



67-72-03/2
14.01.19

ВІДГУК офіційного опонента

на дисертаційну роботу Гривачевського Андрія Петровича, яка виконана за темою: «Підвищення інформативності мультиспектральних систем моніторингу шляхом комплексування зображень видимого та інфрачервоного діапазонів» і подана на здобуття наукового ступеню кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.17 – радіотехнічні та телевізійні системи.

Актуальність теми дисертаційної роботи.

Основним джерелом інформації сучасних систем моніторингу різного цільового призначення, є оптичні сенсори, що подають інформацію у вигляді електронних зображень. Технічні можливості сучасних оптико-електронних систем дають змогу використовувати різноманітні способи та засоби для моніторингу об'єктів і сцен з високою точністю і в різних оптичних діапазонах. При цьому, об'єм даних, зібраних в результаті багатоспектрального моніторингу є дуже великим, і в значній мірі надлишковим, оскільки, інформація переважно дублюється різними каналами. Тому виникла потреба в методах та алгоритмах поєднання зображень отриманих в різних діапазонах з максимальним збереженням інформації, що не дублюється окремими каналами. Цього можна досягти за рахунок інтелектуального об'єднання окремих зображень в одне мультиспектральне. В даній роботі вирішуються найбільш складні завдання, які необхідно розв'язати при комплексуванні зображень, отриманих в різних спектральних діапазонах, а саме просторова синхронізація зображень та сам процес їх ефективного поєднання.

Таким чином, дана дисертаційна робота присвячена розвитку одного із перспективних методів підвищення інформативності оптико-електронних систем моніторингу – методу комплексування мультиспектральних систем, наукові дослідження стосовно яких, особливо в частині просторової синхронізації зображень і підвищення ефективності їх суміщення, є вкрай актуальними на сьогоднішній день.

Метою дисертаційної роботи є підвищення інформативності оптико-електронних мультиспектральних систем моніторингу об'єктів та сцен, що мають у своєму складі сенсори видимого та інфрачервоного діапазонів та зменшення кількості надлишкової інформації, що надходить до оператора системи на основі розробки моделей, методів та алгоритмів формування мультиспектральних комплексованих зображень.

Для досягнення мети дослідження в роботі проведено аналіз різних спектральних каналів, які використовуються в даний час в системах

моніторингу; виконано класифікацію існуючих методів комплексування зображень та визначено найбільш ефективний метод з точки зору підвищення інформативності мультиспектральних зображень; проведено дослідження існуючих методів просторової прив'язки різноспектральних зображень для просторової синхронізації різноспектральних зображень; удосконалено метод оцінювання інформативності зображень; розроблено метод і алгоритм підвищення інформативності мультиспектральних зображень шляхом комплексування зображень видимого та інфрачервоного діапазонів; проведено комп'ютерне моделювання та дослідження функціонування мультиспектральної системи моніторингу з комплексуванням зображень при спостереженні за рухомими об'єктами; розроблено структурну схему та елементи архітектури блоку цифрової обробки і комплексування різноспектральних зображень а також розроблені рекомендації щодо апаратної реалізації мультиспектральної системи моніторингу з комплексуванням різноспектральних зображень.

Зв'язок дисертаційних досліджень з плановими НДР. Результати дисертаційної роботи пов'язані з виконанням науково-дослідних робіт Міністерства освіти і науки України, що виконувалися кафедрою «Радіоелектронних пристроїв та систем», а саме: «Розробка засад застосування та обробки сигналів перспективних сенсорів для космічних апаратів і для наземних камер», ДР 0113U001355, 2013-2014 рр.; «Розроблення засобів і методів формування та обробки багатоспектральних зображень для систем спеціального призначення», ДР 0115U000435, 2015-2016 рр.; «Розроблення портативних засобів вимірювання магнітних та електричних полів кораблів і засад оптико-радіолокаційного моніторингу надводної обстановки в місцях базування кораблів ВМС», ДР 0117U004454, 2017-2018 рр. В перерахованих науково-дослідних роботах автор брав участь як виконавець.

Аналіз змісту дисертаційної роботи.

У вступі відповідно до вимог, обґрунтована актуальність обраної теми дослідження, сформульовані мета, об'єкт і предмет дослідження, визначена наукова новизна і практична цінність отриманих результатів, наведено відомості про їх апробацію та характеристику публікацій.

В першому розділі роботи проведено аналіз основних методів і алгоритмів обробки зображень в сучасних оптико-електронних системах моніторингу. Розглянуто існуючі методи підвищення ефективності систем моніторингу, в основі яких покладено використання мультиспектрального спостереження. Проведено детальний аналіз сучасних методів комплексування багатоспектральних зображень.

У другому розділі, запропоновано удосконалену багатокритеріальну метрику оцінювання інформативності зображень та визначено критерій «прив'язки» зображень отриманих в різних діапазонах.

На основі результатів імітаційного показано доведено, що найбільш точна синхронізація зображення видимого та інфрачервоного діапазонів досягається при застосуванні запропонованого підходу, який заснований на максимізації функції взаємної інформації.

У третьому розділі дисертації розроблено метод комплексування зображень видимого та інфрачервоного діапазонів на основі дискретного вейвлет перетворення.

На основі проведених досліджень розроблено ряд алгоритмів і схему їх застосування для комплексування зображень з одночасною їх обробкою. Застосування запропонованого алгоритму для комплексування тестових зображень дало змогу відобразити на комплексованому зображенні корисну інформацію з зображень видимого та ІЧ діапазонів, незважаючи на те, що об'єкти інтересу на зображенні видимого діапазону були приховані.

У четвертому розділі дисертаційного дослідження проведено дослідження функціонування мультиспектральної системи моніторингу з застосуванням запропонованого методу комплексування зображень при спостереженні за рухомими об'єктами. Показано, що запропонований адаптивний алгоритм виявлення рухомих об'єктів дає змогу ефективно виявляти рухомі об'єкти при наявності різних дестабілізуючих факторів, які впливають на якість зображень, зокрема і в мультиспектральних системах.

Наукова новизна результатів дисертаційних досліджень.

На підставі поглибленого аналізу змісту дисертаційної роботи можна зробити висновок про наявність наукової новизни отриманих результатів, що полягає в наступному:

1. Вперше розроблено метод комплексування зображень видимого та інфрачервоного діапазонів на основі дискретного вейвлет-перетворення, в якому, на відміну від відомих, у процесі комплексування зображень запропоновано формувати низькочастотні коефіцієнти результуючого вейвлет-спектру на основі регресійного аналізу зв'язків між відповідними низькочастотними коефіцієнтами вейвлет-спектрів вхідних зображень.

2. Удосконалено багатокритеріальну метрику оцінювання інформативності зображень шляхом заміни ентропії зображення, як одного з критеріїв метрики, на градієнт зображення; порогового обмеження кількості значущих градацій яскравості; оцінювання коефіцієнта контрасту зображення на основі середніх значень контрастів в його локальних областях.

3. Набула подальшого розвитку модель процесу комплексування зображень, яка, на відміну від відомих, дає змогу одержати кольорове комплексоване зображення.

4. Набула подальшого розвитку модель процесу виявлення рухомих об'єктів під час відеомоніторингу, яка, на відміну від відомих, для виявлення руху передбачає одночасне використання методу віднімання фону та методу міжкадрової різниці, а також адаптується до дестабілізуючих факторів під час відеомоніторингу та усуває негативний вплив рухомих тіней, шляхом їх детектування та компенсації.

Практичне значення результатів дисертаційної роботи.

Результати проведеного дисертаційного дослідження дали змогу реалізувати автоматизоване кількісне оцінювання інформативності зображень максимально наближено (з коефіцієнтом кореляції 0.801), порівняно з широко вживаним методом ентропії (коефіцієнт кореляції 0.552), до значень інформативності, які отримуються методом експертних оцінок. Запропонований метод та розроблений на його основі алгоритм мультимодального комплексування зображень дав змогу підвищити інформативність результуючого мультиспектрального зображення в середньому на 12.2%, порівняно з найбільш інформативним каналом мультиспектральної системи моніторингу та на 4.7%, порівняно з іншими методами комплексування, а також дав змогу зменшити обсяг даних без втрати корисної інформації в середньому на 26.72%, порівняно з сумарним обсягом даних, що отримуються каналами видимого та ІЧ діапазонів. Одержані результати оцінювання впливу на інформативність комплексованого зображення кількості рівнів розкладу та виду базисної функції при виконанні вейвлет-перетворення дають змогу вибирати оптимальні параметри налаштування алгоритму мультимодального комплексування зображень видимого та інфрачервоного діапазонів для отримання максимально можливого за інформативністю комплексованого зображення. Розроблено удосконалений метод виявлення рухомих об'єктів, який дає змогу збільшити імовірність виявлення рухомих об'єктів мультиспектральною системою моніторингу на 11%, порівняно з аналогічною системою без використання комплексування.

Результати проведених досліджень використовувалися в навчальному процесі при підготовці фахівців зі спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» у Національному університеті «Львівська політехніка», що підтверджено відповідним актом впровадження.

Достовірність та обґрунтованість наукових результатів визначається коректним використанням математичних методів побудови математичних

моделей і теоретичних розробок попередніх дослідників у даній галузі, перевіркою адекватності запропонованих моделей шляхом визначення співпадінь результату в частковому випадку з відомим результатом. Всі моделі побудовані на апробованій в теорії радіотехнічних кіл та сигналів аксіоматиці.

Робота за змістом відповідає спеціальності 05.12.17 – радіотехнічні та телевізійні системи. Автореферат відображає зміст дисертаційної роботи.

Наукові та практичні результати роботи достатньо повно викладені у публікаціях автора та апробовані на конференціях.

Зауваження до дисертаційної роботи:

1. Припущення для прикладу двосенсорної системи моніторингу, щодо «нормальності», симетричності і одномірності спектральних чутливостей сенсорів (стор. 36, останній абзац) є занадто ідеалізованим і недоречним.

2. Автор помилково «приписав» критичний недолік методу на основі АГК (аналізу головних компонент), щодо неефективності при ідентичних зображеннях (стор. 58), оскільки в мультиспектральних системах однакових зображень з однаковими шумами бути не може.

3. Цільова функція (вираз (2.3, стор. 74)) приведена з порушенням і не відображає ні цілі ні об'єкту варіації для її досягнення.

4. Автором багато разів робиться посилання на експертну оцінку (наприклад, стор. 89, табл. 2.3) хоча інформації яким чином вона здійснювалась, для цього конкретного дослідження, немає.

5. Враховуючи практику використання мобільних тепловізійних комплексів в охороні кордону викликає сумнів адекватність приведених на рис. 4.16, рис. 4.17 і рис. 4.18 (стор. 141, 142) залежностей імовірності виявлення, розпізнавання та ідентифікації об'єктів від відстані для різних каналів спостереження через отриману вкрай низьку ефективність інфрачервоного каналу.

6. Автореферат дисертації виконано на 25 сторінках тексту, що перевищує рекомендований об'єм.

7. Огляд існуючих методів в дисертаційній роботі займає близько 35% основного тексту, що майже вдвічі перевищує рекомендований об'єм.

8. В дисертаційній роботі формально представлено перелік умовних скорочень, оскільки він містить лише незначну частину скорочень, які зустрічаються по тексту, а частина приведених у списку скорочень не зустрічаються взагалі.

9. Методи досліджень, які були застосовані для отримання наукових результатів, зазначені автором вкрай поверхнево і некоректно, що свідчить про певну формальність при написанні окремих частин роботи.

Вищезазначені зауваження не знижують загального позитивного враження від дисертаційної роботи.

Загальний висновок по роботі.

Вважаю, що дисертаційна робота є завершеним науковим дослідженням, направленим на вирішення актуального наукового завдання, яке полягає в підвищенні інформативності мультиспектральних систем моніторингу, що мають у своєму складі канали спостереження видимого та інфрачервоного діапазонів, та зменшення кількості надлишкової інформації, яка надходить до людини-оператора системи за допомогою мультимодального комплексування зображень для підвищення ефективності виявлення об'єктів у складних умовах спостереження. За актуальністю обраної теми досліджень, науковою новизною і практичною значимістю результатів, робота відповідає вимогам МОН України, зокрема пп. 9, 11, 12 положення про «Порядок присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24.07.2013 р. щодо кандидатських дисертацій, а її автор Гривачевський Андрій Петрович заслуговує на присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.17 – радіотехнічні та телевізійні системи.

Офіційний опонент:

кандидат технічних наук, доцент,
начальник кафедри телекомунікацій та радіотехніки
Національної академії Державної прикордонної служби
України імені Богдана Хмельницького

І. І. Чесановський

Підпис доцента Чесановського І. І. засвідчую.

Начальник відділення контролю та
документального забезпечення

т.ч.поводили

« 10 » січня 2019 р.

І. Ю. Жилкіна