



МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ
УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
СУХОПУТНИХ ВІЙСЬК
ІМЕНІ ГЕТЬМАНА
ПЕТРА САГАЙДАЧНОГО
Код 08410370

№ 04 / 11 / 2016р.
№ 1241

79012, м. Львів

67-72-115/1
07.11.16

Прим. № 1

Голові спеціалізованої вченої ради
Д 35.052.10 Національного університету
«Львівська політехніка»

79013, м. Львів, вул. С. Бандери, 12.

ВІДГУК

офіційного опонента д.т.н., с.н.с, провідного наукового співробітника
Наукового центру Сухопутних військ Національної академії сухопутних військ
імені гетьмана Петра Сагайдачного Зубкова А.М. на дисертаційну роботу
Фабіровського Сергія Євгеновича на тему «Підвищення роздільної здатності
сенсорів видимого діапазону для систем моніторингу з субпіксельною
обробкою зображень», що подана на здобуття наукового ступеня кандидата
технічних наук за спеціальністю 05.12.13 – радіотехнічні пристрої та засоби
телекомунікацій

Відгук підготовлено за матеріалами дисертаційної роботи, яка містить
вступ, чотири розділи, загальні висновки, список використаних джерел та два
додатки. Загальний обсяг роботи складає 172 сторінки, з обсягом основного
тексту 131 сторінок. Дисертація містить 52 рисунка, 15 таблиць, список
використаних джерел із 104 найменувань на 12 сторінках та 2 додатки на 15
сторінках.

У дисертації Фабіровського Сергія Євгеновича розв'язано актуальне
наукове завдання підвищення роздільної здатності сканерів видимого діапазону
електромагнітних хвиль (ЕМХ) систем дистанційного зондування Землі (ДЗЗ),
які встановлюються на космічних апаратах. Для цього удосконалено матричну
модель процесу субпіксельного формування зображень, вперше оцінено вплив
форми пікселів на якість зображень, розроблено метод та алгоритм підвищення

роздільної здатності багатоспектральних зображень, розроблено практичні рекомендації до застосування запропонованих наукових підходів.

1. Актуальність теми дисертації. На сучасному етапі розвитку інформаційних технологій виникає потреба у створенні систем дистанційного моніторингу з високою роздільною здатністю та малими габаритним розмірами та вагою.

Перспективним шляхом вирішення суперечності між просторовою роздільною здатністю та чутливістю системи ДЗЗ обґрунтовується використанням субпіксельного формування та обробки зображень. Але методи субпіксельної обробки в науковому аспекті потребують удосконалення, а саме: зменшення часу реалізації, врахування впливу апертури пікселя і параметрів руху космічного апарату.

Мета, об'єкт і предмет дисертаційного дослідження взаємозв'язані і в необхідній мірі обґрунтовані. Основою дисертації стали результати наукових досліджень, які здійсненні автором під час участі у низці науково-дослідних робіт, які виконувались на кафедрі радіоелектронних пристроїв та систем.

Тому актуальність теми дисертаційного дослідження не викликає сумнівів.

2. Наукова новизна результатів дисертації. До основних нових наукових результатів, які отримані автором можна віднести:

2.1. Удосконалено метод субпіксельної обробки зображень, який на відміну від відомих, враховує вплив апертури пікселя та вплив параметрів руху космічного апарату (КА), що дало змогу покращити якість зображення.

2.2. Набули подальшого розвитку математична модель та алгоритм субпіксельної обробки вхідних даних сканера видимого діапазону для формування статичних зображень об'єктів і сцен, які на відміну від відомих, дають змогу підвищити швидкодію та завадостійкість алгоритму.

2.3. Вперше отримані залежності для розрахунку максимально-допустимої кількості рядків накопичення у фотоприймачах з часовою

затримкою та накопиченням (ЧЗН) із урахуванням положення КА на різних широтах земної поверхні, що покращує завадостійкість системи ДЗЗ.

2.4. Вперше запропоновано метод та алгоритм відновлення зображень з субпіксельною обробкою, який, на відміну від відомих, базується на оберненій згортці вхідного сигналу з врахуванням модуляційної передавальної функції, що зменшує вплив дестабілізуючих факторів, і, відповідно, підвищує якість відновлення зображень.

3. Практична цінність отриманих результатів.

1. Встановлено максимальне значення стадій накопичення пристрою із зарядовим зв'язком (ПЗЗ-лінійки) з часовою затримкою та накопиченням, що дає змогу одночасно зменшити масо-габаритні характеристики сканера, а також підвищити чутливість сканера без спотворення сформованого зображення;

2. Проведений аналіз ефективності геометричної форми пікселя за критеріями якості відновлення зображення та складності технічної реалізації дав можливість обґрунтувати вибір на користь форми, що наближена до круглої, та дає вигоду, в якості відновлення, порівняно з квадратною формою в межах 4-7%.

3. Удосконалено алгоритм підвищення роздільної здатності панхроматичних та багатоспектральних зображень з урахуванням апертури пікселя, що дає змогу підвищувати роздільну здатність до 2 разів.

4. Розроблено структурну схему процесорного модуля цифрової обробки сигналів, який реалізує запропонований алгоритм субпіксельної обробки зображень.

5. Розроблені пакет програм та рекомендації по технічній реалізації процесорного модуля, які реалізують запропонований підхід до субпіксельної обробки зображень.

4. Повнота викладу результатів дисертації в опублікованих працях, їх апробація на конференціях та семінарах. Основні результати дисертаційної роботи відображено у 17 наукових працях, в тому числі 4 статті у

фахових виданнях України та 1 стаття у виданні іноземної держави, з них 4 – у наукових періодичних виданнях включених до міжнародних науково-метричних баз Scopus та Index Copernicus; 12 є матеріалами і тезами на міжнародних науково-технічних конференціях, симпозіумах та форумах, з них 4 опубліковані у виданнях, що входять до міжнародної науково-метричної бази Scopus.

5. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність. Висунуті на захист результати не суперечать існуючим фізичним уявленням. Сучасні математичні методи застосовані коректно. Достовірність основних положень і висновків підтверджується результатами модельних експериментів.

6. Автореферат дисертації по змісту і об'єму адекватно відображає основні положення дисертаційної роботи, і дає можливість повної і достовірної оцінки результатів.

7. Оцінка змісту дисертації, її завершеність в цілому, відповідність встановленим вимогам до оформлення. Оформлення дисертації та автореферату відповідає вимогам ДАК України.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дослідження, сформульовано мету та завдання дисертаційної роботи, визначено об'єкт і предмет дослідження, відображено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів, а також наведено відомості про особистий внесок здобувача і апробацію результатів дисертації, показано структуру та обсяг роботи.

У **першому розділі** проведено аналіз методів підвищення роздільної здатності зображень. Розглянуто та вказано переваги та недоліки наявних методів субпіксельної обробки зображень. Сформульовані задачі дисертаційного дослідження.

У **другому розділі** встановлено основні фактори впливу на якість та роздільну здатність зображень, сформованих сканером системи ДЗЗ видимого

діапазону. Сформульовано вимоги до параметрів стабілізації КА при проведенні ним зйомки на різних широтах земної поверхні.

У **третьому розділі** запропоновано удосконалену матричну модель процесу субпіксельного формування зображень сканером.

У **четвертому розділі** розроблено метод та алгоритм субпіксельної обробки зображень; описано стадії визначення оптимального коефіцієнта регуляризації для відновлення зображень; проведено тестування запропонованого удосконаленого алгоритму субпіксельної обробки зображень; запропоновано рекомендації по технічній реалізації програмно-апаратних засобів для субпіксельної обробки зображень.

8. Впровадження результатів роботи. Основні впровадження проведені на кафедрі радіоелектронних пристроїв та систем та в НДКІ ЕЛВІТ (м. Львів) при виконанні науково-дослідних робіт Міністерства освіти і науки України, а саме: «Розробка засад застосування та обробки сигналів перспективних сенсорів для космічних апаратів і для наземних камер»; № держреєстрації 0113U001355, 2013–2014 рр.; «Розроблення засобів і методів формування та обробки багатоспектральних зображень для систем спеціального призначення» № держреєстрації 0115U000435, 2015-2016 рр.; є акти впровадження результатів дисертаційної роботи у НКП «Спеціальне конструкторське бюро телевізійних систем» (м. Львів) та у навчальний процес при підготовці фахівців з напрямку «Радіотехніка».

9. Зауваження до змісту дисертаційної роботи

1. З тексту дисертації не зрозуміло чи моделі, методи, та алгоритми, які запропоновані у дисертації є універсальними чи можуть бути використані тільки для рекомендованого фотоприймача CCD8091.

2. Не обґрунтовано стійкість розв'язку рівняння (2.28) коли значення контрастно-частотної характеристики прямує до нуля.

3. В четвертому розділі дисертації не достатньо пояснено принцип роботи відомого алгоритму з яким ведеться порівняння із запропонованим алгоритмом.

4. Оскільки об'єми інформації, які повинні передаватися через радіоканал системою моніторингу є досить великі, то важливим питанням, яке не розглянуто в дисертації є розробка ефективних методів стиснення інформації для систем моніторингу.

5. Пункти загальних висновків не розставлені по загально прийнятій послідовності, спершу повинні йти пункти «Вперше ...», «Удосконалено...» і так далі.

6. В дисертації доцільно було б провести результати відновлення зображень для різних стабілізуючих функцій при використанні регуляризації Тихонова з метою знаходження оптимальної функції.

7. На рис. 2.3, рис. 2.4 та на рис. 3.7 не позначені осі графіків контрастно-частотних характеристик.

8. Наявні незначні описки та стилістичні неточності в тексті дисертації.

Зазначені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку наукового рівня дисертаційної роботи.

Загальні висновки

Дисертація Фабіровського Сергія Євгеновича є завершеною науковою працею, в якій мітиться розв'язок важливого наукового завдання підвищення роздільної здатності сканерів видимого діапазону систем дистанційного зондування Землі, які встановлюються на космічних апаратах.

Дисертація відповідає паспорту спеціальності 05.12.13 – радіотехнічні пристрої та засоби телекомунікацій.

Дисертаційна робота за актуальністю, обґрунтованістю наукових положень, новизною і достовірністю отриманих результатів, їх теоретичною та практичною цінністю повністю відповідає вимогам до кандидатських дисертацій, зокрема, вимогам пунктів 9, 11, 12, 13, 14 положення про «Порядок

присудження наукових ступенів і присвоєння наукового звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року № 567, а її автор Фабіровський Сергій Євгенович заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.13 – радіотехнічні пристрої та засоби телекомунікацій.

Офіційний опонент,

провідний науковий співробітник
Наукового центру Сухопутних військ
Національної академії сухопутних військ
імені гетьмана Петра Сагайдачного,
доктор технічних наук, с.н.с.,
лауреат Державної премії України в
галузі науки і техніки

А. М. Зубков

Підпис д.т.н., с.н.с. Зубкова А. М. засвідчую:

Заступник начальника Національної академії
сухопутних військ імені гетьмана
Петра Сагайдачного з наукової роботи,
к.і.н., доцент, полковник



А. В. Слюсаренко