

УДК 515.2:528.71

Д-р техн. наук В.В. Гнатушенко, В.Н. Маслей, В.Ю. Шевченко,
д-р техн. наук В.С. Хорошилов, Г.В. Петренко

ТЕХНОЛОГИЯ СЛИЯНИЯ ЦИФРОВЫХ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ РАЗЛИЧНОГО РАЗРЕШЕНИЯ

Разработан алгоритм, позволяющий повысить информативность мультиспектрального сканерного изображения. Результаты показывают, что в сравнении с классическим методом слияния HSV он позволяет не только улучшить пространственное разрешение первичного снимка, но и устранить основной недостаток HSV-алгоритма, а именно цветовые искажения в локальных областях. Это достигается, в частности, за счет использования информации, которую содержит изображение инфракрасного диапазона.

Розроблено алгоритм, який дозволяє підвищити інформативність мультиспектрального сканерного зображення. Результати показують, що в порівнянні з класичним методом злиття HSV він дозволяє не тільки поліпшити просторове розрізнення первинного знімка, але й усунути основний недолік HSV-алгоритму, а саме колірні спотворення в локальних областях. Цього досягають, зокрема, за рахунок використання інформації, яку містить зображення інфрачервоного діапазону.

The paper presents the description of the algorithm that allows to enhance informativeness of multiband scanner image. The results show that, as compared to the classical method of HSV merging, it allows not only to enhance spatial resolution of primary image, but also get rid of the key drawback of HSV algorithm, namely, color errors in local areas. This is achieved, in particular, for the sake of use of the data, contained in IR-band image.

Постановка задачи

Большинство современных спутниковых систем, ведущих наблюдение за Землей, таких как SPOT, IRS, IKONOS, QuickBird, WorldView и другие, обладают возможностью получения мультиспектральных и панхроматических изображений разного пространственного разрешения. Одной из проблем комплексного использования данных дистанционного зондирования Земли, получаемых различными космическими системами, является совместная обработка изображений, сформированных в разных спектральных диапазонах, с различным пространственным разрешением, которая часто приводит к нарушению цветопередачи [1]. Проблема существенных спектральных искажений в результирующем изображении обострилась с появлением восьмиканальных спутниковых данных сверхвысокого разрешения (Worldview-2 и Worldview-3).

Основные результаты

В многочисленных исследованиях, посвященных предварительной обработке мультиспектральных цифровых изображений, основное внимание уделено улучше-

нию их визуального качества без учета особенностей построения современных сканирующих устройств, соответствующих структур и форматов аэрокосмических данных [2].

Для решения указанной проблемы в данной работе предложена новая технология совместной обработки многоканальных космических изображений на основе адаптивной гистограммной эквализации, метода HSV, дискретного вейвлет-преобразования Добеши и гиперсферического преобразования цвета, позволяющая улучшить пространственное разрешение первичного цифрового многоканального изображения и избежать спектральных искажений [3]. Это достигается также за счет предварительной коррекции первичных снимков на основе вычисления адаптивных корректирующих функций яркости и контраста

$$g_i = a + bf_i, \quad (1)$$

где f_i – старое значение яркости i -того пикселя; g_i – новое значение; a, b – коэффициенты.

Следующим этапом является реализация метода HSV для мультиспектрального изображения:

$$H = \arctg[V_2 / V_1]; S = \sqrt{(V_1)^2 + (V_2)^2};$$

$$\begin{bmatrix} V \\ V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} \\ \frac{1}{\sqrt{6}} & \frac{1}{\sqrt{6}} & \frac{-2}{\sqrt{6}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{-1}{\sqrt{2}} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Далее применяем дискретное вейвлет-преобразование Добеши к панхроматическому изображению и каналу V-изображения, полученному на предыдущем этапе, раскладывая на коэффициенты аппроксимации и детализации [4]:

$$\begin{aligned} s_{j+1,k} &= \sqrt{2} \sum_i h_i s(j, 2k+i); \\ d_{j+1,k} &= \sqrt{2} \sum_i g_i s(j, 2k+i), \end{aligned} \quad (3)$$

где $s_{j,k}$ – коэффициенты аппроксимации; $d_{j,k}$ – коэффициенты детализации разложения; j – номер уровня разложения; k – порядок номера коэффициентов; векторы h, g – коэффициенты вейвлета Добеши.

Следующим шагом является замена коэффициентов детализации матрицы V на коэффициенты детализации панхроматического изображения. Применяем обратное вейвлет-преобразование матрицы, полученной на предыдущем этапе, что позволяет создать новые компоненты интенсивности, учитывая высокое пространственное разрешение панхроматического изображения и начальную интенсивность компонент мультиспектрального изображения.

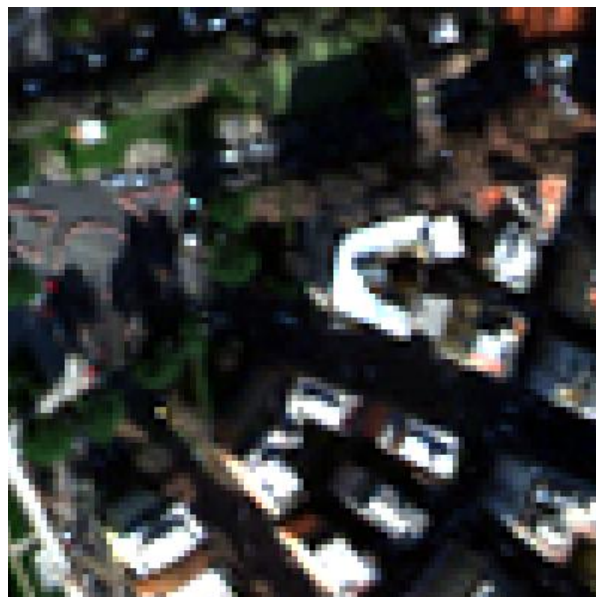
На завершающем этапе переводим изображение с цветовой модели HSV в RGB для получения нового цветного изображения, которое в значительной степени сохраняет спектральную способность первичного изображения.

$$\begin{bmatrix} V \\ V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} \\ \frac{1}{\sqrt{6}} & \frac{1}{\sqrt{6}} & \frac{-2}{\sqrt{6}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{-1}{\sqrt{2}} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}. \quad (4)$$

Предложенная технология повышения информативности фотограмметрических сканерных изображений на основе эквализации HSV-Wavelet-преобразований была программно реализована и протестирована на исходных снимках, полученных спутником WorldView-2 (рисунки).



а



б



в

Примеры изображений:
а – исходное мультиспектральное;
б – исходное панхроматическое;
в – синтезированное после обработки предложенным алгоритмом

В таблице указаны значения энтропии, коэффициенты RMSE и ERGAS, вычисленные для исходных мультиспектрального и панхроматического снимков и изображений, обработанных по предложенной технологии:

$$ERGAS=100\frac{h}{l}\sqrt{\frac{1}{N}\sum_{N=1}^N\left(\frac{RMSE(n)}{\mu(n)}\right)^2}, \quad (5)$$

где h/l – отношение между пиксельными размерами панхроматического и мультиспектрального изображений; $\mu(n)$ – среднее по n -каналу; N – количество спектральных каналов (полос).

$$RMSE = \sqrt{(X_r - X_i)^2 + (Y_r - Y_i)^2}, \quad (6)$$

где X_i, Y_i – начальные координаты; X_r, Y_r – конечные координаты.

Результаты работы алгоритма

Изображение	Значение энтропии	RMSE	ERGAS
Панхроматическое (PAN)	7,273	–	–
Мультиспектральное (MUL)	6,923	30,5643	11,4000
Синтезированное по предложенной технологии (Fusion)	7,402		

Выводы

Результаты тестирования подтвердили эффективность использования вейвлетов при объединении фотограмметрических изображений. Анализ соответствующих значений энтропии, коэффициентов RMSE и ERGAS свидетельствует о том, что совместное использование эквализации, вейвлетов и HSV-преобразований при обработке мультиспектральных сканерных снимков позволяет повысить эффективность слияния видовых данных дистанционного зондирования Земли.

Полученные синтезированные изображения отличаются большей контрастностью и четкостью на границах "объект интереса – фон".

Список использованной литературы

1. Schowengerdt R. Remote Sensing: Models and Methods for Image Processing // New York: Academic Press, 2007.
2. 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. – №. 5. – P. 823–854.
3. 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.
4. Малла С. Вейвлеты в обработке сигналов/ Пер. с англ. – М.: Мир, 2005. – 671 с.

Статья поступила 28.10.2015