

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

КОВАЛЕВА Володимира Олександровича на тему:

«Підвищення ефективності методів оптико-електронного позиціонування шляхом комбінованого аналізу елементів кадру»,

поданої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.17 – радіотехнічні та телевізійні системи.

Актуальність теми досліджень

Сучасний стан розвитку комплексів оптико-електронного позиціонування характеризується постійним підвищенням вимог до тактико-технічних характеристик систем визначення відстані, стереорекопструкції та оптоелектронного супроводу рухомих об'єктів. Системи оптико-електронного позиціонування дедалі більше використовуються в складі літальних апаратів. Стрімка мініатюризація пристроїв вводу та обробки відеоінформації (в тому числі мікроболометричних систем) забезпечує можливість встановлення таких пристроїв на малорозмірні безпілотні літальні апарати. Проте існують фундаментальні проблеми подібних систем, які накладають обмеження на їх функціонування в складі бортової апаратури, а саме: необхідність використання додаткового каналу вимірювання дальності (лазерного, акустичного або радіолокаційного), необхідність стабілізації зображення для коректного супроводу об'єктів спостереження, значне уповільнення роботи системи при аналізі відеопослідовностей з високою роздільною здатністю.

Додатково при розгляді систем оптико-електронного позиціонування в складі бортової апаратури безпілотних літальних апаратів необхідно враховувати наявність часових затримок, які виникають при кодуванні/декодуванні телеметричного сигналу, що призводить до необхідності підвищувати ступень автономності систем оптико-електронного позиціонування з метою уникнення повітряних інцидентів.

Методи реконструкції оточення, засновані на розрахунку оптичного потоку є найбільш перспективними з точки зору повноти представлення інформації, однак

потребують удосконалення при застосуванні на високоманеврових носіях систем оптичного позиціонування та оптимізації за швидкістю обробки.

Реалізація технічних шляхів подолання вказаної проблеми можлива за рахунок введення в модель обчислення оптичного потоку даних щодо просторового положення носія системи оптико-електронного позиціонування, що дозволить реалізувати практично доступним методом необхідну високу точність обчислення оптичного потоку та збільшити швидкість обробки вхідної відеоінформації, що визначає актуальність теми дослідження.

Стислий зміст дисертаційного дослідження

Робота містить вступ, п'ять розділів, список джерел та шість додатків.

У вступі наведено загальна характеристика роботи, обґрунтовано її актуальність і зв'язок з науковими програмами, планами, темами. Сформульована мета та завдання досліджень, наукова новизна і практичне значення одержаних результатів. Наведено дані про реалізацію результатів роботи, її апробацію і публікації.

Перший розділ роботи присвячено аналізу існуючих методів оптико-електронного пеленгування та оптико-електронної дальнометрії. Встановлено, що забезпечення задовільної точності позиціонування в пасивних системах можливе лише при використанні відеовузлів з великою стереобазою за умови ретельної ректефікації кадрів відеосистеми. Розглянуто альтернативні методи оптико-електронного позиціонування, зокрема методи, засновані на аналізі оптичного потоку; виділено проблемне поле.

У другому розділі роботи запропоновано комплексний показник ефективності систем оптико-електронного позиціонування, виділено фактори, які впливають на сталість супроводу рухомих та статичних об'єктів, запропоновано методику дослідження систем оптико-електронного позиціонування. Розроблено імітаційну модель системи оптико-електронного позиціонування на основі оптичного потоку, яка дозволяє проводити порівняльний аналіз методів побудови оптичного потоку відносно швидкості обробки вхідних даних та комплексного показника ефективності.

У третьому розділі введено удосконалений метод розрахунку оптичного потоку з використанням даних від інерційної та висотно-швидкісної систем літальних апаратів. Розглянуто функціональну схему системи оптико-електронного позиціонування, що реалізує запропонований метод. Запропоновано метод побудови карти глибини зображення на основі розрахунку оптичного потоку в умовах зустрічного наближення до об'єкту спостереження. Також проведено порівняння запропонованого методу розрахунку оптичного потоку з методом Лукаса-Канаде відносно швидкості обробки вхідних даних та комплексного показника ефективності системи оптико-електронного позиціонування.

Четвертий розділ присвячено розробці алгоритмів роботи систем оптико-електронного позиціонування, які реалізують запропоновані методи розрахунку оптичного потоку з урахуванням попередньої обробки даних з пристроїв вводу відеоінформації, інерційних та висотно-швидкісних датчиків. Проведено оптимізацію розрахунків з урахуванням можливості використання багатопоточних систем.

У п'ятому розділі введено метод попередньої обробки зображень з адаптивною фільтрацією високочастотних шумів для компенсації розмиття периферійної частини кадру, розроблено пакет прикладного програмного забезпечення з використанням мов програмування C++ та Python, розроблено конструкторську документацію дослідного зразка комплексу оптико-електронного позиціонування.

Наведено експериментальні дані оцінки роботи дослідного зразка комплексу та проведено порівняння з результатами, отриманими при математичному моделюванні.

Наукова новизна дисертації

Зміст дисертації та автореферату дає можливість зробити висновок, що Ковалев В.О. виконав поставлену в роботі мету підвищення ефективності методів оптико-електронного позиціонування та пасивного стереоскопічного вимірювання дальності за рахунок розробки та впровадження завадостійких методів обробки оптичного потоку.

У результаті проведеного дисертаційного дослідження здобувачем отримано наступні нові наукові результати:

1. Вперше запропоновано комплексний показник ефективності систем оптико-електронного позиціонування з урахуванням природних факторів впливу, маневрових характеристик носія системи, маневрових характеристик об'єктів супроводу та штучних перешкод, що дає змогу оцінити роботу подібних комплексів в реальних умовах, не проводячи натурних експериментів;
2. Удосконалено методи побудови оптичного потоку за рахунок зменшення піраміди масштабів, що відрізняється від існуючих методів введенням в математичну модель обробки інерційних та висотно-швидкісних даних носія системи оптико-електронного позиціонування, що дозволяє зменшити час обробки та підвищити ефективність системи.
3. Вперше розроблено метод багатоканального пасивного вимірювання дальності на основі оптичного потоку в стереоскопічному зображенні, який, на відміну від існуючих, дає змогу будувати карту глибини зображення в некаліброваних стереопарах з кутовим паралаксом.
4. Удосконалено метод попередньої обробки зображень, який відрізняється від існуючих введенням адаптивної фільтрації високочастотних шумів, що дозволяє підвищити завадостійкість систем оптико-електронного позиціонування при супроводі об'єктів на неоднорідному фоні.

Практична значущість результатів дисертації

1. Реалізовано алгоритми побудови та аналізу оптичного потоку з використанням даних інерційних та висотно-швидкісних датчиків, що збільшило швидкість обробки вхідних даних в 1,73 рази.
2. Розроблено та програмно реалізовано алгоритми попередньої обробки кадрів відеопослідовності з адаптивною фільтрацією, що збільшило тривалість супроводу приповерхневих об'єктів від 36 до 92% в залежності від характеру місцевості.

3. На основі отриманих в роботі результатів було виготовлено комплект конструкторської та програмної документації, а також виготовлено дослідний зразок системи оптико-електронного позиціонування.

Достовірність та обґрунтованість результатів підтверджуються коректним використанням відомих і апробованих наукових положень, імітаційним моделюванням та експериментальними даними, отриманими в ході випробувань дослідного зразка системи оптико-електронного позиціонування.

Відповідність дисертації та автореферату вимогам ВАК

Зміст дисертації та автореферату відповідає паспорту спеціальності 05.12.17 – радіотехнічні та телевізійні системи.

Мова дисертації відповідає вимогам що висуваються до наукової документації.

Зміст автореферату адекватно відображує отримані наукові результати.

Результати дисертації опубліковані у достатній кількості наукових праць та апробовані на шести науково-технічних конференціях.

Недоліки дисертації

На жаль в матеріалах дисертації та автореферату є недоліки.

1. В першому розділі дисертаційної роботи наводиться аналіз сучасних методів оптико-електронного позиціонування. Проте, у роботі потрібно було провести їх порівняння із запропонованим методом.

2. Розроблений здобувачем метод багатоканальної дальнометрії потребує додаткового аналізу в умовах роботи при однорідному фоні.

3. Для практичного застосування розроблених методів потрібно було б дослідити, більш строго, час виконання усіх етапів проведення попередньої обробки зображення. Цікавим також є можливість паралельного виконання операцій попередньої обробки зображення при посегментному розподіленні відеоінформації між паралельними потоками.

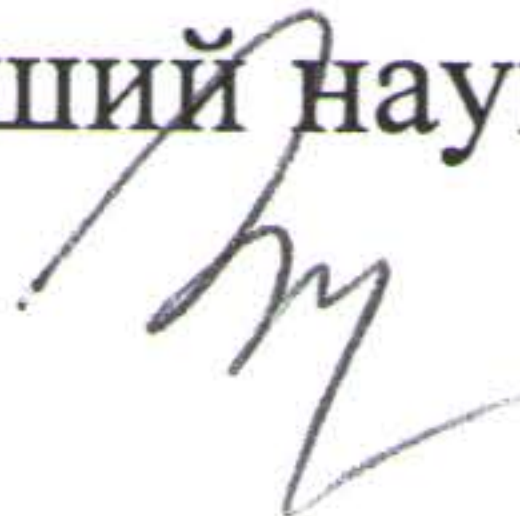
4. Під час виконання імітаційного моделювання потрібно було провести порівняння впливу різних негативних чинників на точність побудови карти глибини стереозображення в умовах зустрічного наближення.

5. Рекомендовано розглянути більш докладно додаткові фактори впливу при реалізації систем оптико-електронного позиціонування з використанням вузькопольних оптичних систем.

Висновок

Дисертаційна робота здобувача Ковалева Володимира Олександровича «Підвищення ефективності методів оптико-електронного позиціонування шляхом комбінованого аналізу елементів кадру» відповідає вимогам пп. 11, 13, 14 "Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника" (постанова Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 року, № 567), а її автор заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.17 – радіотехнічні та телевізійні системи.

Офіційний опонент

Провідний науковий співробітник Наукового центру Сухопутних військ
Національної академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного,
лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки,
доктор технічних наук, старший науковий співробітник
працівник ЗС України  А. ЗУБКОВ
" ____ " _____ 2021 р.

Підпис Зубкова А.М. засвідчую:

Заступник начальника Національної академії сухопутних військ
імені гетьмана Петра Сагайдачного з наукової роботи,
доктор історичних наук, доцент 
полковник  А. СЛЮСАРЕНКО
" 19 " 04. _____ 2021 р.