

УКРАЇНА
місто Харків
ІНСТИТУТ РАДІОФІЗИКИ ТА
ЕЛЕКТРОНІКИ ім. О.Я.УСИКОВА
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ
НАУК УКРАЇНИ
Ідентифікаційний код 03534593
61085, м.Харків, вул.Ак.Проскури, 12
телефон 720-33-80
25.04.18 № 65-384/34

Вченому секретарю спеціалізованої вченої
ради Д 64.052.03
Харківського національного університету
радіоелектроніки
Безруку В.М.

61166, пр. Науки, 14, м. Харків

ВІДГУК

офіційного опонента старшого наукового співробітника
відділу дистанційного зондування Землі Інституту радіофізики
та електроніки ім. О.Я. Усикова Національної академії наук України,
доктора технічних наук професора Пащенко Руслана Едуардовича
на дисертаційну роботу Єрьоміної Наталії Сергіївни “Метод прив’язки
безпілотних літальних апаратів з використанням кореляційно-екстремальних
систем навігації в умовах появи хибних об’єктів на поточному зображенні”,
яка подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за
спеціальністю 05.12.17 – радіотехнічні та телевізійні системи

Актуальність теми дисертації. Системи управління сучасних
безпілотних літальних апаратів (БПЛА) призначені для забезпечення їх
ефективного руху у складному навколишньому середовищі та у різноманітних
умовах. Під час визначення положення БПЛА у просторі найбільше поширення
знайшли три підходи: з використанням інерційних навігаційних систем (ІНС);
за допомогою систем супутникової навігації (ССН); за допомогою оптико-
електронних (ОЕ) засобів. При цьому ОЕ засоби спостереження є одними з
найбільш важливих джерел інформації як автоматичних, так і автоматизованих
систем управління. Крім того, у зв’язку з тим, що ССН та ІНС мають низькі
автономність функціонування, точність та завадостійкість, все частіше для
рішення завдань навігації БПЛА застосовуються ОЕ кореляційно-екстремальні
системи навігації (КЕСН), що позбавлені цих недоліків.

Під час застосування ОЕ КЕСН для місцевизначення БПЛА, у цих
системах з використанням еталонного та поточного зображень поверхні
візування (ПВ) розраховується вирішальна функція (ВФ), за максимумом якої
визначається об’єкт прив’язки (ОП), що, як правило, має найбільшу яскравість
на зображенні. Але під час польоту БПЛА у районах з високою об’єктовою
насиченістю, поряд з ОП можуть розташовуватися інші об’єкти з близькою
яскравістю, що не дозволяє сформуванню унімодальної ВФ. Також, за рахунок
змін умов візування може виникати невідповідність поточного зображення
(ПЗ) еталонному зображенню (ЕЗ), що приводить до спотворень ВФ. Все це
може значно погіршити ефективність роботи ОЕ КЕСН на борту БПЛА.

Тому можна вважати тему дисертаційної роботи Єрьоміної Н.С., яка
присвячена розробці методу прив’язки безпілотних літальних апаратів з

ХНУРЕ
Вхідний № 01/27-426
“27” 04 2018р.

використанням кореляційно-екстремальних систем навігації в умовах появи хибних об'єктів на поточному зображенні, актуальною, як в науковому, так і в прикладному аспектах.

Обрана тематика досліджень пов'язана з держбюджетною науково-дослідною роботою, що проводилася спільно з Метрологічним центром військових еталонів Збройних Сил України, на тему "Розв'язання проблеми недосконалості методів і засобів передавання розмірів одиниць фізичних величин вихідними еталонами Збройних Сил України" (шифр "Похибка", № ДР 0115U004405).

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації. У вступі обґрунтовується актуальність теми дослідження, формулюються мета і задачі дослідження, висвітлюється наукова новизна та практичне значення отриманих результатів.

У першому розділі дисертації розглядаються основні вимоги, що висуваються до сучасних автономних систем навігації літальних апаратів, зокрема навігаційних систем БПЛА. Показано, що в умовах високої об'єктової насиченості для навігації БПЛА можна застосовувати оглядово-порівняльний метод. Також у розділі проаналізовані основні фактори, що впливають на процес формування вирішальної функції КЕСН БПЛА, та визначено, що найбільший вплив створюють висока об'єктова насиченість ПВ та наявність на ній хибних об'єктів. Крім того, у розділі уточнені вимоги до оптико-електронних КЕСН БПЛА та визначені шляхи щодо їх забезпечення. Проведений аналіз дозволив сформулювати основні задачі дослідження.

Другий розділ дисертації присвячений розробці математичної моделі процесу функціонування оптико-електронної КЕСН БПЛА та математичної моделі процесу формування ВФ комбінованої КЕСН. При цьому математична модель процесу функціонування ОЕ КЕСН БПЛА будується з урахуванням прогнозу можливих геометричних спотворень ПЗ на траєкторії польоту БПЛА, а також необхідності формування на етапі підготовки програми польоту БПЛА сукупності еталонних зображень для різних геометричних умов візування. Також у розділі на основі встановленого взаємозв'язку між геометричними спотвореннями, що виникають у процесі візування, та урахування кореляційних властивостей ПВ удосконалена математична модель процесу формування ВФ КЕСН. При цьому ВФ визначається з урахуванням середовища розповсюдження сигналів, поверхні візування, яка представляється у вигляді узагальненого телеграфного процесу, діелектричної та магнітної проникності об'єктів та фонів ПВ, первинної та вторинної обробки інформації, адитивного шуму приймальної системи та впливу перспективних спотворень.

У третьому розділі приведено результати досліджень впливу масштабних та перспективних спотворень на точність формування ВФ КЕСН. На базі удосконаленої математичної моделі процесу формування ВФ розроблено метод формування вирішальної функції КЕСН за критерієм максимуму узагальненого коефіцієнта взаємної кореляції. При цьому формується сукупність еталонних зображень, що мають заданий (можливий) характер спотворень зображення

ПВ, а далі за допомогою матричного корелятора одночасно одержуються максимуми часткових ВФ у декількох сусідніх каналах, тобто формується сукупність максимумів часткових ВФ. З використанням цих даних уточнення положення максимуму результуючої ВФ здійснюється шляхом апроксимації максимумів часткових ВФ параболоїдом. Даний метод дозволяє на етапі вторинної обробки інформації зменшити вплив перспективних спотворень за рахунок адаптації еталонних зображень до геометричних умов візування. Проведені статистичні дослідження показали, що розроблений метод дозволяє покращити точність місцевизначення БПЛА від 1,2 до 3,5 разів для зображень з нормальною об'єктовою насиченістю.

У четвертому розділі дисертації автором розроблений метод локалізації об'єкта прив'язки ОЕ КЕСН БПЛА при наявності на ПЗ хибних об'єктів. В основу даного методу покладений принцип виявлення та багатопорогової селекції ОП на ПЗ з декількома яскравими хибними об'єктами. Одержаний вираз для оцінки ймовірності локалізації ОП дозволяє оцінити ефективність виявлення та локалізації ОП. Крім того, у розділі удосконалено метод формування унімодальної ВФ в якому підсумовується число одиниць різних зрізів ВФ та знаходиться найбільше значення, що відповідає повному співпадінню поточного зображення з еталонним.

Достовірність отриманих наукових результатів ґрунтується на коректному застосуванні методів кореляційно-спектрального аналізу випадкових процесів, методів теорії оцінок параметрів сигналів на фоні завад, а також методів теорії ймовірності. Для оцінки ефективності методів локалізації об'єкту прив'язки в ОЕ КЕСН та формування унімодальної ВФ з урахуванням геометричних спотворень застосовувалися методи статистичного моделювання.

Новими науковими результатами, отриманими в дисертаційній роботі Єр'оміної Н.С., є:

одержала подальший розвиток модель процесу функціонування КЕСН, яка, на відміну від відомих, враховує просторове положення та орієнтацію БПЛА, а також кореляційні властивості поверхонь візування, в основу опису яких покладено модель узагальненого телеграфного процесу;

одержав подальший розвиток метод формування вирішальної функції КЕСН, який, на відміну від відомих, заснований на адаптації еталонних зображень до просторового положення та орієнтації БПЛА. При цьому розроблено алгоритм формування вирішальної функції матричною КЕСН;

одержав подальший розвиток метод локалізації об'єкта прив'язки КЕСН на поточному зображенні, який, на відміну від відомих, заснований на виявленні та багатопороговій селекції об'єкта прив'язки на поточному зображенні в умовах появи на поточному зображенні хибних об'єктів, обумовлених перспективними спотвореннями поверхні візування з високою об'єктовою насиченістю. При цьому розроблено алгоритм локалізації об'єкта прив'язки шляхом пошуку фрагмента бінарного поточного зображення з максимальним значенням одиниць, що співпадає з еталонним зображенням та

одержано аналітичний вираз для оцінки ймовірності локалізації ОП, який враховує результати визначення ймовірності виявлення та локалізації ОП;

одержав подальший розвиток метод формування унімодальної вирішальної функції, який на відміну від відомих полягає в підсумовуванні кількості одиниць різних зрізів ВФ та пошуку найбільшого значення, що відповідає повному співпадінню поточного зображення з еталонним. У рамках розробленого методу одержано аналітичний вираз для оцінки ймовірності локалізації ОП з урахованням порогу, за яким здійснено зріз ВФ.

Практичне значення одержаних результатів:

розроблені математичні моделі і методи можуть бути використані під час проектування, розробки та виробництва ОЕ КЕСН БПЛА для роботи у районах з високою об'єктовою насиченістю та при наявності геометричних спотворень поточних зображень;

застосування запропонованих моделей і методів дозволить підвищити ймовірність місцевизначення БПЛА порівняно з КЕСН, в якій при формуванні ВФ не враховано вплив геометричних спотворень ПЗ та наявність хибних об'єктів.

Результати впровадження одержаних результатів дисертаційної роботи у метрологічному центрі військових еталонів Збройних Сил України підтверджується відповідним актом.

Завершеність, стиль викладання, публікації. Аналіз сукупності наукових результатів і положень представлених у роботі Єр'оміної Н.С. дозволяє зробити висновок про їх внутрішню єдність і засвідчує особистий внесок автора в науку щодо подальшого розвитку методів прив'язки БПЛА в умовах появи хибних об'єктів.

Дисертаційна робота Єр'оміної Н.С. є завершеним науковим дослідженням, яку виконано відповідно до вимог, що висуваються до кандидатських дисертацій. Роботу написано зрозуміло та грамотно, з коректним та логічним використанням науково-технічної термінології.

Отримані в роботі нові наукові результати з достатньою повнотою опубліковані в наукових фахових виданнях України, що індексуються наукометричними базами Google Scholar (4 статті) та Scopus (1 стаття), а також у 3 патентах на корисні моделі, і пройшли необхідну апробацію на міжнародних конференціях (5 тез доповідей).

Структура і зміст автореферату в цілому відповідають тексту дисертації і досить повно відображають основні положення та висновки. Дисертація та автореферат відповідають паспорту спеціальності 05.12.17 – радіотехнічні та телевізійні системи.

Недоліки та зауваження:

1. У роботі не вказано які бази даних про поверхні візування можуть бути використані під час формування вирішальної функції оптико-електронної КЕСН БПЛА, а також не вказується чи існують шаблони опису ПВ, які можуть бути використані для формування еталонних зображень.

2. У дисертаційній роботі не розглянута можливість використання

сучасних 3D-моделей опису поверхні візування під час формування як еталонних зображень, так і вирішальної функції ОЕ КЕСН.

3. З тексту роботи не зрозуміло яким чином здійснюється інтегрування інформації, одержаної за допомогою ОЕ КЕСН, з інформацією бортової інерційної навігаційної системи, та яким вимогам повинна задовольняти бортова ІНС для сумісного її використання з розробленими методами.

4. У четвертому розділі роботи для методу локалізації об'єкту прив'язки ОЕ КЕСН на поточному зображенні зроблено припущення про виникнення хибних об'єктів у формі кола, але не розглядаються інші форми об'єктів, наприклад, прямокутна, яка на поверхні візування може бути більш поширеною.

5. Під час оцінки ефективності розроблених методів не наводяться дані щодо оцінки часу на формування вирішальної функції, а також не розглянута можливість реалізації розроблених методів з використанням сучасних мікроконтролерів.

Але вищезазначені недоліки та зауваження не суттєво впливають на загальний позитивний висновок щодо дисертації.

Загальні висновки. Дисертація Єр'оміної Н.С. є завершеною науково-дослідною роботою, в якій розв'язана актуальна науково-прикладна задача розробки методу прив'язки БПЛА з використанням КЕСН в умовах появи хибних об'єктів на поточному зображенні. Поставлені часткові задачі, наукові положення, висновки та рекомендації, наведені у роботі обґрунтовані та аргументовані.

Дисертаційна робота Єр'оміної Н.С. має наукову новизну і практичну значимість та відповідає вимогам п. 11 "Порядку присудження наукових ступенів", які пред'являються до кандидатських дисертацій, а її автор, Єр'оміна Наталія Сергіївна заслуговує присудження їй наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.17 – радіотехнічні та телевізійні системи.

Офіційний опонент
старший науковий співробітник
відділу дистанційного зондування Землі
Інституту радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова НАН України
доктор технічних наук
професор

Р.Е. ПАЩЕНКО

Підпис офіційного опонента доктора технічних наук професора Пащенко Р.Е. засвідчую.

Учений секретар ІРЕ ім. О.Я. Усикова НАН України
кандидат фізико-математичних наук



І.Є. ПОЧАНІНА

15.04 2018 р.