – основного тексту. Робота містить 58 рисунків, 6 таблиць. Список використаних джерел налічує 79 найменувань.

У вступі наведено мету та завдання дисертаційного дослідження, а також обґрунтовано актуальність теми, визначено наукову новизну, серед яких вперше розроблені метод збору, аналізу та консолідації бортових даних з БПС для роботи БАК та інформаційна технологія автоматизації виконання цільових бортових задач безпілотних авіаційних комплексів, сформульовано практичне значення отриманих результатів. Продемонстровано зв'язок дослідження з науковими темами. Крім того, надано інформацію про 15 наукових праць: 5 статей, з них 4 наукові статті – у наукових фахових виданнях України, 1 наукова стаття – у рецензованих виданнях, що входять до бази даних Scopus; Патент на корисну модель; 7 доповідей тез на наукових конференціях.

В першому розділі проведені дослідження сфери використання БАК, визначено ключові аспекти розвитку та наведено специфіку їх використання в світовій та українській практиці. Були виділені основні цільові задачі: пошук об'єкта, супровід об'єкта, розпізнавання об'єктів, альтернативна навігація. В розділі наведений огляд різних типів БПС – однороторні, багатороторні, з нерухомим крилом та вертикального зльоту, наведені їх ключові особливості, переваги та недоліки. Також в розділі проаналізовано сучасні підходи до створення інтелектуального оснащення для БАК.

У другому розділі розроблено наведені основні математичні та інструментальні засоби, які були вбудовані в інформаційну технологію. Також в розділі наведений метод пошуку об'єктів на основі особливих та сплайн моделі та метод трекінгу об'єктів. Комбінація цих методів дозволяє реалізувати

технологію супроводу об'єктів яка зможе працювати на одноплатному комп'ютері. В розділі запропоновано метод пошуку підозрілих об'єктів, який дозволяє в автоматичному режимі знаходити об'єкти, які рідко зустрічаються на основі гістограмного аналізу. Також розроблено метод орієнтування за оптичним каналом який базується на двох ключових етапах – попередня побудова плану орієнтування та процедура визначення позиції на основі побудованого плану. Завдяки реалізації цього методу у вигляді вбудованого модуля ІТ отримає стійкість до роботи систем РЕБ або втраті GPS сигналу. В розділі наведений метод визначення координат в області бачення камери та технологія управління БПС на борту, які в подальшому отримали свій розвиток за рахунок реалізації в інформаційній технології. Додатково в даному розділі розроблено моделі і метод збору, аналізу та консолідації бортових даних з БПС для автоматизації цільових задач БАК, на основі якої в наступному розділі буде побудована інформаційна технологія.

У третьому розділі була розроблена основна концепція для інформаційної технології автоматизації виконання цільових задач безпілотних авіаційних комплексів та наведена її. Наведений модуль генерації бортових команд управління дозволяє ввести абстрактний рівень інтелектуального управління, який був введений на рівні інформаційної технології автоматизації виконання цільових задач безпілотних авіаційних комплексів з фізичними та логічними командами. Наведений протокол зв'язку між БПС та наземною станцією і описані ключові його особливості. Також була описана повна реалізація запропонованої ІТ на борту БПС з усіма компонентами, інструментами, модулями та реалізації ІТ на наземній станції. В розділі було наведено і проаналізовано моделі та результати тестування засобів запропонованої інформаційної технології.

У четвертому розділі представлено експериментальний зразок безпілотного авіаційного комплексу, який розроблено для тестування розроблених моделей, методів та інформаційної технології. Проведено випробування модулю супроводу, який дозволяє ініціювати процес зміщення БПС слідом за визначеним об'єктом на основі локальних зміщень. Тестування

виконано на різних класах об'єктів (за розміром, кольором) та можливість супроводу рухомих об'єктів. Проведено випробування модулю орієнтування за оптичним каналом, визначено, що він повністю справляється з поставленою задачею та стійкий до наявності шумів і зайвих об'єктів. Визначено обмеження запропонованої інформаційної технології та наведені рекомендації щодо її використання.

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

6. Публікація і апробація результатів дисертаційної роботи

Найважливіші ідеї, висновки, рекомендації, отримані в дисертації, оприлюднені на наукових та науково-практичних конференціях, у тому числі міжнародних і всеукраїнських НТК і воркшопах: Workshop on Cyber Hygiene & Conflict Management in Global Information Networks (Lviv, 2019), Сучасні проблеми науки. Інформаційно-діагностичні системи (Київ, 2017), Перспективи розвитку військової авіації. Кооперація підприємств авіаційної промисловості з іноземними компаніями – головний напрямок військово-технічного співробітництва та основа для створення нових зразків авіаційної техніки» (Київ, 2017), Conference on Methods and Systems of Navigation and Motion Control (2020), Актуальні питання забезпечення кібербезпеки та захисту інформації (Київ, 2021), Conference on Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Development (2021), конгрес «Авіація у XXI столітті» (Київ, 2022), Конференція здобувачів вищої освіти і молодих учених «ПОЛІТ. Сучасні проблеми науки» (2023).

Основні положення та результати дослідження викладено в 15 наукових працях: 5 статей, з них 4 наукові статті – у наукових фахових виданнях України, 1 науковій статті – у виданнях, що входять до бази даних Scopus; Патент на корисну модель; 7 доповідей тез на наукових конференціях..

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

7. Практичне значення результатів досліджень

Практична цінність роботи полягає у тому, що автором розроблено:

- засоби інформаційної технології автоматизації виконання цільових бортових задач безпілотних авіаційних комплексів може бути розширена при використанні на БПС літакового типу для виконання цільових бортових задач (супровід, наведення, пошук) в режимі реального часу;

- кросплатформну архітектуру, яка дозволяє розгортання на різних одноплатних комп'ютерах та комп'ютерах з різними операційними системами, на яких розгорнутий застосунок наземної станції;

- розроблено та алгоритмізовано модуль супроводу об'єкта на основі особливих точок, який вбудований в запропоновану інформаційну технологію;

- розроблено відповідні модулі БПС.

Основні результати дисертаційного дослідження було впроваджено на:

- кафедрі Прикладної математики Національного авіаційного університету при викладанні дисципліни "Супровід підсистем цільового навантаження безпілотних повітряних суден" за ОП "Прикладне програмне забезпечення" (Акт впровадження в освітній процес від 15.02.2022р.);

- підприємстві ТОВ "Омега Девелопмент" для спрощення процесу створення інтелектуального оснащення для БАК (Акт від 20.05.2022р.);

- підприємстві ТОВ "Денай Системс" при створенні власної БАК "ВН-Lite" (Акт від 10.10.2022р).

Про практичне значення свідчить те, що за результатами досліджень отримано патент на корисну модель №126747 Україна (власник - Національний авіаційний університет).

Відповідні розробки було представлено на XVI Міжнародній спеціалізованій виставці «Зброя та безпека – 2019».

8. Зауваження і недоліки

1. Мета досліджень сформульовано не дуже вдало і не визначає, який саме ефект має бути отримано за їх результатами (підвищення продуктивності,

надійності, точності тощо).

2. Нові наукові результати зосереджені на відповідних методах, хоча вони фактично базуються на комплексі математичних моделей, які було б доцільно виокремити як важливий результат.

3. У підрозділі 1.5 формується перелік цільових задач створення інтелектуального оснащення безпілотних повітряних суден, які потребують першочергового вирішення, однак доцільно було обґрунтувати їх більш ретельно, базуючись на аналізі відповідного математичного апарату.

4. У підрозділі 2.9 дисертант описує метод збору, аналізу та консолідації бортових даних з БПС для автоматизації цільових задач БАК, однак не зазначає чому був обраний саме такий підхід і чим він відрізняється від аналогів.

5. Запропонована дисертантом інформаційна технологія автоматизації виконання цільових задач безпілотних авіаційних комплексів, що наведена в третьому розділі має доволі громіздку структуру та акцентує увагу на розширенні сторонніми модулями. Було б доцільно проаналізувати її універсальність та сфери доцільного використання для різних типів безпілотних систем.

6. У висновках роботи дисертант стверджує, що запропонований модуль орієнтування за оптичним каналом забезпечує роботу експериментального зразка під впливом роботи пристроїв РЕБ, однак не були проведенні відповідні випробування і це тільки припущення, було б доцільно додатково провести випробування в таких умовах .

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

9. Висновки

За результатами аналізу змісту дисертації вважаємо, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Сорокопуда Владислава Ігоровича на тему «Інформаційна технологія автоматизації виконання цільових задач

безпілотних авіаційних комплексів» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням. Сукупність теоретичних та практичних результатів, отриманих автором, розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 12 Інформаційні технології. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, а саме пп.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 12.01.2022 р. № 44.

Здобувач Сорокопуд Владислав Ігорович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки.

Офіційний опонент -

завідувача кафедри комп'ютерних систем,
мереж і кібербезпеки Національного аерокосмічного університету
ім. М. Є. Жуковського «ХАІ»,
лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки
заслужений винахідник України
доктор технічних наук, професор

Вячеслав ХАРЧЕНКО

«___» _____ 2024 року