

УДК 515.2:528.71

## **ТЕХНОЛОГІЯ ПІДВИЩЕННЯ ПРОСТОРОВОГО РОЗРІЗНЕННЯ БАГАТОКАНАЛЬНИХ ЗОБРАЖЕНЬ НА ОСНОВІ СИНТЕЗУ ВІДОМИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ**

Гнатушенко В.В., д.т.н.,  
Загородня Л.С., аспірант\*,  
Шевченко В.Ю., аспірант\*

*Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара*  
Тел. (056) 374–97–04

***Анотація*** – у роботі запропонований новий алгоритм 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.* У системах дистанційного зондування Землі в останні роки широкого поширення набули скануючі пристрої, в яких для формування зображень земної поверхні в фокальній площині встановлюються кілька матриць приймачів із зарядним зв'язком. Кожна з таких матриць забезпечує формування зображення в певному спектральному діапазоні. Перевагою подібного типу сканерів є те, що ними формуються просторово суміщені знімки. Однак спектральне розділення променевої енергії призводить до ослаблення реєстрованого сигналу і зниження радіометричного розрізнення відеоінформації. 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.

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

---

\* Науковий керівник: д.т.н., професор Гнатушенко В.В.

зазначених алгоритмів як правило призводить до порушення передачі кольору.

*Формулювання цілей статті.* 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. Характерною рисою більшості фотографічних зображень є значна питома вага темних ділянок і порівняно мале число ділянок з високою яскравістю. Тому першим етапом пропонується провести еквалізацію мультиспектрального і панхроматичного 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]. До яскравісної компоненти V застосовується вейвлет-перетворення, схема якого представлена на рис. 1. У роботі використовується дискретне вейвлет-перетворення Добеши. Після вейвлет-обробки здійснюється зворотне перетворення зображення до кольорового простору RGB.

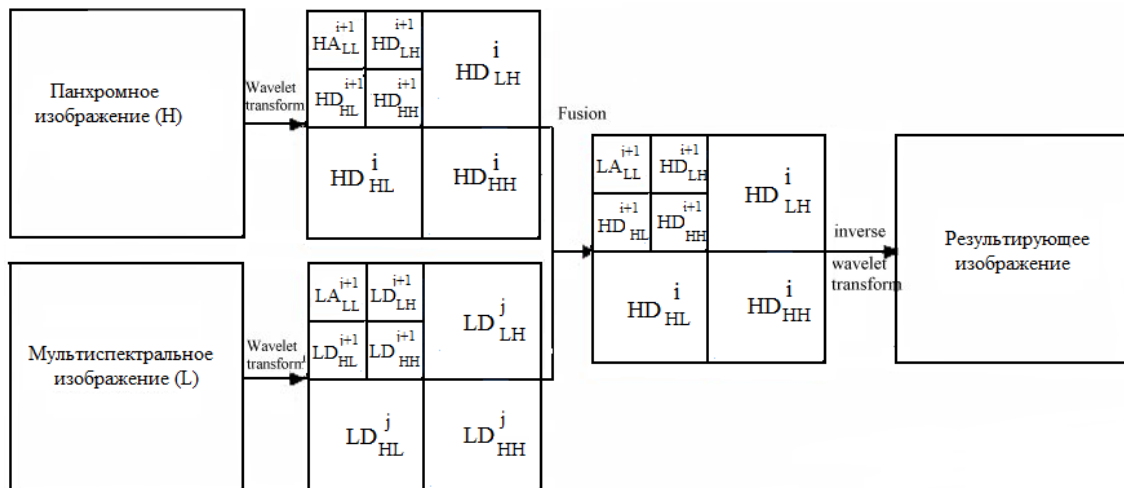


Рис.1. Етап вейвлет-перетворення.

Наступним кроком для визначення статистично-незалежних ознак об'єктів, виділення і відображення їх спектрального контрасту є використання аналізу незалежних компонент (ІСА). Завдання ІСА формулюється як задача пошуку такої проєкції 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  $u$ . В алгоритмі нами пропонується заміна після ICA першої компоненти MUL-зображення компонентою панхроматичного зображення. Наступним етапом після заміни є зворотне перетворення ICA. Схема нової технології комплексування цифрових багатоканальних зображень представлена на рисунку 2. На рисунку 3 представлені зображення: первинні панхромне (рис.3,а) і мультиспектральне (рис.3,б) та синтезоване зображення після обробки за технологією, запропонованою у роботі (рис.3,в).

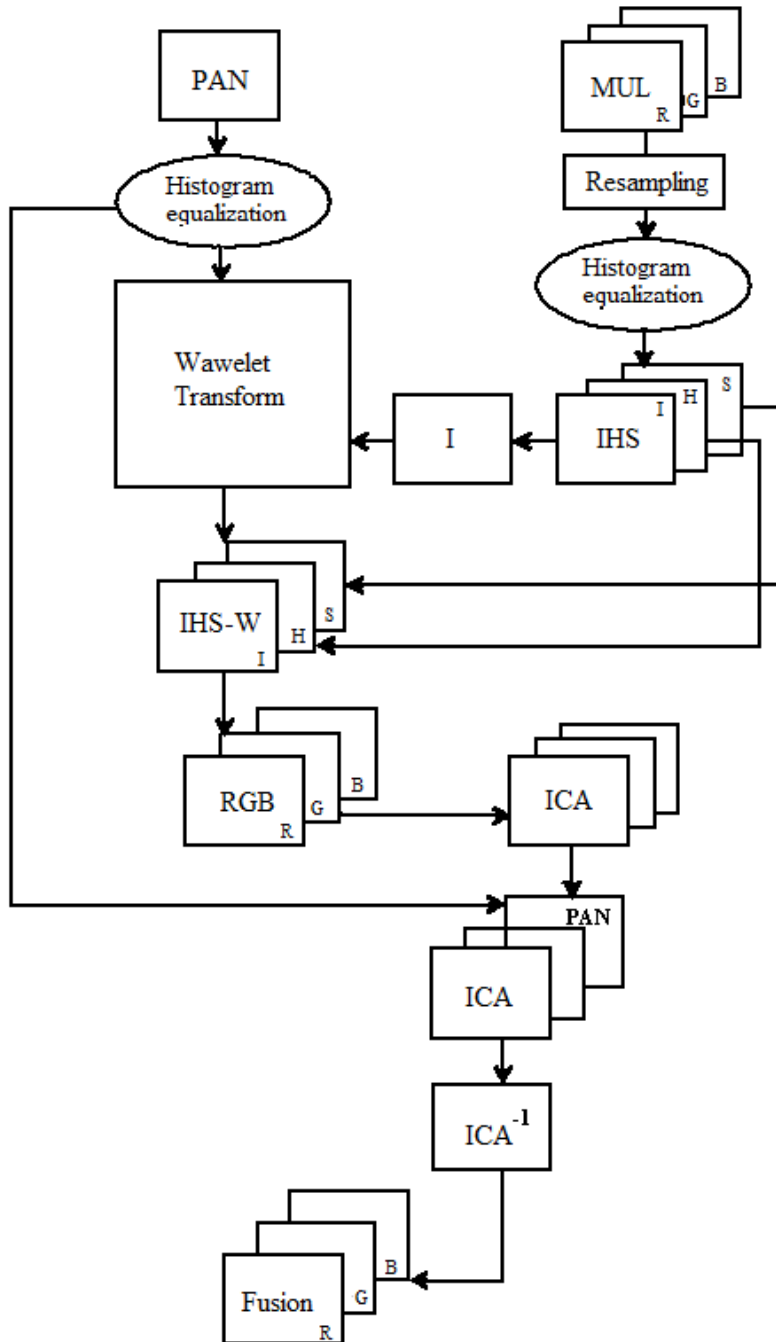


Рис. 2. Схема технології комплексування зображень.

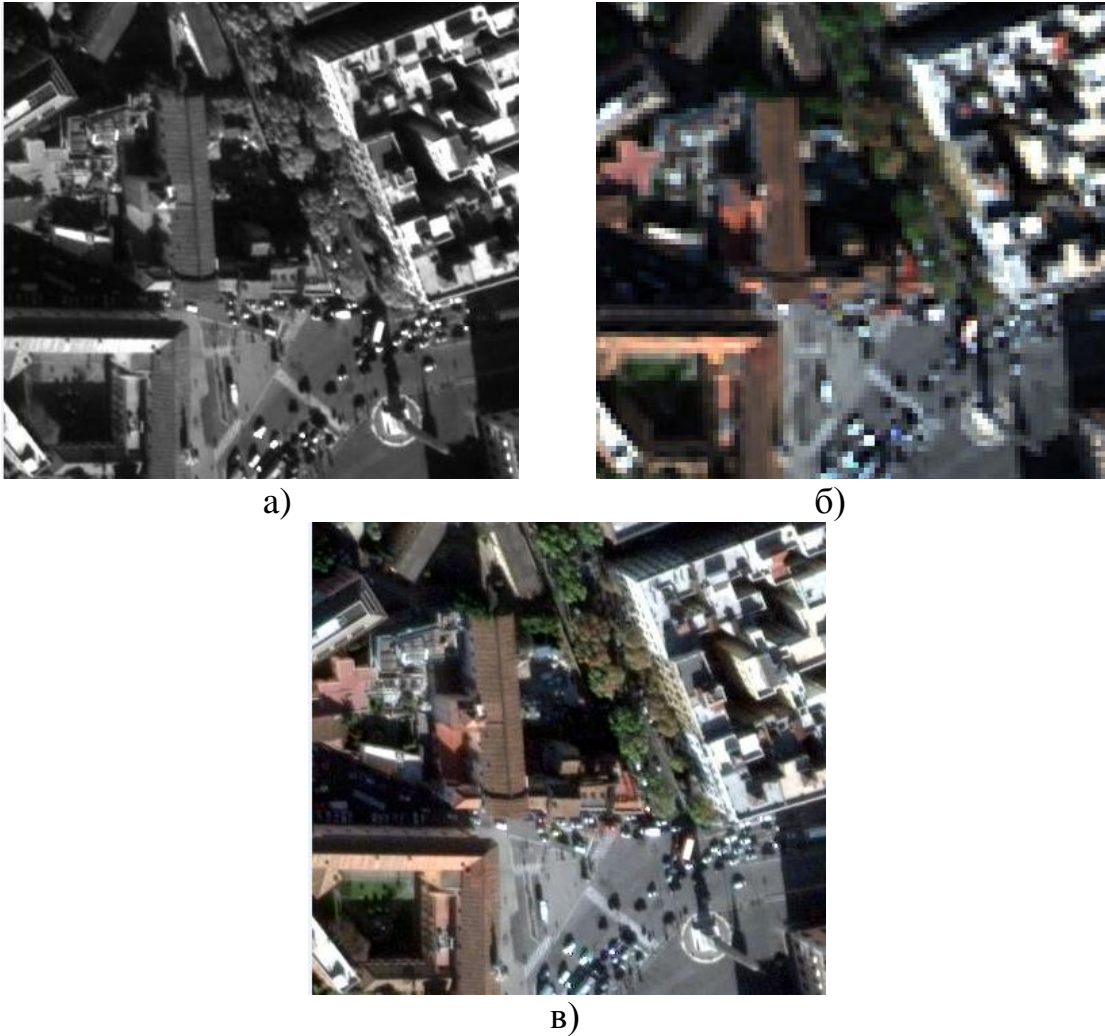


Рис.3. Приклад зображень:

- 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:

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

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:

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

де  $\bar{A}, \bar{B}$  — середнє 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	<b>7.5118</b>

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)	<b>0.982</b>	<b>0.970</b>	<b>0.973</b>

*Висновки.* 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/ Р.А. Шовенгердт - 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. / С. Малла. – 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.

### **ТЕХНОЛОГИЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗРЕШЕНИЯ МНОГОКАНАЛЬНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ СИНТЕЗА ИЗВЕСТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ**

В.В.Гнатушенко, Л.С. Загородняя, В.Ю. Шевченко

*Аннотация* – предложен новый алгоритм повышения информативности сканерных изображений на основе использования ИСА-, вейвлет-преобразований и использования предварительной эквализации. Тестирование данного алгоритма подтвердило его высокую эффективность при обработке цифровых изображений, полученных современными аэрокосмическими системами.

### **IMPROVE TECHNOLOGY SPATIAL RESOLUTION MULTICHANNEL IMAGE BASED ON A SYNTHESIS KNOWN TRANSFORMATIONS**

V. Hnatushenko, L. Zagorodnyaya, V. Shevchenko

#### *Summary*

**A new algorithm to improve the informativeness of scanner images through the use of ICA-wavelet transforms and use pre-equalization. Testing this algorithm has confirmed its high efficiency in the processing of digital images obtained with modern aerospace systems.**