

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

РЕЦЕНЗІЯ

Доктора технічних наук, професора, професора кафедри аеронавігаційних
систем Національного авіаційного університету

Шмельової Тетяни Федорівни

на дисертацію

Сорокопуда Владислава Ігоровича

“Інформаційна технологія автоматизації виконання цільових задач безпілотних
авіаційних комплексів”, представленого на здобуття ступеня доктора філософії
за спеціальністю 122 “Комп’ютерні науки”, галузь знань 12 “Інформаційні
технології”

1. Актуальність теми дисертаційного дослідження.

Наразі безпілотні повітряні судна (БПС) використовуються у великій кількості галузей, основні з яких – військова, логістична, аграрна та комерційна галузь, тому доцільно зауважити, що це сфера є дуже актуальною та перспективною. Варто зазначити, що в Україні це питання набуло подвійної актуальності ще з 2014 року, а з 2022 року набуло ще більшого загострення.

Щодо інтелектуальних рішень за допомогою БПС, то їх можна розділити на два типи – наземна обробка після польоту та опрацювання даних в режимі реального часу. Тобто інтелектуальні рішення наземної обробки розраховані на організацію ефективного опрацювання інформації після завершення польоту і використовують в якості основної системи персональні комп’ютери/сервери.

Більш потрібними є інтелектуальні рішення, які можуть працювати безпосередньо на борту і в режимі реального часу. Такі рішення дозволяють своєчасно отримувати інформацію, працювати в автоматичному чи автоматизованому режимах, частково зберігати режими радіомовчання тощо. Але розробка таких рішень вимагає від розробників бути компетентними не тільки в сфері інтелектуального оснащення, а вирішувати архітектурні питання на борту, вміти працювати з автопілотом та мати досвід в організації протоколів зв'язку для взаємодії з БПС.

Для процесу подальшого розвитку розробки інтелектуального оснащення безпілотних авіаційних комплексів (БАК), який включає в себе БПС і наземну станцію, виникає необхідність створити інтелектуальну систему для ефективного вирішення цільових задач, які необхідні для виконання польотів БПЛА. Таким чином, тема та задачі дисертаційного дослідження є актуальними, та такими, що дозволять автоматизувати виконання цільових задач на основі вбудованих модулів. При імплементації додаткового модуля в існуючу інформаційну технологію раціонально застосовуються метод розпізнавання образів на борту БПС.

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

Результати роботи відображені у звітах держбюджетних науково-дослідних робіт:

- держбюджетна науково-дослідницька робота 1062-ДБ16 “Автоматизація розпізнавання та класифікації цільових об'єктів за відеоданими з камери безпілотного повітряного судна” (Державний реєстраційний № 0116U004638);
- держбюджетний проект 247-ДБ19 “Розроблення та виготовлення програмно-апаратних засобів цільового навантаження для повітряного спостереження та альтернативної орієнтації літального апарату” (Державний реєстраційний № 0116U004638).

3. Наукова новизна отриманих результатів.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що:

- Вперше розроблено метод збору, аналізу та консолідації бортових даних з БПС для роботи БАК, що дозволяє автоматизувати виконання цільових задач на основі вбудованих та зовнішньо імплементованих модулів.
- Вперше розроблено інформаційну технологію автоматизації виконання цільових бортових задач БАК, що дозволяє спростити процес створення інтелектуального забезпечення, за рахунок вбудованих інструментів та методів на основі БПС роторного типу.
- Отримало подальший розвиток метод пошуку об'єкта на основі особливих точок на основі В-сплайнів за рахунок його адаптації в інформаційну технологію та реалізацію на комп'ютері.
- Отримало подальший розвиток метод пошуку підозрілих об'єктів за рахунок його адаптації в інформаційну технологію та реалізацію на однопалатному комп'ютері.
- Отримало подальший розвиток метод орієнтування за оптичним каналом за рахунок його адаптації в інформаційну технологію та реалізацію на однопалатному комп'ютері.

4. Практичне значення одержаних результатів.

Практично вагомими вважаються такі результати:

- Інформаційна технологія автоматизації виконання цільових бортових задач БАК може бути розширена для використання на БПС літакового типу для виконання цільових бортових задач (супровід, наведення, пошук, тощо) в режимі реального часу.
- Запропонована архітектура дозволяє розгортання системи на різних одно-платних комп'ютерах та комп'ютерах з різними операційними системами.
- Розроблено та алгоритмізовано модуль супроводу об'єкта на основі особливих точок, який вбудований в запропоновану інформаційну технологію.
- Розроблено модуль пошуку підозрілих об'єктів, який вбудований в запропоновану інформаційну технологію.
- Розроблено модуль орієнтування за оптичним каналом, який вбудований в запропоновану інформаційну технологію.

- Розроблений експериментальний зразок БАК, що реалізує запропоновану інформаційну технологію та проведені випробування цього зразка, наведено рекомендації щодо використання.

- Результати дисертаційних досліджень впроваджено в навчальний процес кафедри Прикладної математики Національного авіаційного університету при викладанні дисципліни "Супровід підсистем цільового навантаження безпілотних повітряних суден" за ОП "Прикладне програмне забезпечення" (Акт впровадження від 15.02.2022 р.)

- Результати дисертаційних досліджень впроваджено на підприємстві ТОВ "Омега Девелопмент" для спрощення процесу створення інтелектуального оснащення для БАК. (Акт впровадження від 20.05.2022 р.)

- Результати дисертаційних досліджень впроваджено на підприємстві ТОВ "Денай Системс" при створенні власної БАК "ВН-Lite".(Акт впровадження від 10.10.2022 р.)

- Результати дисертаційних досліджень відображено в Патенті на корисну модель №126747 Україна, МПК (2006.01) B64C 13/20, G01C 11/04, G01C 13/00, G01C 21/26, G06K 9/80; власник Національний авіаційний університет.

- Результати дисертаційних досліджень було представлено на XVI Міжнародній спеціалізованій виставці «Зброя та безпека – 2019».

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

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Сорокопуда Владислава Ігоровича повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 122 “Комп’ютерні науки”.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям. Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на плагіат, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Сорокопуда Владислава Ігоровича 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.

6. Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота написана українською мовою. Вона сформована послідовно та доступно, з використанням загальноприйнятої термінології, з врахуванням наукових тенденцій та потреб.

7. Повнота оприлюднення результатів дисертаційної роботи.

Результати дисертаційного дослідження оприлюднені на наукових та науково-практичних конференціях

- 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 результати дослідження викладено в 15 наукових працях: 5 наукових статей, з них 4 наукові статті – у наукових фахових виданнях України,

1 наукова стаття – у рецензованому виданні, що входить до бази даних Scopus; Патент - на корисну модель; 7 доповідей тез на наукових конференціях.

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

8. Загальна характеристика структури та змісту дисертаційної роботи.

Дисертація складається з вступу, 4 розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації - 145 сторінок.

У **вступі** сформульовано актуальність дослідження, мету та завдання дисертаційної роботи, наведено відомості щодо зв'язку роботи з науковими темами. В анотації наведено результати, відзначено їх практичну цінність та наукову новизну. Приведені кількісні показники щодо опублікованих наукових праць, а також про структуру та обсяг дисертації.

У **першому розділі** проведені дослідження сфери використання БАК, визначенні 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 – одно-роторні, багато-роторні, з нерухомим крилом та БПС вертикального зльоту, наведені їх ключові особливості, переваги та недоліки. В розділі представлені сучасні підходи 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 моделей та метод трекінгу об'єктів. Комбінація цих методів дозволяє реалізувати технологію супроводу об'єктів, яка може працювати на одно-платному комп'ютері. В розділі наведений метод пошуку підозрілих об'єктів, який дозволяє в автоматичному режимі знаходити об'єкти, які рідко зустрічаються, на основі гістограмного аналізу. Також в розділі наведений метод орієнтування за оптичним каналом, який базується на двох ключових етапах – попередня побудова плану орієнтування та процедура визначення

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

9. Зауваження та недоліки дисертаційної роботи.

1. У першому розділі автор визначає перелік основних цільових задач інтелектуального оснащення, які описуються далі. Вважаю, що для повноти роботи було б доцільно вказати, чому автор сформулював саме такий перелік цільових задач.

2. У першому та другому розділах роботи приділяється увага різним типам і технологіям управління БПС, однак в наступних розділах приділяється увага, насамперед, квадрокоптерам. Вважаю, що для повноти та змістовності експериментів було б доцільно розглянути також БПС літакового типу.

3. У п.4.2 роботи наводяться результати проведення випробувань експериментального зразка, однак випробування проводились в нормальних метеорологічних умовах, хотілось б в подальшому більш реалістично випробування розробленого експериментального зразка, наприклад, в складних метеоумовах.

Зазначені зауваження та недоліки не є принциповими і суттєво не зменшують загального позитивного враження від поданої роботи.

10. Загальний висновок на дисертаційну роботу.

Вважаю, 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, 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, що передбачені в п.6 – 9 “Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про

позиції на основі побудованого плану. За рахунок реалізації цього методу у вигляді вбудованого модуля в інформаційну технологію БПС має 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 (ІТ). Додатково в даному розділі продемонстрований метод збору, аналізу та консолідації бортових даних з БПЛА для автоматизації цільових задач БАК.

У третьому розділі була представлена інформаційна технологія автоматизації виконання цільових задач БАК та наведена її основна концепція. Наведений модуль генерації бортових команд управління дозволяє ввести абстрактний рівень інтелектуального управління, який був введений на рівні інформаційної технології для автоматизації виконання цільових задач БАК з фізичними та логічними командами. Представлений протокол зв'язку між БПС та наземною станцією, ключові його особливості. В розділі наведена повна реалізація запропонованої ІТ на борту БПС з усіма компонентами, інструментами, модулями та реалізації ІТ на наземній станції. Також наведено тестування запропонованої ІТ.

У четвертому розділі представлений експериментальний зразок БАК, який розроблений для тестування розробленої інформаційної технології. Проведені випробування модулю супроводу, який дозволяє ініціювати процес зміщення БПС слідом за визначеним об'єктом на основі локальних зміщень. Протестована робота модулю на різних класах об'єктів (за розміром, кольором) та можливість супроводу рухомих об'єктів. Проведені випробування модулю орієнтування за оптичним каналом, визначено, що він повністю справляється з поставленою задачею та стійкий до наявності шумів і зайвих об'єктів. Описані обмеження запропонованої інформаційно технології, та наведенні рекомендації щодо її використання.

У висновку представлено опис отриманих результатів у відповідності до задач, сформованих на початку роботи, а також наводяться шляхи подальшого розвитку даного дослідження.

присудження ступеня доктора філософії”, затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, а її автор, **Сорокопуд Владислав Ігорович**, заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 12 “Інформаційні технології” за спеціальністю 122 “Комп’ютерні науки”.

Рецензент

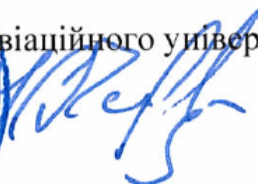
доктор технічних наук, професор
професор кафедри аеронавігаційних систем
Національного авіаційного університету



Тетяна ШМЕЛЬОВА

“2” лютого 2024 року

Підпис Шмельової Т.Ф. засвідчую
Вчений секретар Національного авіаційного університету,
к.т.н., доцент



Микола ЛЕГЕНЬКИЙ

“1” лютого 2024 року