

Голові спеціалізованої вченої ради
Д 26.162.03 Державної установи
“Науковий центр аерокосмічних
досліджень Землі Інституту
геологічних наук НАН України”
академіку НАН України ЛЯЛЬКУ В.І.

вул. О. Гончара, 55-б, м. Київ, 01054

ВІДГУК

офіційного опонента

проводного наукового співробітника Державного науково-дослідного
інституту авіації кандидата технічних наук старшого наукового співробітника
Пономаренка Сергія Олексійовича на дисертаційну роботу Лубського
Миколи Сергійовича на тему “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

Актуальність теми дисертаційної роботи

В сучасному суспільстві зростає необхідність вирішення задач дослідження великих міст і урбанізованих територій. Ці об'єкти дослідження є джерелами значного теплового випромінювання і для їх вивчення доцільно використовувати карти просторового розподілу температур поверхні Землі. Особливо інформативними для зазначених задач є карти довгохвильової області інфрачервоного діапазону (8-14 мкм).

Проте, із-за фізичних обмежень, які обумовлені природою інфрачервоного випромінювання (порівняно велику довжину хвилі та низьку

енергію випромінювання) отримання іконічних даних високої просторової розрізненості в цьому діапазоні електромагнітних хвиль є проблематичним. Тому на сьогодні відсутні космічні системи дистанційного зондування Землі, що здатні надавати знімки у довгохвильовій області інфрачервоного діапазону із просторовою розрізненістю, порівняною із даними видимого та ближнього інфрачервоного діапазону.

Зараз наявні супутникові дані видимого та ближнього інфрачервоного діапазону із просторовою розрізненістю <1 м, в той час як в області 8-14 мкм в доступні дані із просторовою розрізненістю лише 100 м і гірше, а переважна більшість космічних систем ДЗЗ (MODIS, AVHRR, VIIRS та ін.) надають дані із просторовою розрізненістю ≈ 1 км.

Таким чином, в умовах постійного підвищення актуальності даних інфрачервоного діапазону та розширення спектру їх застосування залишається невирішеною проблема низької інформативності кінцевих результатів їх обробки і фактичною непридатністю для вирішення низки актуальних задач, зокрема картування територій із високою гетерогенністю типів поверхонь (наприклад, урбанізованого середовища). І навіть у випадку технологічного вдосконалення систем такого роду задача підвищення інформативності наявних архівних даних потребує їх додаткової спеціальної програмної обробки.

Саме тому дисертаційна робота Лубського М.С. на тему “Методика підвищення інформативності інфрачервоного аерокосмічного знімання на основі субпіксельної обробки сигналів” є актуальну, оскільки в ній запропонована програмна обробка даних дистанційного зондування, що дозволяє підвищити просторову розрізненість результуючих зображень та, відповідно, їх інформативність.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність

Зміст дисертації складається із анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків до кожного із розділів та усієї роботи загалом, 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 в які включено 21 рисунок і 11 таблиць.

Вступ присвячено обґрунтуванню актуальності теми дисертаційного дослідження, представлено постановку наукової задачі, зв'язок роботи із науковими програмами, планами та темами, мету роботи, предмет та об'єкт, висвітлено поставлені задачі та методи їх розв'язання. Також описана наукова новизна, практична реалізація та апробація результатів.

У першому розділі виконано огляд існуючих методів обробки та підвищення інформативності даних довгохвильового інфрачервоного діапазону, систем дистанційного зондування довгохвильового інфрачервоного діапазону, методів розрахунку температури земної поверхні за допомогою даних дистанційного зондування, визначення розподілу коефіцієнтів теплового випромінювання земної поверхні за допомогою даних дистанційного зондування та субпіксельної обробки та відновлення зображень підвищеної розрізненості. Зроблена постановка завдання дисертаційного дослідження.

У другому розділі виконана розробка методів розрахунку температурного поля, яка включає в себе обґрунтування вибору джерел даних та їх характеристику, попередню обробку даних, побудову моделі радіаційного переносу та усунення впливу атмосферних ефектів на випромінювання, розрахунок розподілу значень коефіцієнта теплового випромінювання земних покривів із застосуванням даних червоного та ближнього інфрачервоного діапазонів та власне розрахунок температури за даними дистанційного знімання. За рахунок отримання розподілу коефіцієнта теплового випромінювання на основі даних вищої просторової розрізненості у порівнянні із даними теплового знімання окрім усунення невизначеності коефіцієнта теплового випромінювання досягається підвищення просторової розрізненості отриманого зображення розподіл температури. Описана залежність інформативності даних аерокосмічного знімання від їх просторової розрізненості та метод підвищення просторової

розрізненості на основі пар субпіксельно зміщених зображень коефіцієнтів теплового випромінювання, за рахунок чого досягається додаткове підвищення просторової розрізненості.

Третій розділ присвячено опису алгоритмів обробки потоків даних. Описано методику підвищення просторової розрізненості різночасових зображень температурного поля в просторово-частотній області на основі розроблених алгоритмів.

У четвертому розділі увагу приділено оцінці ефективності розробленої методики шляхом перевірки на 24 зображеннях, отриманих супутниковою системою Landsat-8. Виконано порівняльні оцінки функції передачі модуляції вхідних і результатуючих зображень теплових полів. Доведено її працевздатність та корисність при аналізі даних супутникового знімання в довгохвильовому інфрачервоному діапазоні. Паралельно виконано розрахунок підвищення інформативності та приріст показника мінімальної розрізнювальної різниці температур. Отримані результати демонструють досить високу ефективність при вирішенні задачі підвищення просторової розрізненості зображень розподілу температури земної поверхні та їх інформативності.

Таким чином, дисертація Лубського М.С. – це одноосібно написана завершена кваліфікаційна наукова праця, яка містить сукупність результатів і наукових положень, поданих для публічного захисту. Вона характеризується логічним викладенням, цілісністю та внутрішньою єдністю і свідчить про особистий внесок автора у конкретний науковий напрям. За своїм змістом та отриманими результатами дисертація відповідає паспорту спеціальності 05.07.12 – дистанційні аерокосмічні дослідження.

Зв'язок з науковими програмами та планами

Дисертаційна робота виконана у Державній установі “Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України” відповідно до планів науково-дослідних робіт цієї організації з 2013 по 2017 роки за десятьма темами, зокрема такими, як “Методологія комплексного

геоінформаційного аналізу матеріалів аерокосмічних спостережень Землі і наземних даних в інтересах підвищення ефективності природокористування” (№ держреєстрації 0111U000030), “Створення прототипу бібліотеки коефіцієнтів відбиття і теплового випромінювання типових об'єктів і фонів у дальньому інфрачервоному діапазоні” (№ держреєстрації 0115U003675), та іншими.

Достовірність отриманих результатів

Достовірність отриманих результатів забезпечується коректністю постановки наукового завдання, використанням у роботі апробованого математичного апарату, врахуванням основних фізичних факторів, які впливають на якість супутниковых знімків, а також відомих математичних моделей впливу атмосфери та теплового випромінювання.

Наукова новизна одержаних результатів

Наукова новизна результатів, отриманих здобувачем, полягає у такому:

1. Вперше розроблено комплексну дворівневу методику підвищення просторової розрізненості результатів обробки зображень теплового поля, отриманих за допомогою даних дистанційного зондування Землі. На першому рівні підвищення просторової розрізненості досягається шляхом залученням даних розподілу коефіцієнта теплового випромінювання, що отримані за рахунок обробки зображень видимого та близького інфрачервоного діапазону, а на другому рівні - за рахунок субпіксельної обробки пар різночасових розподілів інваріантних даних (коєфіцієнта теплового випромінювання) та подальшого відновлення зображень теплового поля підвищеної просторової розрізненості.

2. Розроблено новий метод підвищення просторової розрізненості різночасових 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 (OLI та TIRS).

Отримані наукові результати у сукупності забезпечують досягнення основної мети дослідження – підвищення інформативності космічних зображень довгохвильового інфрачервоного діапазону шляхом розробки дворівневої методики субпіксельної обробки супутниковых даних.

Практична значимість отриманих результатів

Нові наукові результати, отримані в роботі, мають важливе значення для науки і практики. Практична значимість отриманих результатів полягає в тому, що розроблена в роботі методика дозволяє отримувати карти теплового поля значно вищої просторової розрізленості у порівнянні з технічними можливостями нині існуючих сенсорів довгохвильового інфрачервоного випромінювання, що дає можливість більш детального дослідження територій із високою гетерогенністю поверхонь, таких як урбанізовані території та великі міста.

Повнота викладення наукових положень, висновків та рекомендацій в опублікованих працях

Основні результати дисертаційного дослідження з достатньою повнотою викладено у 21 роботі, серед яких: у фахових виданнях, що внесені до Переліку наукових фахових видань України з технічних наук – 6, з яких дві включено у наукометричні бази РІНЦ та Scopus, 1 патент на винахід, 14 опубліковано у збірниках матеріалів і тез доповідей вітчизняних та міжнародних конференцій в тому числі англійською мовою.

Мова та стиль

Дисертація написана сучасною науковою українською мовою. Стиль викладення матеріалів досліджень та наукових положень логічний і зрозумілий, в цілому він забезпечує доступність та легкість сприйняття отриманих результатів.

Зміст автореферату та його оформлення

Зміст автореферату відповідає змісту дисертації та достатньою мірою відображає усі головні елементи дисертації: опис стану проблеми, відомі

шляхи її вирішення, технологія визначення температури та коефіцієнта теплового випромінювання за даними дистанційного зондування, опис двоетапної методики підвищення просторової розрізненості даних та результати оцінки приросту просторової розрізненості та інформативності.

Стиль викладення матеріалів – доказовий, має логічну послідовність і завершеність, забезпечує доступність та легкість сприйняття викладених наукових положень.

Недоліки та зауваження дисертаційної роботи

До поданої дисертаційної роботи є такі зауваження:

1. В дисертаційній роботі не приведено обґрунтування максимально допустимого зсуву зображень, що використовуються для підвищення інформативності аерокосмічних знімків далекого інфрачервоного діапазону на основі субпіксельної обробки сигналів.

2. В дисертаційній роботі не обґрунтовано вибір узагальненої моделі впливу атмосфери на сонячне випромінювання, що використовується при коригуванні впливу атмосфери на випромінювання.

3. З тексту дисертації не зрозуміло, які фізичні процеси чи явища забезпечують можливість вибору вказаних у п. 2.2.2. припущенів щодо меж вегетативного індексу NDVI при визначенні розподілу залежності коефіцієнта теплового випромінювання земних покровів від цього індексу для поверхонь, що відрізняються від рослинних покриттів та відкритого ґрунту. Також для цієї процедури не вказано тип сплайну, що використовується (квадратичний, кубічний чи інший).

4. В дисертаційній роботі використано дуже спрощену процедуру радіометричного калібрування даних космічного знімання лише шляхом використання показників підсилення та зміщення із анотаційного файлу метаданих.

5. З дисертаційної роботи не зрозуміло, чи можуть в запропонованій методиці обробки даних космічного знімання для отримання зображення теплового поля підвищеної просторової розрізненості у якості вхідних зображень одночасно використовуватись архівні і актуальні зображення

видимого та інфрачервоного діапазону.

6. Схема обробки даних космічного знімання для отримання зображення теплового поля підвищеної просторової розрізnenості (рис. 3.1 в дисертації) приведена з використанням позначень (наприклад, NVEpsi, AF, PR), що відрізняються від позначень використаних алгоритмів (наприклад, алгоритм 3.4, крок 5), що ускладнює вивчення двоетапної методики на схемі.

7. У тексті дисертаційної роботи і авторефераті зустрічаються окремі стилістичні неточності (наприклад, до опису формули (2.2) в дисертації включені зайві параметри, які у формулі не використовуються, а саме постійна Планка, швидкість світла у вакуумі та постійна Больцмана; у формулі (1.1) в дисертациї використано “ B^{-1} – обернена формула Планка”, замість “ B^{-1} – обернена константа Планка”) і граматичні помилки.

Вказані недоліки та зауваження не знижують наукової і практичної цінності дисертаційного дослідження Лубського М.С в цілому, що підтверджено впровадженнями основних положень дисертації в рамках виконання завдань Державної цільової науково-технічної космічної програми України на 2013–2017 роки.

Висновок про дисертацію в цілому та відповідність її вимогам МОН України

Дисертація Лубського М.С. є завершеною науковою роботою, якій характерна єдність змісту. Вона виконана відповідно до вимог державного стандарту і містить нові науково-обґрунтовані результати, що забезпечують розв’язання основної науково-практичного завдання роботи, яке полягає у розробці нових методів та технологій підвищення просторової розрізnenості даних довгохвильового інфрачервоного діапазону для підвищення інформативності зображень просторових розподілів теплового поля за матеріалами супутникового інфрачервоного знімання.

ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

Дисертаційна робота Лубського Миколи Сергійовича “Методика підвищення інформативності інфрачервоного аерокосмічного знімання на основі субпіксельної обробки сигналів” є завершеною науковою роботою на

актуальну тему, що виконана особисто у вигляді спеціально підготовленого рукопису. Вона містить нові науково обґрунтовані теоретичні результати і положення та свідчить про значний особистий внесок у розвиток та практичне застосування методів дистанційних аерокосмічних досліджень.

Дисертаційна робота відповідає паспорту спеціальності 05.07.12 – дистанційні аерокосмічні дослідження, а її автор заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за вказаною спеціальністю. За глибиною, теоретичною обґрунтованістю та практичною цінністю дисертація відповідає вимогам «Порядку присудження наукових ступенів» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 із змінами, внесеними згідно з постановою Кабінету Міністрів України від 19 серпня 2015 р. № 656, які висуваються до дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук.

Офіційний опонент:

Провідний науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту авіації кандидат технічних наук старший науковий співробітник

С.О. ПОНОМАРЕНКО

“09” жовтня 2017 року

Підпис ПОНОМАРЕНКА С.О. завіряю:

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради СРД 26.703.01

кандидат технічних наук доцент



С.В. ПАЩЕНКО

“09” жовтня 2017 року