ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з навчальної роботи
Національного технічного
університету України
“Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського”
к.т.н., доц.
_____ Тетяна ЖЕЛЯСКОВА
“ 17 ” 03 2025 р.

ВИТЯГ

з протоколу № 03/2025 від 13 березня 2025 р. розширеного засідання
кафедри радіотехнічних систем
Національного технічного університету України
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

БУЛИ ПРИСУТНІ:

- з кафедри радіотехнічних систем: завідувач кафедри, д.т.н., професор Жук С. Я., професор, д.т.н., професор Васильєв В. М., доцент, к.т.н., доцент Головін В. А., доцент, к.т.н., доцент Катін П. Ю., доцент, к.т.н., доцент Могильний С. Б., доцент, к.т.н., доцент Піддубний В. О., доцент, к.т.н., заст. зав. кафедри Чмельов В. О., доцент, к.т.н., доцент Шпилька О. О., старший викладач, к.т.н., Вишневий С. В., старший викладач, к.т.н., Неуймін О. С., старший викладач Омеляненко М. Ю., старший викладач, к.т.н., Товкач І. О., старший викладач Турєєва О. В., асистент Маленчик Т. В., асистент Олійник М. В., асистент Романенко Т. В., доцент, PhD, доцент Мирончук О. Ю., аспірант Бровка Ю. М., аспірант Гончаров О. А., аспірант Мішин О. В., аспірант Ковтун І. С., аспірант Роземорбський В. М., аспірант Цибровський О. М.;

- з інших кафедр КПІ ім. Ігоря Сікорського:
професор кафедри телекомунікацій, д.т.н. професор Лисенко О. І., доцент кафедри прикладної радіоелектроніки, к.т.н, доцент Приходько І. О., доцент кафедри прикладної радіоелектроніки, к.т.н, доцент Шульга А. В., старший викладач кафедри прикладної радіоелектроніки Головня В. М., доцент кафедри радіоінженерії, PhD, Сушко О. Ю., доцент кафедри радіоінженерії, к.т.н, доцент, Пільтяй С. І., доцент кафедри радіоінженерії, к.т.н, доцент Василенко Д. О., старший викладач кафедри радіоінженерії, Захарченко О. С. старший викладач кафедри радіоінженерії, к.т.н., Булашенко А. В.;

- гарант освітньої програми д.т.н., професор кафедри електронних комунікацій та інтернету речей, професор Уривський Л.О.

Запрошені з інших організацій:
Державне некомерційне підприємство «Державний університет «Київський авіаційний інститут» МОН України д.т.н., професор кафедри аеронавігаційних систем Авер'янова Ю. А., Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій, МОН України, завідувач кафедри штучного інтелекту д.т.н., доцент, Зінченко О. В.

СЛУХАЛИ:

1. Повідомлення аспіранта кафедри радіотехнічних систем Соколова Кирила Анатолійовича за матеріалами дисертаційної роботи "Методи адаптивного оцінювання параметрів руху маневруючого малорозмірного БПЛА за даними відеокамери та далекоміра", поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 17 Електроніка та телекомунікації за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка.

Освітньо-наукова програма Телекомунікації та радіотехніка.

Тему дисертаційної роботи "Методи адаптивного оцінювання параметрів руху маневруючого малорозмірного БПЛА за даними відеокамери та далекоміра", затверджено на засіданні Вченої ради радіотехнічного факультету (протокол № 11/2020 від "30 листопада 2020 року)
та перезатверджено на засіданні Вченої ради радіотехнічного факультету (протокол № 02/2025 від "24 лютого 2025 року).

Науковим керівником затверджений д.т.н., професор Жук С. Я.

2. Запитання до здобувача.

Запитання по темі дисертації ставили:

заст. зав. кафедри, к.т.н., доцент Чмельов В.О., професор, д.т.н., професор Васильєв В.М., старший викладач, к.т.н., Товкач І.О., старший викладач, к.т.н., Вишневий С.В., доцент, к.т.н., доцент Піддубний В. О., гарант освітньої програми д.т.н., професор кафедри електронних комунікацій та інтернету речей, професор Уривський Л.О.

3. Виступи за обговореною роботою.

В обговоренні дисертації взяли участь:

зав. кафедри, д.т.н., професор Жук С.Я., заст. зав. кафедри, к.т.н., доцент Чмельов В.О., професор, д.т.н., професор Васильєв В.М., доцент, PhD, старший викладач, к.т.н., Вишневий С.В., професор кафедри електронних комунікацій та інтернету речей, професор Уривський Л.О.

УХВАЛИЛИ:

ПРИЙНЯТИ такий висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертаційного дослідження:

1. Актуальність теми дослідження На сьогоднішній день широкого розповсюдження набули малорозмірні БПЛА (МБПЛА) з різними багатофункціональними модифікаціями. Це спричинило проблему у створенні систем контролю і моніторингу за МБПЛА для забезпечення безпеки. Окремим завданням у вирішенні цієї проблеми є покращення методів виявлення та слідкування за МБПЛА з використанням доступних та поширених пристроїв.

Обробка інформації отриманої з послідовності кадрів відеокамери дає змогу визначити напрямок на об'єкт, проте не містить інформації про дальність до об'єкту. Комплексування відеокамери та далекоміра дає можливість визначити місцеположення об'єкта у просторі.

Активне маневрування МБПЛА призводить до ускладнення процесу супроводження та зниження точності оцінювання параметрів руху. Побудовані на основі калманівської фільтрації у дискретному часі алгоритми визначення параметрів руху об'єктів за даними траєкторних вимірювань мають рекурентну структуру, що зручно реалізувати на ЕОМ. Проте, такі алгоритми при оцінюванні параметрів руху інтенсивно маневруючих об'єктів часто є розбіжними.

Байєсівський метод адаптивного оцінювання процесів з випадковою структурою в дискретному часі призводить до фільтрів зі зростаючим числом каналів, які практично не можливо реалізувати, і не дозволяє отримати рекурентні оптимальні алгоритми оцінювання таких процесів.

Тому актуальною науковою задачею є розробка методів адаптивного оцінювання параметрів руху маневруючого МБПЛА за даними відео-камери та далекоміра, що забезпечують підвищення точності визначення його місцеположення і не вимагають значних обчислювальних витрат.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами Дослідження даної роботи проводились згідно з планами науково-дослідних робіт кафедри радіотехнічних систем радіотехнічного факультету Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» в рамках держбюджетної теми: № 2317п «Програмний комплекс моделювання процесів обробки траєкторної інформації в системі захисту від малорозмірних безпілотних літальних апаратів» (номер державної реєстрації — 0120U102321).

3. Наукова новизна отриманих результатів

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 хиб-них 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. МБПЛА за даними далекоміру за рахунок фіксування коефіцієнтів підсилення каналів фільтру, що забезпечує зниження обчислювальних витрат.

4. Теоретичне та практичне значення результатів роботи, впровадження

Розроблений адаптивний фільтр за даними відеокамери з використанням кореляційного пошуку забезпечує розпізнавання зависання і май-же рівномірний рух МБПЛА з ймовірностями не нижче 0.9. На ділянках рівномірного руху і зависання МБПЛА СКВ похибок прогнозу його координат в 3.2 і 6.5 разів менше, ніж на ділянках руху з маневром, що знижує ймовірність потрапляння в строб сторонніх об'єктів.

Розроблений метод адаптивного оцінювання параметрів руху маневруючого МБПЛА за даними відеокамери може бути застосований без суттєвих змін при використанні методів міжкадрової різниці та обчислення оптичного потоку для виявлення і вимірювання координат маневруючого МБПЛА

Розроблений адаптивний фільтр за даними далекоміру на ділянках майже рівномірного руху і зависання забезпечує СКВ похибок прогнозу дальності на 70 % менше, ніж на ділянках руху з маневром, а швидкості, відповідно, в 3.8 раз менше. На ділянках зависання МБПЛА додатково можна підвищити точність прогнозування в 2 рази. При цьому він забезпечує розпізнавання хибних вимірювань з ймовірністю близькою до одиниці.

Розроблений адаптивний фільтр за даними далекоміру з постійними коефіцієнтами підсилення каналів фільтру не погіршує точносні характеристики в стаціонарних режимах роботи і дозволяє зменшити кількість операцій множення на один такт роботи алгоритму у 31 раз, а кількість операцій додавання у 8 разів.

Розроблені: алгоритм керування IP PTZ камерою з використанням API на базі протоколу ONVIF, модель оптимальної цифрової система керування кроковими двигунами рухомої поворотної платформи, пропозиції щодо вибору відеокамер та лазерних далекомірів, які можуть бути використані при побудові комплексу стеження за МБПЛА за двома конфігураціями.

5. Апробація результатів дисертації

Результати роботи обговорювалися на 9 наукових конференціях: Міжнародна науково-технічна конференція «Радіотехнічні поля, сигнали, апарати та системи» 2020, XV Міжнародна науково-технічна конференція "Перспективи телекомунікацій" 2021, IV Всеукраїнська науково-технічна конференція студентів та аспірантів «Радіоелектроніка в XXI столітті» 2021, X Міжнародна науково-технічна конференція «Радіотехнічні проблеми, сигнали, апарати та системи» 2021, XI Міжнародна науково-технічна конференція «Радіотехнічні проблеми, сигнали, апарати та системи» 2022,

XVII Міжнародна науково-технічна конференція "Перспективи телекомунікацій - 2023", V Всеукраїнська науково-технічна конференція студентів та аспірантів «Радіоелектроніка в XXI столітті», XII Міжнародна науково-технічна конференція «Радіотехнічні проблеми, сигнали, апарати та системи» 2023, XIII Міжнародна науково-технічна конференція «Радіотехнічні проблеми, сигнали, апарати та системи» 2024.

6. Дотримання принципів академічної доброчесності

За результатами науково-технічної експертизи дисертація *Соколова К. А.* визнана оригінальною роботою, яка не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень.

7. Перелік публікацій за темою дисертації із зазначенням особистого внеску здобувача

За результатами досліджень опубліковано 15 наукових публікацій, у тому числі:

- 0 одноосібних монографій,0 одноосібних розділів у колективних монографіях;
- 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.

в т.ч. 0 статей у яких число співавторів (разом із здобувачем) більше двох осіб;

- 0 патентів України на винахід, що пройшли кваліфікаційну експертизу;
- 0 патентів України на корисну модель;
- 10 тез виступів на наукових конференціях;

1. Соколов К.А. Візуальне виявлення та відстеження малогабаритних рухомих об'єктів на основі функціональних особливостей зорового апарату та особливостях сприйняття людини. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. 2023. № 5. С. 75–82. URL: https://doi.org/10.32782/2663-5941/2023.5/13 (фахове, категорія Б).
2. Соколов К.А., Жук С.Я. Урахування характерних особливостей будови та руху БПЛА у задачах їх комплексного виявлення і супроводження у повітряному просторі. Інфокомунікаційні та комп'ютерні технології. 2024. Т. 1, № 07. С. 9–20. URL: https://doi.org/10.36994/2788-5518-2024-01-07-01. (фахове, категорія Б).

У науковій статті автором самостійно обґрунтовано вибір моделі руху маневруючого МБПЛА на основі аналізу характерних особливостей будови та руху БПЛА

3. Соколов К.А., Жук С.Я. Адаптивний алгоритм кореляційного стеження за малорозмірним БПЛА. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. 2024. № 5. С. 62–70. URL: https://doi.org/10.32782/2663-5941/2024.5.1/11. (фахове, категорія Б).

У науковій статті автором самостійно синтезовано оптимальний і квазіоптимальний адаптивні алгоритми оцінювання параметрів руху МБПЛА за даними відеокамери з використанням методу кореляційного пошуку.

4. Соколов К.А., Чмельов В.О. Програмно-апаратна реалізація системи керування поворотною роботизованою відеокамерою PTZ з використанням протоколу ONVIF. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. 2024. № 6. С. 146–156. URL: https://doi.org/10.32782/2663-5941/2024.6.1/25 (фахове, категорія Б).

У науковій статті автором самостійно запропоновані пропозиції щодо побудови комплексу стеження за МБПЛА з використанням відеокамери та далекоміра.

5. Жук С.Я., Соколов К.А. Адаптивне оцінювання параметрів руху малорозмірного БПЛА за даними відеокамери і FMCW-далекоміру. Вісник НТУУ «КПІ». Серія Радіотехніка, Радіоапаратобудування. 2023. № 91. С. 46-52. URL: https://doi.org/10.20535/RADAP.2023.91.46-52. (фахове, категорія А, індексується у Web of Science).

У науковій статті автором самостійно розроблено адаптивний алгоритм визначення параметрів руху маневруючого МБПЛА за даними відеокамери і FMCW-далекоміру.

Матеріали міжнародних конференцій за темою дисертації:

6. Жук С. Я., Герасименко А. О., Соколов К. А. Аналіз точносних характеристик кореляційно-екстремального алгоритму стеження за малорозмірним БПЛА з використанням фільтру Калмана. XV Міжнародна науково-технічна конференція "Перспективи телекомунікацій" : Зб. матеріалів конф., м. Київ, 12–16 квіт. 2021 р. Київ, 2021. С. 292–294.

7. Жук С. Я., Соколов К. А. Адаптивна траєкторна фільтрація малорозмірного БПЛА при комплексному використанні даних РЛС і відеокамери. Матеріали XVII Міжнародної науково-технічної конференції "Перспективи телекомунікацій - 2023" : Зб. містить матеріали пленар. і секц. доп., м. Київ, 18–21 квіт. 2023 р. Київ, 2023. С. 335–337.

8. Кот М. Г., Соколов К. А., Жук С. Я. Методика розрахунку розміру зображення БПЛА в пікселях в залежності від відстані до нього. «Радіотехнічні проблеми, сигнали, апарати та системи» : матеріали Міжнар. науково-техн. конф., м. Київ, 13–15 грудня. 2023 р. Київ, 2023. С. 24–26.

9. Неуймін О. С., Соколов К. А., Маленчик Т. В. Аналіз методу виявлення точкових цілей на основі моделі інфрачервоного патч-зображення. XV Міжнародна науково-технічна конференція "Перспективи телекомунікацій" : Зб. матеріалів конф., м. Київ, 12–16 квіт. 2021 р. Київ, 2021. С. 271–273.

10. Соколов К. А. Використання методів обчислення оптичного потоку для вирішення задач детекції та супроводження малогабаритних цілей. X Міжнародна науково-технічна конференція «Радіотехнічні проблеми, сигнали, апарати та системи» : матеріали X Міжнар. науково-техн. конф., м. Київ, 9–11 листоп. 2021 р. Київ, 2021. С. 24–26.

11. Соколов К. А., Жук С. Я. Визначення просторових координат рухомого об’єкту з використанням системи пари відеодавачів. XI Міжнародна науково-технічна конференція «Радіотехнічні проблеми,

сигнали, апарати та системи» : матеріали конф., м. Київ, 22–24 листоп. 2022 р. Київ, 2022. С. 46–48.

12. Соколов К. А., Жук С. Я. Виявлення малогабаритних цілей із застосуванням особливостей зорового апарату людини у системах технічного зору. IV Всеукраїнська науково-технічна конференція студентів та аспірантів «Радіоелектроніка в XXI столітті» : матеріали конф., м. Київ, 25–26 трав. 2021 р. Київ, 2021. С. 78–80.

13. Соколов К. А. Особливості обробки інформації в панорамних системах відеоспостереження за безпілотними літальними апаратами. Міжнародна науково-технічна конференція «Радіотехнічні поля, сигнали, апарати та системи» : матеріали конф., м. Київ, 16–22 листоп. 2020 р. Київ, 2020. С. 117–119.

14. Соколов К., Кравчук Я. О., Жук С. Я. Аналіз точносних характеристик комбінованої системи спостереження на основі відеокамери та FMCW далекоміру. V Всеукраїнська науково-технічна конференція студентів та аспірантів «Радіоелектроніка в XXI столітті» : матеріали конф., м. Київ, 10–12 трав. 2023 р. Київ, 2023. С. 67–69.

15. Соколов К. А. Система визначення просторових координат об'єктів з використанням PTZ камери та лазерного далекоміра. XIII Міжнародна науково-технічна конференція «Радіотехнічні проблеми, сигнали, апарати та системи» : матеріали XIII Міжнар. науково-техн. конф., м. Київ, 27 – 28 листоп. 2024 р. Київ, 2024. С. 49–51.

Якість та кількість публікацій відповідають "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".

ВВАЖАТИ, що дисертаційна робота Соколова К. А. "Методи адаптивного оцінювання параметрів руху маневруючого малорозмірного БПЛА за даними відеокамери та далекоміра", що подана на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань Електроніка та телекомунікації за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка за своїм науковим рівнем, новизною отриманих результатів, теоретичною та практичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам, що пред'являють до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії та відповідає напрямку наукового дослідження освітньо-наукової програми КПІ ім. Ігоря Сікорського Телекомунікації та радіотехніка зі спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка.

РЕКОМЕНДУВАТИ:

1. Дисертаційну роботу “Методи адаптивного оцінювання параметрів руху маневруючого малорозмірного БПЛА за даними відеокамери та далекоміра”, подану Соколовим Кирилом Анатолійовичем на здобуття наукового ступеня доктора філософії, до захисту у разовій спеціалізованій вченій раді.

2. Вченій раді КПІ ім. Ігоря Сікорського утворити разову спеціалізовану вчену раду у складі:

Голова:

доктор технічних наук, професор, професор кафедри телекомунікацій Навчально-наукового Інституту телекомунікаційних систем Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», МОН України, Лисенко Олександр Іванович;

Члени:

Рецензенти:

PhD, доцент, доцент кафедри радіотехнічних систем радіотехнічного факультету Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», МОН України, Мирончук Олександр Юрійович;

кандидат технічних наук, старший викладач кафедри радіотехнічних систем радіотехнічного факультету Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», МОН України, Товкач Ігор Олегович;

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, доцент, завідувач кафедри штучного інтелекту Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій МОН України, Зінченко Ольга Валеріївна;

доктор технічних наук, професор, професор кафедри аеронавігаційних систем Державного некомерційного підприємства «Державний університет «Київський авіаційний інститут» МОН України, Авер’янова Юлія Анатоліївна.

Головуючий на засіданні
к.т.н., доцент, заст. зав. каф.
радіотехнічних систем — Вячеслав ЧМЕЛЬОВ

Вчений секретар
кафедри радіотехнічних систем
старший викладач — Ольга ТУРЄЄВА