

УДК 004:528.71

Гнатушенко В. В.¹, Кавац О. О.², Шевченко В. Ю.³

¹Д-р техн. наук, професор, професор кафедри інформаційних технологій і систем Національної металургійної академії України, м. Дніпропетровськ, Україна

²Канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри інформаційних технологій і систем Національної металургійної академії України, м. Дніпропетровськ, Україна

³Аспірант Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара, м. Дніпропетровськ, Україна

ПІДВИЩЕННЯ ПРОСТОРОВОГО РОЗРІЗНЕННЯ БАГАТОКАНАЛЬНИХ АЕРОКОСМІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ ВИСОКОГО ПРОСТОРОВОГО РОЗРІЗНЕННЯ НА ОСНОВІ ГІПЕРСФЕРИЧНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ

У роботі вирішено актуальне завдання розробки інформаційної технології підвищення візуальної якості багатоканальних аерокосмічних зображень високого просторового розрізнення. Об'єктом дослідження є процес злиття панхромного та мультиспектрального фотографічних сканерних зображень, отриманих координатно-чутливими сенсорами у видимому та інфрачервоному діапазонах електромагнітного проміння. Предмет дослідження становлять методи попередньої та синергетичної обробки багатоканальних даних для поліпшення якості результуючого зображення та зменшення кольорових спотворень. Мета роботи: автоматизоване підвищення просторового розрізнення первинного багатоканального зображення та в порівнянні з існуючими методами усунення спектральних спотворень в локальних областях. Крім того, запропонована технологія дозволить ефективно проводити подальше розпізнавання й оперативний моніторинг об'єктів інфраструктури. У роботі запропоновано нову інформаційну технологію злиття багатоканальних аерокосмічних зображень на основі HSV-конвертування і гіперсферичного перетворення кольору, що дозволяє поліпшити просторове розрізнення первинного цифрового зображення й уникнути спектральних спотворень. Це досягається, зокрема, за рахунок попередньої еквалізації первинних знімків, оброблення даних у локалізованих спектральних базисах, оптимізованого за інформаційними характеристиками, та використання інформації, яку містить зображення інфрачервоного діапазону. Розроблено програмне забезпечення, що реалізує запропонований підхід. Проведено експерименти з дослідження властивостей запропонованого алгоритму. Експериментальні оцінки проведені на восьмиканальних зображеннях, отриманих супутником WorldView-2. Результати тестування підтвердили, що запропонований підхід дозволяє досягти високої спектральної та просторової якості багатоканальних зображень та перевершує існуючі методи.

Ключові слова: сканерне зображення, вейвлет-перетворення, гіперсферичне перетворення, інформативність, злиття.

НОМЕНКЛАТУРА

ERGAS – relative Dimensionless Global Error;

HCT – hyperspherical color transform;

HSV – hue, saturation, value;

ICA – independent component analysis;

MUL – multispectral image;

NIR – near infrared channel;

SSIM – structure similarity;

PAN – panchromatic image;

RGB – red, green, blue;

ДЗЗ – дистанційне зондування Землі;

КА – космічний апарат;

I – інтенсивність яскравості;

θ – кутові змінні;

$Band$ – канали мультиспектрального зображення;

N – номер каналу зображення.

ВСТУП

Методологія обробки і дешифрування даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) давно і добре опрацьована. Широкий комерційний доступ до супутникових даних високого розрізнення відкрив багато нових можливостей для їх використання. Типовий набір даних з апаратури ДЗЗ, встановленої на супутниках, включає мультиспектральне зображення (MUL) в трьох і більше каналах видимого та інфрачервоного діапазонів і панхромне зображення (PAN) у видимому діапазоні [1]. Панхромне зображення має зазвичай більш високу просторову роздільну здатність, ніж мультиспектральне. Актуальною областю сучасних наукових досліджень є синергетична обробка (злиття) таких

фотограмметричних даних декількох каналів з метою одержання штучного зображення із покращеними показниками інформативності у порівнянні із первинними знімками та їх подальший аналіз [1–4].

На сьогоднішній день одними із найсучасніших супутників високого просторового розрізнення є WorldView-2 та WorldView-3. Апаратура цих супутників має дуже схожі технічні характеристики. Мультиспектральний сенсор VNIR WorldView-3 незначно відрізняється своїми можливостями від сенсора WorldView-2, відмінність – тільки в трохи більшому розрізненні. КА WorldView-3 дозволяє вести космічну зйомку з роздільною здатністю до 0,31 м. У багатоспектральному режимі роздільна здатність системи становить 1,2 м, а в ближній ІЧ-ділянці спектра – 3,7 м. Додавання нового ІЧ-діапазону зажадало включення додаткового 8-канального модуля з ІЧ-детекторами в конструкцію оптичної системи супутника. Зазначимо, що знімки WorldView-3 вже зробили свій вплив на Міністерство торгівлі США, яке прийняло рішення зняти обмеження, що розповсюджувалися на комерційне використання супутникових фотографій, на яких відображені об'єкти з фізичними розмірами менше 50 см. Вже сьогодні DigitalGlobe може продавати зображення з 40-сантиметровим розрізненням, а в наступному році компанія отримає дозвіл на продаж знімків з роздільною здатністю до 31 см. Останні дослідження показали, що 8-канальна зйомка впевнено забезпечує підвищення точності дешифрування на 15–30% порівняно з традиційною 4-канальною зйомкою [5]. Але існуючі рішення проблеми підвищення інформативності первинних багато-

каналних даних орієнтовані переважно на збільшення їх візуальної якості без урахування фізичних механізмів фіксації видової інформації, розроблялися для мульти-спектральних знімків оптичного діапазону і тому мають ряд недоліків, основними з яких є суттєві колірні спотворення зображень [1–4]. Таким чином виникає необхідність розробки нових методів обробки первинних восьмиканальних аерокосмічних зображень для якісного і кількісного збільшення їх інформативності.

Метою роботи є розробка нової технології автоматизованого підвищення просторового розрізнення первинного багатоканального зображення й усунення спектральних спотворень в локальних областях.

1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

У якості вхідних даних використовуються восьмиканальні знімки супутника WorldView-2. Необхідно розробити нову технологію підвищення інформативності аерокосмічних зображень, що дозволить одержати багатоспектральні зображення більш високого просторового розрізнення без втрати спектральної інформації. Основою технології є гіперсферичне перетворення кольору. Алгоритм поєднає в собі переваги заміщення компонент і багатомасштабного аналізу. Будуть отримані кількісні оцінки якості синтезованих мультиспектральних зображень такі як: ентропія, SSIM, ERGAS, Quality index та інші [6, 7]. Зазначені метрики дозволять оцінити якісні показники первинного та обробленого зображень.

2 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Аерокосмічні зображення фіксованого об'єкту (сцени), одержані у різних спектральних інтервалах, мають різну просторову та радіометричну розрізненість і внаслідок цього суттєво розрізняються за просторовими розподілами яскравості. Разом з тим, кожне таке зображення має окрему інформаційну значущість щодо подання характеристик об'єкту (сцени).

Використання кольору для відображення даних ДЗЗ є одним із найбільш важливих аспектів, що пов'язані з обробкою зображення. Колір можна використовувати не тільки для відображення мультиспектральних знімків, але і для вилучення з них необхідної інформації (розпізнавання).

При описі сприйняття кольорового зображення, як правило, не користуються такими поняттями як відносна доля червоного, зеленого чи синього кольору. Саме тому вихідні кольорові компоненти RGB корисно перетворювати у компоненти, що відповідають тону, насиченості та інтенсивності (HSV). Саме таке перетворення є основою відомих методів підвищення якості цифрових зображень [1–5, 8].

Нажаль окреме використання існуючих методів підвищення просторового розрізнення багатоканальних зображень, таких як HSV, ICA, Color Normalized Brovey, Grama-Schmidt, PC Spectral Sharpening, не дає прийняттого результату [6, 8 10].

Спільною та основною проблемою, пов'язаною зі злиттям сканерних зображень, отриманих сучасними аерокосмічними системами, є істотне колірне порушення. Причиною таких спотворень є той факт, що існуючі алгоритми головним чином розроблялися для об'єднання зображень супутника SPOT. На відміну від відповідних харак-

теристик зазначеного космічного апарату довжина панхром-хвилі сучасних супутників (IKONOS, QuickBird, Worldview-2 та ін.) була розширена від видимого до ближнього інфрачервоного діапазону.

Найбільш близькою до нашого дослідження є робота [11], але в ній автори не використовують перехід до HSV-простору, здійснюють за іншим правилом заміну яскравісної компоненти при гіперсферичному перетворенні та застосовують «a trous» – алгоритм, що в разі значних відмінностей контрастних характеристик первинних зображень неминуче призводить до посилення неінформативної шумової складової одного зображення до рівня суттєвих структурних особливостей іншого зображення.

3 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

В даній роботі ми пропонуємо алгоритм, заснований також на гіперсферичному перетворенні (НСТ), який вільний від зазначених вище недоліків і здатний ефективно працювати з будь-якою кількістю вхідних каналів мультиспектрального зображення. Крім того, на окремих кроках технології реалізовані такі методи обробки, як зважене усереднення, адаптивна гістограмна еквалізація, метод HSV та пакетне вейвлет-перетворення. Схема запропонованого алгоритму подана на рис. 1. Розглянемо основні етапи перетворення первинних багатоканальних зображень.

1. Завантажуємо фотограмметричні знімки супутника WorldView-2: панхромне – PAN, мультиспектральне – MUL (Coastal, Blue, Green, Yellow, Red, Red Edge, NIR1, NIR 2).

2. Виконуємо масштабування мультиспектрального (MUL) зображення до розмірів панхромного (PAN) знімка методом інтерполяції зі згладжувальним фільтром, що створює піксель як середньозважене пікселів, що містяться в області, яка опинилася під фільтром. Цей процес формує зображення з плавними переходами в сірому рівні [1].

3. Оскільки характерною рисою більшості фотограмметричних зображень є значна питома вага темних ділянок і порівняно мале число ділянок з високою яскравістю, тому наступним етапом пропонується провести еквалізацію мультиспектрального і панхромного зображень, за допомогою якої коригуємо первинні зображення, вирівнявши інтегральні площі ділянок з різними яскравостями. Пропонуємо використовувати адаптивну гістограмну еквалізацію [10].

4. Перетворюємо зображення з формату RGB в кольорову систему HSV [9]. Для панхромного зображення таке перетворення здійснюється з попереднім вибором у якості окремих R-, G-, B-компонент полутонового PAN-зображення. Для мультиспектрального зображення таке перетворення здійснюється з попереднім вибором у якості окремих R-, G-, B-компонент відповідних зображень 5-го, 3-го та 2-го каналів.

5. Замінюємо яскравісну V-компоненту мультиспектрального зображення MUL_{HSV} V-компонентом панхромного зображення PAN_{HSV} .

6. Здійснюємо зворотнє перетворення отриманого на попередньому етапі зображення з формату HSV в кольорову систему RGB. Отримане зображення MUL_{RGB} вже буде мати підвищене просторове розрізнення у порівнянні з первинним знімком у натуральних кольорах.

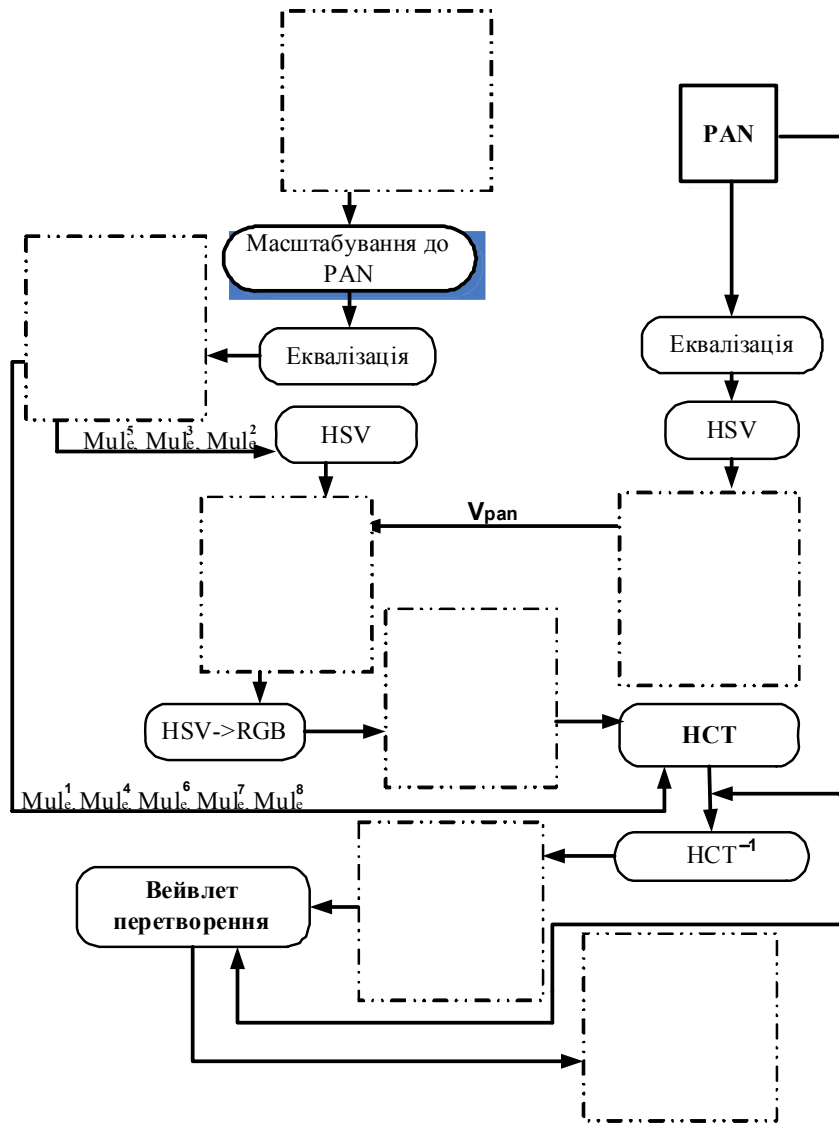


Рисунок 1 – Схема алгоритму

7. Перетворюємо восьмиканальне мультиспектральне зображення, що складається з MUL_{RGB} і зображень 1, 4, 6, 7, 8-го каналів після еквалізації) в гіперсферичний колірний простір, який задається формулами (1)–(4) [11]:

$$I = \sqrt{Band_1^2 + Band_2^2 \dots + Band_N^2}, \quad (1)$$

$$\theta_1 = \arctan \left(\frac{\sqrt{Band_N^2 + Band_{N-1}^2 \dots + Band_2^2}}{Band_1} \right), \quad (2)$$

$$\theta_{N-2} = \arctan \left(\frac{\sqrt{Band_N^2 + Band_{N-1}^2}}{Band_{N-2}} \right), \quad (3)$$

$$\theta_{N-1} = \arctan \left(\frac{Band_N}{Band_{N-1}} \right). \quad (4)$$

8. Замінюємо яскравісну I -компоненту багатоканального зображення панхромним зображенням PAN.

9. Застосовуємо зворотнє HCT-перетворення та отримуємо результат MUL_{HST} за формулами (5)–(8):

$$Band_1 = I \cos \theta_1, \quad (5)$$

$$Band_2 = I \sin \theta_1 \cos \theta_2, \quad (6)$$

$$Band_{N-1} = I \sin \theta_1 \sin \theta_2 \dots \sin \theta_{N-2} \cos \theta_{N-1}, \quad (7)$$

$$Band_N = I \sin \theta_1 \sin \theta_2 \dots \sin \theta_{N-2} \sin \theta_{N-1}. \quad (8)$$

10. Перетворюємо отримане зображення MUL_{HST} в первинну кольорову модель.

11. Застосовуємо вейвлет-перетворення [12]. Розклад відповідних каналів яскравості багатоканального зображення здійснюється до заданого рівня декомпозиції за оптимального пакетного вейвлет-базису у відповідності з обраною функцією інформаційної вартості (критерієм інформативності), обчислюваної відносно коефіцієнтів вейвлет-розкладу вершини-пращура та вершин всіх його нащадків. Далі здійснюємо формоутворення нових складових розкладу згідно з обраним правилом об'єднання

коефіцієнтів, зворотний пакетний вейвлет розклад та перехід до вихідної кольорової метрики [10]. Отримуємо результат RES у вигляді восьмиканального зображення з підвищеним просторовим розрізненням без втрат спектральної інформації.

4 ЕКСПЕРИМЕНТИ

Виконаємо експериментальне дослідження ефективності розробленого методу на основі гіперсферичного перетворення. Для цього будемо використовувати кількісні оцінки якості синтезованих мультиспектральних зображень: ентропія, SSIM, ERGAS, Quality index та ін. [6, 7].

Для реалізації окремих етапів запропонованого алгоритму та його порівняння з відомими методами використовувались програмний продукт для обробки даних ДЗЗ ENVI 5.0 і пакет для інженерних розрахунків Matlab 12.0 [13]. В програмному комплексі ENVI 5.0 використано методи HSV, PCA, Grama-Shmidt, Color Normalized (Brovey) та еквалізація. В пакеті Matlab 12.0 нами програмно реалізовано та здійснено гіперсферичне та вейвлет-перетворення, а також розрахунок кількісних оцінок ефективності методів: ентропії, SSIM, ERGAS, Quality index.

5 РЕЗУЛЬТАТИ

На рис. 2а подано фрагмент панхромного зображення до обробки, на рис. 2б – первинне мультиспектральне зображення з вибором у якості окремих R-, G-, B-компонент відповідних зображень 5-го, 3-го та 2-го каналів. На рис. 2в подано фрагмент мультиспектрального зображення після обробки запропонованим у роботі алгоритмом. Для його RGB-візуалізації також використано 5-й, 3-й та 2-й канали.

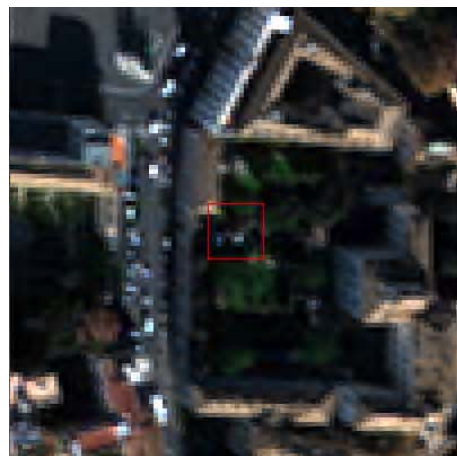
У табл. 1 наведено розраховані значення ентропії, оцінені для первинних мультиспектрального та панхромного зображень, а також для синтезованого багатоканального зображення за запропонованим методом (розмір фрагментів зображень 500×500 пікселів). У табл. 2 наведені значення ERGAS і SSIM для синтезованих мультиспектральних зображень, отриманих окремо відомими методами злиття (PCA, Grama-Shmidt, HSV, Wavelet) і запропонованим у роботі методом.

6 ОБГОВОРЕННЯ

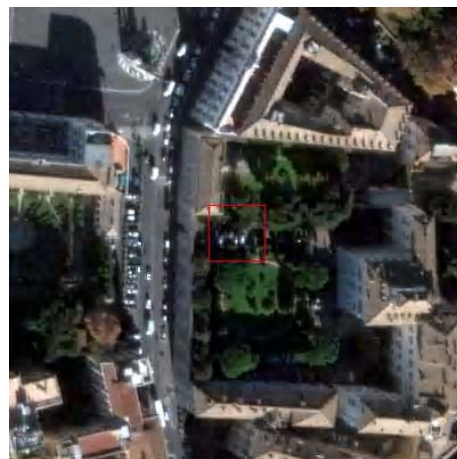
Як видно із табл. 1, запропонований метод дійсно підвищує інформативність мультиспектрального зображення, оскільки значення ентропії в порівнянні з вхідними даними є вищим. З результатів табл. 2 можна бачити, що найефективнішим методом злиття зображень є запропонований метод (RES). На це вказує значення безрозмірної глобальної помилки ERGAS, що є найменшим (ERGAS=1,52) у порівнянні з існуючими методами і свідчить про мінімальну «кількість» спектральних спотворень фотограмметричних сканерних зображень. Про ефективність розробленої технології також свідчать отримані значення індексу SSIM, який визначає структурну схожість двох зображень (еталонного та синтезованого зображення). Структурна схожість розуміється нами як подібність геометричних структур зображень, яка інваріантна до розподілів їхньої яскравості та контрастності. Просторовий розподіл яскравості зображення, отриманого після обробки, зрозуміло, відрізняється від первин-



а



б



в

Рисунок 2 – Фрагменти зображень: а – первинне панхромне, б – первинне мультиспектральне, в – синтезоване після обробки запропонованим алгоритмом

Таблиця 1 – Кількісні значення ентропії

Зображення	Значення ентропії
Панхроматичне (Pan)	7,2932
Мультиспектральне (Mul)	7,2719
Синтезоване зображення (RES)	7,5118

Таблиця 2 – Порівняльний аналіз ефективності методів

Метод	Метрика ERGAS	SSIM
PCA	2,21	0,768
Grana-Shmidt	1,95	0,831
HSV	2,48	0,672
Wavelet	1,89	0,875
Запропонований (RES)	1,52	0,982

ного, що впливає із самого факту обробки, спрямованої на підвищення інформативності видових даних. При цьому принципове значення має збереження структури первинного зображення в обробленому знімку, інваріантному щодо яскравості й контрастності обробленого знімка (як параметрів, які пов'язані з «зовнішніми факторами», наприклад, чутливістю датчика видової інформації). Нами у якості еталонного зображення було взято панхроматичне зображення, що з набору багатоспектральних даних має найбільш високе просторове (структурне) розрізнення.

Таким чином, аналіз результатів свідчить про те, що синтезоване зображення високого просторового розрізнення з максимальною інформативністю забезпечує комплексування саме за запропонованою технологією з попередньою еквалізацією первинних зображень.

ВИСНОВКИ

У роботі вирішено актуальну задачу автоматизованого підвищення просторового розрізнення первинних багатоканальних зображень.

Наукова новизна роботи полягає у розробці нового методу злиття багатоканальних аерокосмічних зображень на основі HSV-конвертування і гіперсферичного перетворення кольору, що дозволяє поліпшити просторову здатність первинного цифрового зображення й уникнути спектральних спотворень в локальних областях. У порівнянні з існуючими методами злиття запропонована інформаційна технологія дозволяє підвищити інформативність багатоканального зображення без істотних кольорних спотворень. Це досягається, зокрема, за рахунок попередньої еквалізації первинних знімків, оброблення даних у локалізованих спектральних базисах, оптимізованого за інформаційними характеристиками, та використання інформації, яку містить зображення інфрачервоного діапазону.

Практична цінність отриманих результатів полягає в тому, що розроблене програмне забезпечення, яке реалізує запропонований метод, дозволяє покращувати інформативність первинного цифрового зображення. Це дозволяє в свою чергу підвищувати достовірність подальшого розпізнавання об'єктів і виділення затінених ділянок на цифровому зображенні високого просторового розрізнення.

Перспективи подальших досліджень полягають у проведеному подальших досліджень, пов'язаних з компенсацією впливу низки факторів, які суттєво впливають на просторову та радіометричну розрізненість багатоканальних аерокосмічних зображень, а також визначенням можливості забезпечення заданої достовірності подальшого розпізнавання об'єктів земної поверхні.

ПОДЯКИ

Роботу виконано в рамках держбюджетної науково-дослідної роботи Міністерства освіти і науки України «Математичні моделі та методи ідентифікації та тематичної обробки багатоспектральних растрових зображень» (№ Держ. реєстрації 0112U000187).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Шовенгедт Р. А. Дистанционное зондирование. Методы и модели обработки изображений / Р. А. Шовенгердт. – М. : Техносфера, 2010. – 560 с.
2. Pohl C. Review article multisensor image fusion in remote sensing: Concepts, methods and applications / C. Pohl, J. L. van Genderen // International Journal Remote Sensing. – 1998. – № 19. – P. 823–854. DOI: 10.1080/014311698215748.
3. A Survey of Classical Methods and New Trends in Pansharpening of Multispectral Images / [I. Amro, J. Mateos, M. Vega, R. Molina, A. K. Katsaggelos] // EURASIP Journal on Advances in Signal Processing. – Vol. 1/79. – P. 79. DOI: 10.1186/1687–6180–2011–79.
4. Zhang J. Multi-source remote sensing data fusion: Status and trends / J. Zhang // International Journal of Image and Data Fusion. – 2010. – № 1. – P. 5–24. DOI: 10.1080/19479830903561035.
5. Padwick C. WorldView-2 pan-sharpening / C. Padwick, M. Deskevich, F. Pacifici, S. Smallwood // ASPRS: Conference, San Diego, California, 26–30 April, 2010: proceedings. – San Diego, 2010. – P. 99–103.
6. Wang Z. Image Quality Assessment: From Error Visibility to Structural Similarity / Z. Wang, A. C. Bovik, H. R. Sheikh, E. P. Simoncelli // IEEE Transactions on Image Processing. – 2004. – Vol. 13, No. 4. – P. 600–612. DOI: 10.1109/TIP.2003.819861.
7. Wald L. Quality of High Resolution Synthesised Images: Is There a Simple Criterion? / L. Wald // Fusion of Earth Data: Merging Point Measurements, Raster Maps and Remotely Sensed Images: Third Conference, Sophia Antipolis, 26–28 January 2000: proceedings. – Sophia Antipolis, France, 2011. – P. 99–103.
8. Zhang Y. An IHS and wavelet integrated approach to improve pan-sharpening visual quality of natural color IKONOS and QuickBird images / Y. Zhang, G. Hong // International Journal of Image and Data Fusion. – 2005. – № 6. – P. 225–234. DOI: 10.1016/j.inffus.2004.06.009.
9. Гнатушенко В. В. Злиття аерокосмічних зображень високого просторового розрізнення на основі HSV-перетворення та вейвлет-декомпозиції / В. В. Гнатушенко, В. Ю. Шевченко // Вісник ХНТУ. – 2014. – № 2 (47). – С. 100–105.
10. Гнатушенко В. В. Інформаційна технологія підвищення просторової розрізненості цифрових супутникових зображень на основі ICA- та вейвлет-перетворень / В. В. Гнатушенко, О. О. Кавац // Вісник Національного університету «Львівська політехніка», серія «Комп'ютерні науки та інформаційні технології». – 2013. – № 771. – С. 28–32.
11. Li X. Hyperspherical color transform based pansharpening method for WorldView-2 satellite images / X. Li, H. Mingyi, L. Zhang // Industrial Electronics and Applications: 8th IEEE Conference, Melbourne, Australia, 19–21 June 2013: proceedings. – Melbourne, 2013. – P. 520. DOI: 10.1109/ICIEA.2013.6566424.
12. Малла С. Вейвлеты в обработке сигналов / Пер. с англ. Я. М. Жилейкина. – М. : Мир, 2005. – 671 с., ил.
13. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB / Р. Гонсалес, Р. Вудс, С. Эддинс. – М. : Техносфера, 2006. – 616 с.

Стаття надійшла до редакції 09.12.2014.
Після доробки 25.12.2014.

Гнатушенко В. В.¹, Кавац О. О.², Шевченко В. Ю.³

¹Д-р техн. наук, професор, професор кафедри інформаційних технологій і систем Національної металургічної академії України, г. Днепропетровск, Україна

²Канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри інформаційних технологій і систем Національної металургічної академії України, г. Днепропетровск, Україна

³Аспірант Днепропетровського національного університету імені Олеся Гончара, г. Днепропетровск, Україна

ПОВЫШЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗРЕШЕНИЯ МНОГОКАНАЛЬНЫХ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ВЫСОКОГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗРЕШЕНИЯ НА ОСНОВЕ ГИПЕРСФЕРИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

В работе решена актуальная задача разработки информационной технологии повышения визуального качества многоканальных аэрокосмических изображений высокого пространственного разрешения. Объектом исследования является процесс слияния панхромного и мультиспектрального фотограмметрических сканерных изображений, полученных координатно-чувствительными сенсорами в видимом и инфракрасном диапазонах электромагнитного излучения. Предмет исследования составляют методы предварительной и синергетической обработки многоканальных данных для улучшения качества результирующего изображения и уменьшения цветовых искажений. Цель работы: автоматизированное повышение пространственного разрешения первичного многоканального изображения и по сравнению с существующими методами устранение цветовых искажений в локальных областях. Кроме того, предлагаемая технология позволит эффективно проводить дальнейшее распознавание и оперативный мониторинг объектов инфраструктуры. В работе предложена новая информационная технология слияния многоканальных аэрокосмических изображений на основе HSV-конвертирования и гиперсферического преобразования цвета, которая позволяет улучшить пространственное разрешение первичного цифрового изображения, избежать при этом спектральных искажений. Это достигается, в частности, за счет предварительной эквализации первичных снимков, обработки данных в локализованных спектральных базисах, оптимизированной по информационным характеристикам, и использования информации, содержащейся в изображении инфракрасного диапазона. Разработано программное обеспечение, реализующее предложенный подход. Проведены эксперименты по исследованию свойств данного алгоритма. Экспериментальные оценки проведены на восьмиканальных изображениях, полученных спутником WorldView-2. Результаты тестирования подтвердили, что предложенный подход позволяет достичь высокого спектрального и пространственного качества многоканальных изображений и превосходит существующие методы.

Ключевые слова: сканерное изображения, вейвлет-преобразование, гиперсферическое преобразования, информативность, слияние.

Hnatushenko V. V.¹, Kavats O. O.², Shevchenko V. Yu.³

¹Dr. of Sc., Professor, Professor of Department of Information Technologies and Systems, National Metallurgical Academy of Ukraine, Dnepropetrovsk, Ukraine

²PhD, Associate Professor, Associate Professor of Department of Information Technologies and Systems, National Metallurgical Academy of Ukraine, Dnepropetrovsk, Ukraine

³Post-graduate student, Dnipropetrovsk National University named by Oles Honchar, Dnepropetrovsk, Ukraine

IMPROVEMENT THE SPATIAL RESOLUTION OF MULTICHANNEL AEROSPACE HIGH SPATIAL RESOLUTION IMAGES ON THE BASE OF HYPERSPHERICAL TRANSFORM

In this paper we solve an actual problem of development of information technology to improve the visual quality of multi-channel space images of high spatial resolution. The object of the research is the process of fusing panchromatic and multispectral photogrammetric images obtained coordinate-sensitive sensors in the visible and infrared regions of the electromagnetic radiation. The subject of research are methods make preliminary and synergistic multi-channel data processing to improve the quality of the resulting image and reduce the color distortion. The purpose of the work is to increase the spatial resolution of the automated primary multi-channel images and compared with existing methods of eliminating color distortion in the local areas. In addition, the proposed technology will effectively carry out further recognition and real-time monitoring infrastructure. In the paper we propose a new information pansharpening technology based on HSV-converting and hyperspherical color conversion, which allows not only to improve the spatial resolution of the primary digital image, but also avoid the spectral distortion. This is achieved, in particular, by image pre-equalization, data processing localized spectral bases, optimized performance information, and the information contained in the infrared image. The software implementing proposed method is developed. The experiments to study the properties of the proposed algorithm are conducted. Experimental evaluation performed on eight-channel images obtained WorldView-2 satellite. Test results confirmed that the proposed approach can achieve high spectral and spatial quality multichannel images and outperforms existing methods.

Keywords: scanner images, the wavelet transform, hyperspherical color transform, informative, pansharpening.

REFERENCES

- Shovengedt R. A. Distancionnoe zondirovanie. Metody i modeli obrabotki izobrazhenij. Moscow, Tehnosfera, 2010, 560 p.
- Pohl C. J., Van Genderen L. Review article multisensor image fusion in remote sensing: Concepts, methods and applications, *International Journal Remote Sensing*, 1998, No. 19, pp. 823–854. DOI: 10.1080/014311698215748.
- Amro I., Mateos J., Vega M., Molina R., Katsaggelos A. K. A Survey of Classical Methods and New Trends in Pansharpening of Multispectral Images, *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*, Vol. 1/79, P. 79. DOI: 10.1186/1687-6180-2011-79.
- Zhang J. Multi-source remote sensing data fusion: Status and trends, *International Journal of Image and Data Fusion*, 2010, No. 1, pp. 5–24. DOI: 10.1080/19479830903561035.
- Padwick C., Deskevich M., Pacifici F., Smallwood S. WorldView-2 pan-sharpening, *ASPRS: Conference*, San Diego, California, 26–30 April, 2010: proceedings. San Diego, 2010, pp. 99–103.
- Wang Z., Bovik A. C., Sheikh H. R., Simoncelli E. P. Image Quality Assessment: From Error Visibility to Structural Similarity, *IEEE Transactions on Image Processing*. 2004, Vol. 13, No. 4, pp. 600–612. DOI: 10.1109/TIP.2003.819861.
- Wald L. Quality of High Resolution Synthesised Images: Is There a Simple Criterion? *Fusion of Earth Data: Merging Point Measurements, Raster Maps and Remotely Sensed Images: Third Conference*. Sophia Antipolis, 26–28 January 2000, proceedings. Sopia Antipolis, France, 2011, pp. 99–103.
- Zhang Y., Hong G. An IHS and wavelet integrated approach to improve pan-sharpening visual quality of natural color IKONOS and QuickBird images, *International Journal of Image and Data Fusion*, 2005, No. 6, pp. 225–234. DOI: 10.1016/j.inffus.2004.06.009.
- Hnatushenko V. V., Ju V. Shevchenko Zlittja aerokosmichnih zobrazhen' visokogo prostorovogo rozrizenennja na osnovi HSV-peretvorenija ta vejlvet-dekompozicii, *Visnik HNTU*, 2014, No. 2 (47), pp. 100–105.
- Hnatushenko V. V., Kavac O. O. Informacijna tehnologija pidvishennja prostorovoї rozrizenosti cifrovih sputnikovih zobrazhen' na osnovi ISA- ta vejlvet-peretvoren', *Visnik Nacional'nogo universitetu «L'vivs'ka politehnika», serija «Komp'juterni nauki ta informacijni tehnologii»*, 2013, No. 771, pp. 28–32.
- Li Xu, Mingyi He, Zhang Lei Hyperspherical color transform based pansharpening method for WorldView-2 satellite images, *Industrial Electronics and Applications: 8th IEEE Conference, Melbourne, Australia, 19–21 June 2013: proceedings*. Melbourne, 2013, pp. 520. DOI: 10.1109/ICIEA.2013.6566424.
- Malla S. Vejlveti v obrabotke signalov. Per. s angl. Ja. M. Zhilejkina. Moscow, Mir, 2005, 671 p.
- Gonsales R., Vuds R., Jeddins S. Cifrovaja obrabotka izobrazhenij v srede MATLAB. Moscow, Tehnosfera, 2006, 616 p.