

УДК 004.932

## СЛИЯНИЕ МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ЗАДАЧЕ ОБРАБОТКИ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ

В.С. Бабков, К.К. Титаренко

Донецкий национальный технический университет

[victor.babkov@gmail.com](mailto:victor.babkov@gmail.com)

*Описаны цели и основные методы мультиспектрального слияния продуктов дистанционного зондирования, указаны проблемы производительности и пути их решения. Выполнена реализация базовых методов слияния и получены количественные и качественные сравнительные характеристики методов.*

### **Введение**

Методы дистанционного зондирования основаны на регистрации отраженного или собственного электромагнитного излучения участков поверхности в широком спектральном диапазоне [1].

Под продуктом дистанционного зондирования подразумеваются цифровые изображения, значения пикселей которых отвечают значениям какой-либо характеристики (отражательной способности, температуры и т. д.) соответствующего участка поверхности местности в определенной полосе электромагнитного спектра. В общем виде такой набор продуктов можно рассматривать как многомерную матрицу характеристик для данной местности.

Ввиду того, что данные, полученные с сенсоров, установленных на спутниках, имеют различные пространственное, спектральное, временное и другие разрешения [2], актуальным становится вопрос слияния продуктов дистанционного зондирования с целью интеграции характеристик и последующего их анализа, например в ГИС. Информация, содержащаяся в изображении, полученном в результате слияния, является более полной и точной [2], что ведет к более ясному пониманию свойств обозреваемого объекта.

### **Задача слияния мультиспектральных изображений**

Под мультиспектральным слиянием изображений (multispectral image fusion, pan sharpening) подразумевается процесс, позволяющий получить из панхроматического и мультиспектрального каналов двух продуктов одно изображение. Панхроматический канал, как правило,

имеет высокое пространственное разрешение, мультиспектральный же — низкое (например, для спутника QuickBird: Pan 0,61-0,72 метра, MS 2,44-2,88 метра [3]). В то же время, например, для ГИС систем, необходимо получить изображение как с высоким спектральным, так и пространственным разрешением.

Иллюстрацией данного процесса может служить рисунок 1.

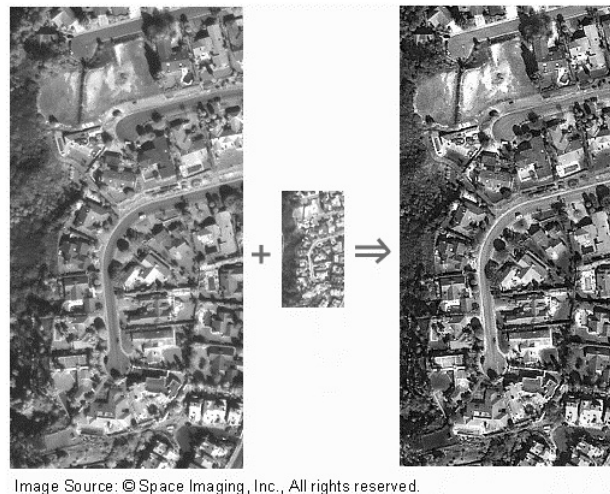


Рисунок 1 – Мультиспектральное слияние изображений, полученных со спутника IKONOS. Левое (Pan) и центральное (MS) – исходные изображения, правое – результат слияния

Для решения задачи повышения пространственного разрешения (pan sharpening, multispectral image fusion) было разработано множество методов, в частности:

- метод взвешенного усреднения (Weighted Averaging);
- метод IHS (Intensity Hue Saturation) и его модификации;
- метод PCA (Principal Component Analysis);
- разновидности дискретного вейвлет-преобразования (Discrete Wavelet Transform).

Практически каждый из существующих методов мультиспектрального слияния изображений имеет свои недостатки, в частности искажения цвета, что не позволяет выделить из них один универсальный [5], ввиду чего в работе ставится задача рассмотреть несколько методов и принципов их реализации с использованием современных одно- и многопроцессорных систем.

#### **Реализация базовых методов слияния**

В дальнейшем в работе используется следующая система условных обозначений:

М – мультиспектральное изображение;

Р – панхроматическое изображение;

F – результат слияния.

В работе были практически реализованы такие методы слияния, как взвешенное усреднение, метод ИHS, дискретное вейвлет-преобразование по Хаару и Добеши.

При реализации взвешенного усреднения выполняется масштабирование М до размеров Р методом линейной интерполяции, образуя на выходе  $M'$ . Затем для каждого элемента производится вычисление по формуле:

$$F_i = wP_i + (w-1)M'_i, \quad (1)$$

где

$w$  - весовой коэффициент  $w \in [0,1]$

При реализации метода HIS также производится коррекция изображения методом линейной интерполяции, а затем цветовое пространство RGB, используемое в объектах Р и М, преобразуется в пространство ИHS. Расчету подвергается только канал I, остальные каналы копируются из результата преобразования цветового пространства. Расчет интенсивности производится по формуле, аналогичной формуле 1:

$$F_i = wP''_i + (w-1)M''_i,$$

где

$w$  - весовой коэффициент  $w \in [0,1]$ ;

$P''_i, M''_i$  - результат преобразования цветовых пространств.

На завершающем этапе выполняется обратное преобразование цветового пространства в RGB.

Реализация дискретного вейвлет-преобразования (ДВП) по Хаару осуществляется следующим образом:

- выполняя ДВП над объектом Р, получаем объект Р';
- объект М масштабируется до размера аппроксимации, образуя объект М';
- промежуточный результат получаем путем замены коэффициентов аппроксимации Р' на М'.
- выполняем обратное ДВП, получая результат F.

Двумерное ДВП выполняем путем применения одномерного ДВП сначала к каждому столбцу, затем к каждой строке изображения.

Реализация метода ДВП по Добеши осуществляется аналогично методу Хаара, но с использованием других формул прямого и обратного одномерного ДВП [6].

### Анализ полученных результатов

Рассмотренные подходы были реализованы в виде программных модулей для выполнения на однопроцессорной архитектуре. Для сравнения характеристик использовались два критерия – время выполнения (замерялось профайлером) и показатель качества.

Учитывая субъективность такого критерия, как качество, использовался такой общепринятый формальный показатель качества без эталона, как QNR (Quality Non Reference) [7].

Эксперименты проводились на компьютере Intel(R) Core(TM) 2 Duo CPU E8500 3.16 GHz, 6 MB L2 Cache, 6 GB RAM, Windows 7 x64, сборка тестируемого приложения – x64, с использованием типа double для скалярных значений. Результаты экспериментов сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты экспериментов

Метод	Разрешение MS	Разрешение PAN	Время, с	Качество (QNR)
WA	413x243	1652x970	0.520	0.344
IHS	413x243	1652x970	0.917	0.470
HDWT	413x243	1652x970	0.555	0.387
DDWT	413x243	1652x970	0.689	-0.008
WA	1024x1024	4096x4096	8.085	1.982
IHS	1024x1024	4096x4096	12.278	2.039
HDWT	1024x1024	4096x4096	12.801	2.834
DDWT	1024x1024	4096x4096	13.539	1.908

По данным таблицы 1 видно, что наилучшее время обработки соответствует использованию метода взвешенного усреднения, что объясняется его простотой. При этом наилучший показатель качества соответствует методу ДВП по Хаару для изображений с высокой разрешающей способностью и методу IHS для изображений с низкой разрешающей способностью.

### Выводы

По результатам работы можно сделать вывод о том, что увеличение разрешающей способности сливаемых изображений

требує для досягнення максимального якості злиття використання методів, оснований на ДВП. В свою череду, применение даних методів збільшує час обробки. В зв’язі з цим, з метою підвищення продуктивності розглянутих методів може бути розглянута можливість адаптувати їх алгоритми для реалізації на паралельних комп’ютерних системах, в частині з використанням можливостей сучасних графічних процесорів, а також можливості організації одночасної роботи як CPU, так і GPU над однією задачею.

### Список літератури

1. Введение в дистанционное зондирование [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.gasu.ru/resour/eposobia/posob/7.html>.
2. G. Simone, A. Farina, F.C. Morabito, S.B. Serpico, L. Bruzzone. Image fusion techniques for remote sensing applications [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://rslab.disi.unitn.it/papers/R21-IF.pdf>.
3. QuickBird Satellite Images and Sensor Specifications [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/quickbird.html>.
4. Image fusion and pan-sharpening: the big picture [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.geosage.com/highview/imagefusion.html>.
5. Yun Zhang. Understanding Image Fusion [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://studio.gge.unb.ca/unb/zoomview/PERS\\_Vol70\\_No6\\_paper.pdf](http://studio.gge.unb.ca/unb/zoomview/PERS_Vol70_No6_paper.pdf).
6. Seung-Hun Yoo, Sung-Up Jo, Ki-Young Choi, Chang-Sung Jeong. A Framework for Multisensor Image Fusion using Graphics Hardware [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://isif.org/fusion/proceedings/fusion08CD/papers/1569108117.pdf>.
7. L. Alparone, S. Baronti, A. Garzelli, and F. Nencini, A global quality measurement of pan-sharpened multispectral imagery, IEEE Geosci. Remote Sensing Lett., vol. 1, no. 4, pp. 313-317, Oct. 2004.

Получено: 09.09.2011