

УДК 528.71

В.В. Гнатушенко, Л.С. Загородня, В.Ю. Шевченко, В.С. Хімель
**КОМП'ЮТЕРНА ТЕХНОЛОГІЯ ПІДВИЩЕННЯ
ІНФОРМАТИВНОСТІ СКАНЕРНИХ ДАНИХ ДЗЗ**

Анотація. У роботі запропоновано нову технологію підвищення інформативності сканерних зображень на основі використання ІСА-, вейвлет-перетворень та використання попередньої еквалізації. Тестування даного алгоритму підтвердило його високу ефективність при обробці цифрових зображень, отриманих сучасними аерокосмічними системами.

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

Постановка проблеми

Впроваджувані в зростаючому обсязі в дистанційне зондування сканерні методи мають суттєві переваги перед аерокосмічної фотозйомкою. У той час як спектральний діапазон зйомок фотографічними способами обмежений видимим і ближнім інфрачервоним випромінюванням (0,4-0,9 мкм), сканерні методи передбачають зйомку в широкому діапазоні спектра сонячного випромінювання — від ультрафіолетового до теплового інфрачервоного (0,3-14 мкм). Сучасні супутникові системи отримують знімки з високою оперативністю, щоденною періодичністю і регулярним потоком даних, що відкриває нові можливості для удосконалення існуючих методів та алгоритмів обробки космічних знімків. Актуальною областю сучасних наукових досліджень є синергетична обробка (злиття) таких даних декількох каналів з метою одержання штучного зображення із покращеними показниками інформативності у порівнянні із первинними знімками та їх подальший аналіз.

Аналіз останніх досліджень

На даний час існують різні методи об'єднання фотограмметричних зображень, що дозволяють підвищити інформативність мульти-спектральних знімків: засновані на перетвореннях HIS, PCA, Wavelet, Color Normalized (Brovey), ICA, Gram-Schmidt та ін. [1-4]. Разом з тим, використання окремо зазначених алгоритмів як правило

призводить до кольорових спотворень та появи затінених ділянок знімка.

Формулювання цілей статті (постановка завдання)

Таким чином, виникає необхідність розробки технології комплексування багатоканальних даних для отримання синтезованого зображення з поліпшеними характеристиками дешифрування (інформативності) і з відсутністю кольорових спотворень на одержуваному знімку.

Основна частина

Запропонована технологія синтезує кілька етапів перетворень первинних мультиспектрального і панхроматичного зображень. Схема нової технології комплексування цифрових багатоканальних зображень представлена на рис. 1.

Характерною рисою більшості фотограмметричних зображень є значна питома вага темних ділянок і порівняно мале число ділянок з високою яскравістю. Тому першим етапом пропонується провести еквалізацію мультиспектрального і панхромного зображень, за допомогою якої коригуються початкові зображення. Далі створюються повнокольорові зображення, значення пікселів яких представлені в кольоровій системі HSV (hue - колірний тон, saturation - насиченість, volume - яскравість) HSVmul, HSVpan [2]. Одним з найбільш перспективних і потужних математичних апаратів для злиття аерокосмічних зображень є вейвлет-перетворення. До яскравісної компоненти V застосовується вейвлет-перетворення, схема якого представлена на рис. 2. Застосування вейвлетів відрізняється утворюючими вейвлет-базисами та різними принципами відносно вибору правил об'єднання деталізуючих (низькочастотних) складових. У роботі використовується дискретне вейвлет-перетворення Добеши. Після вейвлет-обробки здійснюється зворотне перетворення зображення до кольорового простору RGB.

Наступним кроком для визначення статистично-незалежних ознак об'єктів, виділення і відображення їх спектрального контрасту є використання аналізу незалежних компонент (ICA). Завдання ICA формулюється як задача пошуку такої проекції вектора y на лінійний простір векторів x , компоненти, якої були б статистично незалежні. При цьому для аналізу доступна тільки деяка статистична вибірка значень випадкового вектора y . В алгоритмі нами пропонується замі-

на після ІСА першої компоненти MUL-зображення компонентою панхроматичного зображення. Наступним етапом після заміни є зворотне перетворення ІСА.

Запропонована технологія підвищення інформативності фотографічних видових даних була реалізована на первинних багатоспектральних восьмиканальних знімках, отриманих супутником WorldView-2 (рисунок 3). Первинне мультиспектральне зображення було сформовано 5, 3 та 2 каналами, які було обрано як канали R,G,B відповідно. На рисунку 3 представлені зображення: первинні панхромне (рис.3а) і мультиспектральне (рис.3б) та синтезоване зображення після обробки за технологією, запропонованою у роботі (рис.3в).

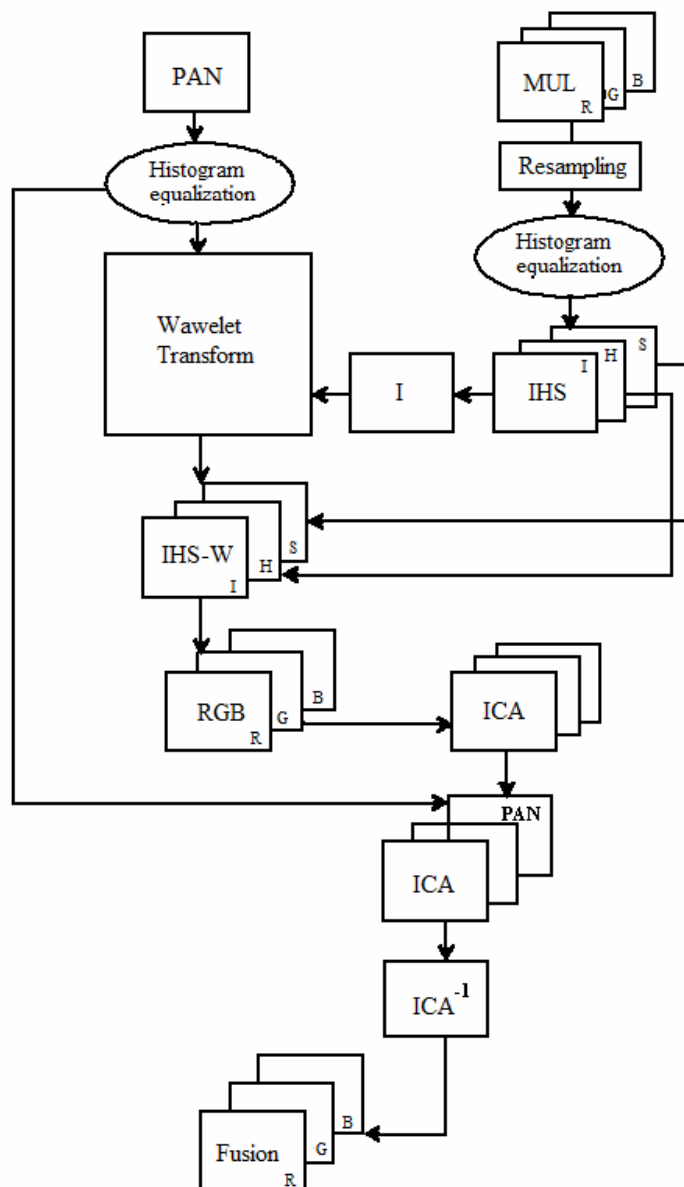


Рисунок 1 - Схема технології комплексування зображень

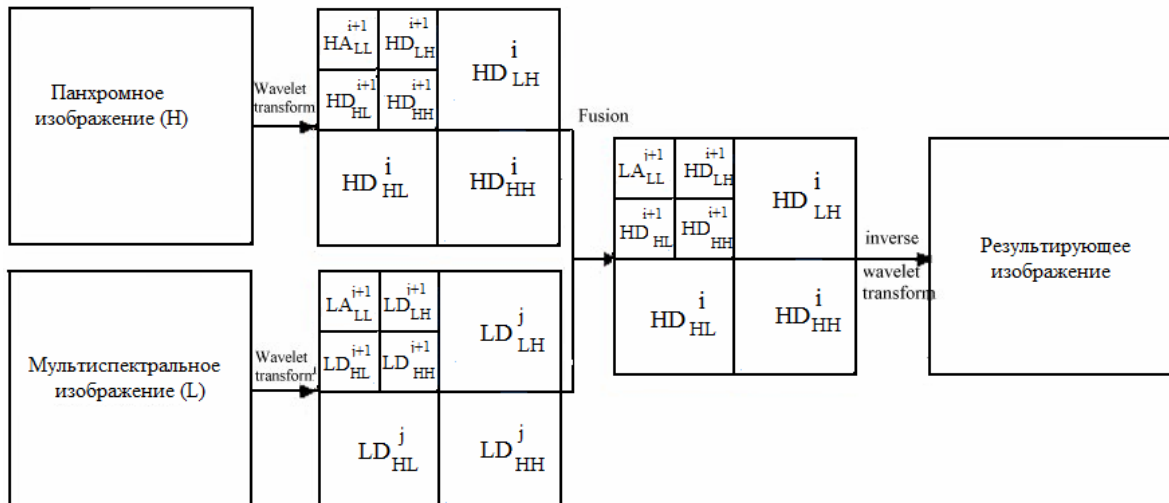


Рисунок 2 - Этап вейвлет-преобразования

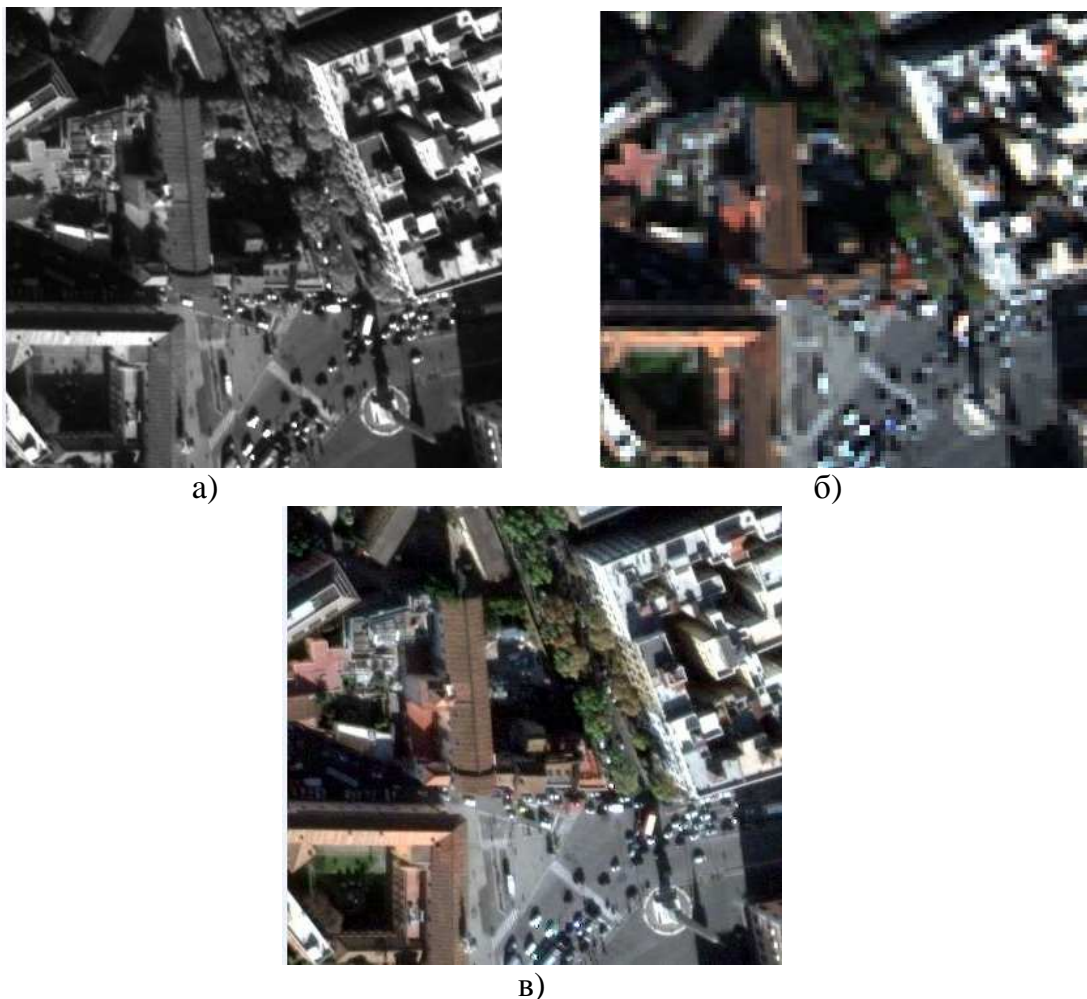


Рисунок 3 - Приклад зображень:

а) первинне панхромне, б) первинне мультиспектральне, в) синтезоване, після обробки запропонованим алгоритмом

Важливу роль у цифровій обробці зображень відіграє оцінка їх якості. В якості міри інформативності зображень часто використовується поняття інформаційної ентропії Шеннона, яка встановлює середню кількість інформації на піксель зображення. Для напівтонового зображення A з щільністю ймовірності яскравості пікселя $p(A)$ і інтервалом можливих значень яскравості $[0, 255]$, ентропія розраховується наступним чином:

$$E(A) = - \sum_{k=0}^{255} p_k(A) \cdot \log_2 [p_k(A)] \quad (1)$$

Часто в якості оцінки також використовується коефіцієнт кореляції, який відображає кореляцію між вихідним мультиспектральним і синтезованим зображеннями. Чим вища кореляція між зазначеними зображеннями, тим краща оцінка спектральних значень. Ідеальне значення коефіцієнта кореляції дорівнює 1. Для двох цифрових зображень, A і B використовується наступний вираз:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \overline{A_{i,j}} \overline{B_{i,j}} - (\overline{A}) \overline{B}}{\sqrt{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M A_{i,j} - (\overline{A}) \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M B_{i,j} - (\overline{B})}} \quad (2)$$

де $\overline{A}, \overline{B}$ — середні значення відповідних наборів даних;
 N, M — розміри зображень.

Отримані кількісні оцінки якості синтезованого зображення, в порівнянні з вихідними даними, представлені у таблиці 1. В таблиці вказані розраховані значення ентропії (1) для вихідних мультиспектрального і панхромного зображень, а також для синтезованого зображення за запропонованою технологією обробки (розмір зображень 1000*1001 пікселів).

Таблиця 1

Зображення	Значення ентропії
Панхроматичне (Pan)	7.3535
Мультиспектральне (Mul)	7.4022
Зображення за запропонованим алгоритмом	7.5118

У таблиці 2 наведені значення коефіцієнта кореляції (2) для синтезованих мультиспектральних зображень, отриманих окремо відомими методами злиття (ICA, HSV, Wavelet) і запропонованим у роботі методом. Аналіз результатів свідчить про те, що синтезоване зображення з максимальною деталізацією (інформативністю) досягається при комплексуванні за запропонованою технологією з попередньою еквалізацією вихідних зображень.

Таблиця 2

Метод	Значення коефіцієнта кореляції		
	R	G	B
ICA	0.951	0.942	0.911
HSV	0.968	0.964	0.967
Wavelet	0.953	0.965	0.964
Запропонований (Fusion)	0.982	0.970	0.973

Висновки та перспективи подальших досліджень

Отримані характеристики свідчать про те, що у результаті обробки багатоканальних знімків за допомогою технології підвищення інформативності видових даних дистанційного зондування Землі на основі Equalisation-HSV-вейвлет-ICA-перетворень синтезовані зображення мають більш високу якість та збільшену інформативність у порівнянні з первинними знімками. Подальші дослідження будуть присвячені удосконаленню запропонованої технології при обробці багатоканальних цифрових зображень із залученням інформації, отриманої в інфрачервоному діапазоні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Шовенгердт Р.А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений. Часть 1 - М.: Техносфера, 2010. - 560 с.
2. Hnatushenko V. Computer technology more informative multispectral images of the earth surface / V. Hnatushenko, A. Safarov // Applied Geometry and Engineering Graphics. - К.: KNUBA, 2012. - Vol. 89. - С. 140-144.
3. Малла С. Вейвлеты в обработке сигналов : Пер. с англ. - М.: Мир, 2005. - 671с., ил.
4. Pohl C. Multisensor image fusion in remote sensing: concepts, methods and applications / C. Pohl, J.L. Van Genderen // International journal of remote sensing. - 1998. - Vol. 19. - No. 5. - P. 823-854.