

Відзив

офиційного опонента

на дисертаційну роботу Лубського Миколи Сергійовича
“Методика підвищення інформативності інфрачервоного
аерокосмічного знімання на основі субпіксельної обробки сигналів”
подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за
спеціальністю 05.07.12 – Дистанційні аерокосмічні дослідження

Цифрові карти та зображення у довгохвильовій області інфрачервоного спектру знайшли широке застосування при вирішенні задач у різноманітних галузях народного господарства, при виявленні пожеж, пошуку покладів вуглеводнів, при дослідженні теплового забруднення від техногенних об'єктів, теплових зон урбанізованого середовища, динаміки температури світового океану та інше. І актуальність цих даних постійно підвищується разом із приростом техногенного навантаження на навколишнє середовище. Але створенню детальних цифрових карт розподілу температури перешкоджає обмежена просторова роздільна здатність оптико-електронних систем (ОЕС) космічного базування, яка обумовлена природою випромінювання цього діапазону, а саме порівняно великою довжиною хвилі випромінювання.

Будь які вдосконалення конструкції таких ОЕС та вивід їх на орбіти у космосі пов'язане з великими матеріальними витратами та потребує значного часу на проектування, виробництво, тестування та запуск у космос. Тому важливою задачею постає розробка методів, алгоритмів та програмних способів обробки існуючих даних, яка дозволить підвищити інформативність зображень, які отримані у довгохвильовому інфрачервоному діапазоні. Це підтверджує актуальність дисертаційної роботи М. С. Лубського.

Серед найбільш суттєвих нових наукових результатів, отриманих в ході виконання дисертаційної роботи слід виділити наступні:

1. Вперше отримано комплексну дворівневу методику підвищення інформативності зображень, отриманих за допомогою ОЕС дистанційного зондування Землі. На першому рівні підвищення інформативності досягається залученням даних розподілу коефіцієнта теплового випромінювання, отриманих шляхом обробки зображень видимого та близького інфрачервоного діапазону. На другому рівні підвищення інформативності досягається шляхом субпіксельної обробки пар різничасових розподілів інваріантних даних про коефіцієнт теплового випромінювання та подальшого відновлення цифрових зображень теплового поля з підвищеною інформативністю.

2. Розроблено новий метод підвищення просторової розрізnenості різничасових зображень теплового поля шляхом субпіксельної обробки окремих частотних компонент зображень.

3. Вдосконалено методики та алгоритми розрахунку фізичної температури та коефіцієнта теплового випромінювання земних покривів та адаптовано до даних, що одержуються сенсорами супутника Landsat-8.

Основний зміст дисертації складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел (157 найменувань на 21 сторінках) і 9 додатків на 32 сторінках. Робота викладена на 179 сторінках, що містять 102 сторінок основного тексту, 21 рисунок і 11 таблиць.

У *вступі* обґрунтовано актуальність розробки нових методів та технологій підвищення інформативності зображень довгохвильового інфрачервоного діапазону та вторинних даних, необхідних для побудови цифрових карт розподілу теплових полів. Описано наукову новизну отриманих результатів дисертації, їхнє практичне значення та подано інформацію про особистий внесок здобувача, апробацію роботи, список опублікованих за даною тематикою робіт, та перелік наукових програм, пов'язаних із описаними в роботі дослідженнями.

У другому розділі розвинено теоретичні методи обробки зображень з метою отримання розподілу коефіцієнта теплового випромінювання та температури земних поверхонь і покривів, а також описано попередню обробку вхідних даних, що включає в себе калібрування та атмосферне коригування. Описаний зв'язок інформативності зображень із їх просторовою розрізnenістю та спосіб її оцінки. Наводиться методика підвищення просторової розрізnenості даних за допомогою відповідного програмного забезпечення, оцінка субпіксельного зміщення пар зображень різночасових даних.

В третьому розділі наведені необхідні алгоритми обробки із покроковим описом дій та опис комплексної методики, що їх поєднує.

Четвертий розділ присвячено оцінці підвищення просторової розрізnenості та інформативності зображень, отриманих в результаті застосування розробленої методики, шляхом аналізу їх функцій передачі модуляції та розробці рекомендацій щодо впровадження методики.

У висновках коротко викладено особливості розроблених методів та наведено кількісні показники їх ефективності.

Основні результати дисертаційних досліджень досить повно опублікована 21 робота, у тому числі: у фахових виданнях, що внесені до Переліку наукових фахових видань України з технічних наук – 6 (з яких дві включено у наукометричні бази “РИНЦ” та Scopus); 1 патент на винахід; 14 – у збірниках матеріалів і тез доповідей вітчизняних та міжнародних конференцій.

Дисертація написана зрозумілою мовою, вона має строгу логічну структуру та необхідну деталізацію викладення матеріалу. Зміст автореферату повністю відображає зміст, основні положення та результати дисертаційної роботи. Він характеризує актуальність, мету і задачі дослідження, наукову новизну, обґрунтованість і практичну значимість

отриманих здобувачкою результатів, добре описує структуру і основний зміст роботи, публікації та аprobacію.

Проте, за змістом і результатами дисертаційного дослідження є ряд зауважень:

1. У розділі 2 блок-схема проходження сигналу та шумів через тракт ОЕС (с. 81) та їх математичний опис є надмірно спрощеним. Краще для отримання інформаційної оцінки використовувати математичний апарат, наведений у монографіях R. Fiete (сучасна теорія формування сигналів у цифрових ОЕС) та Л. А. Міхеєнка (енергетична модель цифрових камер).

2. У розділі 3 опис 6 алгоритмів треба було доповнити доказами того, що саме запропоновані алгоритми є найкращими використовуючи математичний апарат, логічне обґрунтування чи порівняння з існуючими алгоритмами.

3. У розділі 4 при розрахунку функції передачі модуляції (ФПМ) треба враховувати не тільки розмір фоточутливого елемента, а також просторовий період цих елементів (с. 123). Це дозволяє отримати більш точні результати. Також треба було пояснити появу максимуму експериментально отриманої ФПМ на високих просторових частотах (с. 124), (Додаток Ж). Можливо, що максимум зумовлений впливом високочастотних шумів біля межі пропускання ОЕС. Тобто відносити його до складу ФПМ не є коректним.

4. Рукопис містить надмірну кількість підпунктів, наприклад розділ 2 має 15 підпунктів (с. 10, 11). Назва деяких підпунктів є дуже довгою – наприклад, назва підпункту на с. 133 містить 18 слів у 4 рядках. А кількість висновків до дисертації – 12 – значно перевищує кількість поставлених завдань, що дорівнює 6 (с. 144 – 147).

5. Рукопис декілька граматичних помилок (с. 40, 82 та інші), невдале форматування таблиць (с. 29, 123, 127, 134) та сторінок (с. 45), технічні помилки з записі формул дискретного перетворення Фур'є (2.21), (2.24),

(2.26), (2.27), де замість константи 2π треба було писати комплексну константу $2\pi j$.

Не зважаючи на зазначені недоліки, дисертаційна робота М. С. Лубського є одноособовою завершеною кваліфікаційною працею, в якій отримано нові наукові результати, що вирішують актуальну наукову задачу, а саме – розробку нових методів та методики підвищення інформативності зображень просторових розподілів теплового поля за даними інфрачервоних ОЕС космічного базування.

Вважаю, що дисертаційна робота "Методика підвищення інформативності інфрачервоного аерокосмічного знімання на основі субпіксельної обробки сигналів" відповідає вимогам щодо кандидатських дисертацій з технічних наук, а її автор – Лубський Микола Сергійович заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.07.12 – Дистанційні аерокосмічні дослідження.

Офіційний опонент

професор кафедри оптичних та оптико-електронних приладів

Національного технічного університету України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

доктор технічних наук

В. М. Боровицький

12 травня 2017 р.

Підпис завіряю

Вчений секретар КПІ ім. Ігоря Сікорського

А. А. Мельниченко

