

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Соколова Кирила Анатолійовича

на тему «Методи адаптивного оцінювання параметрів руху маневруючого малорозмірного БПЛА за даними відеокамери та далекоміра»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань 17 «Електроніка та телекомунікації»

за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Актуальність теми дисертації.

У зв'язку з всебічним впровадженням безпілотних літальних апаратів у різні галузі життєдіяльності виникає гостра потреба у створенні комплексів та систем спостереження за даними літальними апаратами. Дані комплекси включають в себе апаратну частину та спеціалізоване програмне забезпечення, що реалізує алгоритми виявлення, супроводження повітряних об'єктів. В рамках побудови комплексів стеження з БПЛА постає питання технічної бази з якої буде складатися комплекс та алгоритмічної частини, що є основою програмного забезпечення. Ці два компонента комплексу безпосередньо впливають одне на одного, що і визначає особливості функціонування комплексу загалом. Варіант використання готових камер різної фокусної відстані у рухомому та нерухомому виконанні у поєднанні з лазерним далекоміром дають повну картину про параметри руху малорозмірних БПЛА з урахуванням вимог до бюджетної собівартості комплексу. Вимірювання отримані лазерним далекоміром можуть бути не тільки не точні, але і хибні, або ж надходити з пропусками. Запропонований у роботі кореляційно-екстремальний метод добре підходить для визначення позиціонування МБПЛА на поточному кадрі відеозображення оскільки забезпечує високу точність. Проте, активне маневрування може погіршувати точність визначення параметрів руху повітряного об'єкту. У такому випадку використання сучасних адаптивних алгоритмів оцінювання параметрів руху є надзвичайно доцільним. На поточний час розроблено низку алгоритмів оцінювання параметрів руху маневруючого об'єкта. Найбільшого поширення отримали динамічні ММ-алгоритми, засновані на множинній моделі руху об'єкта з перемиканням моделей. Оригінальна модель саме такого класу і розглядається у роботі, що дозволяє з високою точністю проводити адаптивне оцінювання параметрів руху маневруючого МБПЛА за даними відеокамери та далекоміра, яке забезпечує

підвищення точності визначення його місцеположення і не вимагає значних обчислювальних витрат, що і визначає актуальність дисертаційного дослідження Соколова К. А.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. Розроблено метод адаптивного оцінювання параметрів руху маневруючого МБПЛА за даними відеокамери з використанням кореляційного пошуку, в якому, на відміну від існуючих, виконується розпізнавання виду його руху, що дозволяє підвищити точність оцінювання і будувати строби супроводу адекватно поточній ситуації.

2. Розроблено метод адаптивного оцінювання параметрів руху маневруючого МБПЛА за даними далекоміру при наявності пропусків та хибних вимірювань, в якому, на відміну від існуючих, виконується сумісне розпізнавання виду його руху і хибних вимірювань, що дозволяє підвищити точність оцінювання і забезпечує стійку роботу адаптивного фільтру.

3. Модифіковано метод адаптивного оцінювання параметрів руху маневруючого МБПЛА за даними далекоміру за рахунок фіксування коефіцієнтів підсилення каналів фільтру, що забезпечує зниження обчислювальних витрат.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

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

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Соколова К. А. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності «172 Телекомунікації та радіотехніка» та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми Телекомунікації та радіотехніка.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям телекомунікації та радіотехніка.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Соколова К. А. 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.

Мова та стиль викладення результатів

Дисертаційна робота написана українською мовою. Матеріал викладено послідовно, доступною мовою, з використанням загальноприйнятої термінології без суттєвих технічних помилок.

Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків та списку літератури. Загальний обсяг дисертації 187 сторінок.

У *вступі* здобувач обґрунтовано висвітлює актуальність досліджуваної теми, формулює предмет, об'єкт, мету і завдання дослідження, наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Крім того, у вступі наведено інформацію про впровадження результатів роботи, публікації, та апробацію наукових результатів здобувачем.

Перший розділ на висвітлює сучасні тенденції використання та впровадження БПЛА у різні сфери діяльності людини, тим саме підкреслюється актуальність теми дисертації. На основі сучасних тенденцій використання малорозмірних БПЛА показані особливості їх будови, наведено узагальнену класифікацію даних літальних апаратів. Розглянуто основні канали спостереження, які здатні надавати інформацію щодо виявлення БПЛА. Наведені аргументовані роз'яснення щодо використання доступних та поширених пристроїв, на кшталт відеокамер та далекомірів. Проведено аналіз сучасних систем відеоспостереження, розглянуто їх можливості в рамках поставлених завдань. Виокремлені особливості широкопольних та вузькопольних систем відеоспостереження, зазначені переваги і недоліки кожного типу. Запропоновано систему стеження та визначення координат, до складу якої входить панорамна камера та далекомір. Проведено огляд характеристик та особливостей роботи лазерних далекомірів та FMCW радарів. Окремо присвячено увагу питанню методів виявлення та супроводження рухомих об'єктів на послідовності кадрів системи відеоспостереження. Наведено приклади роботи деяких методів, що проілюстровано графічним матеріалом. Окрему увагу зосереджено на висвітленні питання роботи методу кореляційного пошуку. Виконано аналіз існуючих методів адаптивного оцінювання параметрів руху маневруючого об'єкта. Детально зазначені недоліки класичних методів, та розглянуто сучасний підхід на основі ММ-моделей. Підкреслено важливість синтезу квазіоптимальних алгоритмів оцінювання заснованих на різних апроксимаціях апостеріорної щільності ймовірності з метою подолання обчислювальних труднощів. Розділ закінчується структурованими та лаконічними висновками.

Другий розділ у цілому присвячений розробці алгоритмів адаптивного оцінювання параметрів руху МБПЛА за даними відеокамери. Надано основні теоретичні засади побудови моделей відеокамери у різних системах координат.

У цих системах координат описано моделювання траєкторії руху БПЛА, яка описується стохастичною динамічною системою з випадковою структурою, що враховує три основних види руху: зависання майже рівномірний рух та рух з маневром. На основі методу кореляційного пошуку проведено аналіз точності позиціонування МБПЛА на поточному кадрі, за результатами якого висунуто твердження про забезпечення субпіксельної точності визначення координат МБПЛА на зображенні з фоновим некорельованим гаусівським шумом. Синтезовано оптимальний та квазіоптимальний алгоритму адаптивного оцінювання з використанням кореляційного пошуку та наведено аналіз роботи останнього алгоритму на тестовій траєкторії польоту МБПЛА. Розділ закінчується структурованими та лаконічними висновками.

Третій розділ дослідження зосереджено на розробці методів адаптивного оцінювання параметрів руху маневруючого МБПЛА за даними далекоміру. Використовуючи спільний математичний апарат, який наведено у попередньому розділі аналогічним чином отримані оптимальний і квазіоптимальний алгоритми адаптивного оцінювання параметрів руху маневруючого МБПЛА за даними далекоміру. На базі отриманих алгоритмів розроблено адаптивний алгоритм з постійними коефіцієнтами підсилення каналів фільтру, який надає значний вигравш у обчислювальних потужностях при мінімальних втратах точності. У заключній частині розділу розглядається окреме питання функціонування адаптивного алгоритму при наявності пропусків та хибних вимірювань, виконано синтез оптимального та квазіоптимального алгоритмів з урахуванням зазначених вище особливостей. Підкреслено доцільність використання адаптивних алгоритмів оцінювання параметрів руху маневруючого МБПЛА за дальністю. Розділ закінчується структурованими та лаконічними висновками.

Четвертий розділ містить практичні рекомендації щодо побудови комплексу стеження за МБПЛА з використанням відеокамери та далекоміра. Автор досліджує можливість реалізації отриманих алгоритмів у практичній площині. Розглядається два основних шляхи керування рухомою платформою на якій розміщується далекомір. В одній конфігурації керування здійснюється програмно з використанням існуючої IP PTZ відеокамери на базі відкритого протоколу ONVIF, в іншій конфігурації увагу приділено створенню окремої моделі керування поворотними механізмами рухомої платформи далекоміра на основі PID контролерів. Як результат здобувач ілюструє обидві конфігурації комплексу стеження за МБПЛА у вигляді концептуальних 3-D моделей, які у основі роботи використовують вищеописані принципи керування. Розділ закінчується структурованими та лаконічними висновками.

Загальні висновки дослідження наведено одразу після четвертого розділу. Вони складаються з 8 пунктів, які чітко та лаконічно висвітлюють отримані здобувачем результати.

Список використаних джерел містить 147 наукових праць. Використані джерела здобувачем є актуальними та релевантними проведеному дослідженню.

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

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи

Наукові результати дисертації висвітлені у 15 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 5 статей у наукових фахових виданнях України (на момент опублікування) за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка, з них 1 стаття у періодичному науковому фаховому виданні проіндексованому у базі Web of Science Core Collection та 10 тез виступів на наукових конференціях.

Результати дисертації були апробовані на 9 наукових фахових конференціях.

Публікації здобувача Соколова К. А. дозволяють зробити висновок про повноту викладення здобутих наукових результатів із дотриманням принципів академічної доброчесності та зазначенням особистого внеску. Матеріал відповідає тематиці дисертаційної роботи.

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

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. У тексті дисертації зустрічаються поодинокі друкарські помилки.
2. Не наведено лістинг програмного коду у додатках за яким відбувалося моделювання, щоб можна було відтворити отримані здобувачем результати.
3. Трапляються поодинокі помилки у підписах рисунків (рис. 3.5–3.7 та деякі інші)
4. Наявні поодинокі незначні помилки у формулах.
5. Перший розділ містить відомості загального характеру, які у подальшому у роботі мало використовуються.
6. У четвертому розділі розглядається не єдина модель IP PTZ камери для обох випадків реалізації системи керування, а розглядаються різні моделі відеокамер, які використовуються як зразки та на основі яких будуються моделі керування поворотним механізмом у двох варіаціях
7. У другому та третьому розділах детально не зазначені всі вхідні дані моделювання при аналізі роботи алгоритмів у різних випадках.

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


Висновок про дисертаційну роботу

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Соколова Кирила Анатолійовича на тему «Методи адаптивного оцінювання параметрів руху маневруючого малорозмірного БПЛА за даними відеокамери та далекоміра» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для електроніки та телекомунікації. 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 присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Соколов Кирило Анатолійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 17 «Електроніка та телекомунікації» за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка».

Офіційний опонент:

професор кафедри
аеронавігаційних систем
Державного некомерційного підприємства
«Державний університет
«Київський авіаційний інститут»
доктор технічних наук, професор

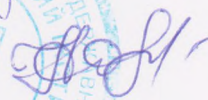


Юлія АВЕР'ЯНОВА

М.П.

« 5 » червня 2025 року

Підпис Авер'янової Юлії
Вчений секретар ХАІ



Тима Хабок