

# KỸ THUẬT GHÉP NỐI ẢNH VỆ TINH VNREDSAT-1

NGUYỄN TRƯỜNG XUÂN<sup>(1)</sup>, NGUYỄN THỊ MAI DUNG<sup>(1)</sup>, TRẦN THỊ HẢI VÂN<sup>(1)</sup>  
LƯU VĂN DOANH<sup>(2)</sup>, TRẦN QUỐC SỰ<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Trường Đại học Mở - Địa chất

<sup>(2)</sup>Sở Tài nguyên và Môi trường Phú Thọ

## **Tóm tắt:**

Kỹ thuật ghép ảnh vệ tinh được định nghĩa là kỹ thuật kết nối hai hay nhiều tấm ảnh trực giao có sự chồng phủ nhau. Các yêu cầu kỹ thuật khi thực hiện ghép nối ảnh bao gồm độ chồng phủ giữa các tấm ảnh đầu vào, hệ thống tọa độ, kích thước điểm ảnh và độ quay của ảnh. Trong bài báo này, nhóm nghiên cứu xây dựng thành công quy trình ghép nối ảnh vệ tinh VNREDSat-1. Quy trình bao gồm các bước xác định vùng chồng phủ, chiết xuất đường tiếp biên, hiệu chỉnh phổ và ghép nối ảnh. Kết quả thực nghiệm là ảnh ghép của 22 tấm ảnh vệ tinh VNREDSat-1 độ phân giải 2.5m khu vực tỉnh Phú Thọ.

## **1. Mở đầu**

Kỹ thuật ghép ảnh là quá trình nhóm hợp các tấm ảnh nhỏ riêng biệt thành một tấm ảnh lớn phủ trùm một khu vực rộng lớn trong đó đường ghép nối giữa các tấm ảnh gốc được xử lý để đảm bảo sự cân bằng về màu sắc giữa các tấm ảnh. Nhìn chung, quá trình ghép nối ảnh được chia thành bốn giai đoạn chính sau: (1). Nắn chỉnh ảnh về cùng một hệ thống tọa độ; (2). Xác định các đường ghép biên; (3). Cân bằng giá trị phổ; (4). Nhóm hợp các tấm ảnh liền kề.

Có rất nhiều công trình nghiên cứu về kỹ thuật ghép nối ảnh đã được công bố. Fonseca and Manunath (1996), Zobrist (1993) đã thực hiện nghiên cứu về các kỹ thuật hiệu chỉnh phổ và hình học tại các phần ghép biên giữa các ảnh Landsat khi thiết lập một ảnh ghép nối. Shiren (1989) phát triển thuật toán tìm kiếm điểm tại vùng chồng phủ giữa hai tấm ảnh theo chiều ngang và chiều dọc giúp làm giảm sự khác biệt tại các vùng ghép biên. Afek and Brand (1998) kết hợp thuật toán khớp nối đối tượng vào quy trình tự động tìm kiếm đường ghép biên, xây dựng lưới tam giác khu vực chồng phủ, hiệu chỉnh phổ nhằm

thu được một ảnh ghép nối hoàn chỉnh. Du (2001) xây dựng thuật toán chuẩn hóa phổ nhằm tạo ra ảnh ghép chuẩn hóa phổ của một khu vực rộng lớn dựa trên 6 tấm ảnh nắn Landsat TM. Tuy nhiên nhược điểm của các phương pháp này là các bước trong quá trình ghép nối ảnh không được thực hiện tự động. Victor (2005) đã đề xuất một quy trình tự động ghép nối ảnh tự động nhằm giảm bớt các tác nhân ảnh hưởng đến độ chính xác của ảnh kết quả.

Trong bài báo, nhóm nghiên cứu tập trung tìm hiểu các phương pháp cắt ghép ảnh vệ tinh đã có, tiến hành đánh giá, lựa chọn phương pháp phù hợp nhất đối với dữ liệu ảnh vệ tinh VNREDSat-1. Kết quả tạo ra là quy trình ghép nối ảnh vệ tinh VNREDSat-1 và ảnh ghép VNREDSat-1 khu vực nghiên cứu – tỉnh Phú Thọ. Ảnh ghép tuân thủ đúng các yêu cầu kỹ thuật về ghép ảnh viễn thám của Bộ Tài nguyên và Môi trường.

## **2. Quy trình ghép nối ảnh vệ tinh VNREDSat-1**

Với mục tiêu khảo sát khả năng ứng dụng của dữ liệu ảnh vệ tinh VNREDSat-1 trong quản lý tài nguyên thiên nhiên và môi

Ngày nhận bài: 10/5/2016, ngày chuyển phản biện: 18/5/2016, ngày chấp nhận phản biện: 08/6/2016, ngày chấp nhận đăng: 30/6/2016

trường. Dựa trên những đánh giá tổng quan về các phương pháp ghép nối ảnh đã được phát triển. Trong chuyên đề này nhóm nghiên cứu tập trung nghiên cứu phương pháp ghép nối ảnh vệ tinh đa phổ độ phân giải cao VNREDSat-1.

Phương pháp ghép nối ảnh được xây dựng dựa trên các giả thiết sau: (1). Phương pháp được áp dụng cho các dữ liệu ảnh vệ tinh VNREDSat-1 đã được nắn trực giao và được tổ hợp mẫu tự nhiên với độ phân giải 2.5m (pan-sharpened); (2). Hiệu chỉnh ảnh hưởng khí quyển không xét đến; (3). Không có sự thay đổi quá nhiều tại khác khu vực chồng phủ của các tấm ảnh liền kề.

#### A. Tạo ảnh mặt nạ

Trên các ảnh vệ tinh trực giao, đa phổ, độ phân giải cao (2.5m) VNREDSat-1 có thể tồn tại các lỗi màu sắc điểm ảnh dọc theo đường biên ảnh. Các lỗi này có thể làm giảm chất lượng của ảnh đầu ra của quá trình ghép nối ảnh. Do đó để loại bỏ các sai số này, cần thiết lập một ảnh mặt nạ. Ảnh mặt nạ có giá trị 0 hoặc 1, trong đó 0 và 1 là các giá trị loại bỏ và thêm vào tương ứng. Ảnh mặt nạ sử dụng thông tin về hệ tọa độ, lưới chiếu, datum, kích thước điểm ảnh (pixel) và các điểm chung (tie points). Đồng thời có thể loại bỏ các vùng cụ thể trên dữ liệu ảnh đầu vào bằng cách sử dụng phép toán số học trên ảnh.

#### B. Xác định tọa độ của các điểm ảnh

Thông tin về hệ tọa độ của ảnh VNREDSat-1 được sử dụng trong tính toán khu vực chồng phủ của các dữ liệu lân cận. Các điểm góc ảnh được sử dụng để tính toán tọa độ cho toàn bộ pixel trên ảnh. Giả sử  $X_{UTM}$  và  $Y_{UTM}$  là tọa độ bản đồ của một điểm ảnh có tọa độ (x,y) trong hệ tọa độ ảnh. Ta có tọa độ bản đồ của các điểm ảnh trên ảnh VNREDSat-1 được xác định theo công thức:



Hình 1: Quy trình ghép nối ảnh vệ tinh VNREDSat-1

$$X_{UTM} = \{x | x_i = x_{UL} + i_x \Delta x, i = 1, \dots, m\} \quad (1)$$

$$Y_{UTM} = \{y | y_i = y_{UL} + i_y \Delta y, i = 1, \dots, n\}$$

Trong đó  $X_{UTM} Y_{UTM}$  là tọa độ góc trên cùng bên trái của ảnh.

#### C. Xác định khu vực chồng phủ của cặp ảnh liền kề

Tính toán khu vực chồng phủ của dữ liệu ảnh đầu vào dựa trên tọa độ các điểm ảnh là bước quan trọng trong thuật toán ghép nối ảnh. Kết quả của bước xác định vùng chồng phủ sẽ tạo ra sai lệch trong các bước xử lý tiếp theo.

Đầu tiên các dữ liệu ảnh đầu vào sẽ được sắp xếp thành các cặp ảnh lân cận nhau. Điều kiện để xác định cặp ảnh là liền kề được biểu diễn theo công thức sau:

$$Pair_{image} = \begin{cases} true & \text{if } f_{RGB}^1(x,y) \cap f_{RGB}^2(x,y) \neq \emptyset \\ false & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

Trong đó:

$Pair_{image}$  là giá trị biểu diễn cặp ảnh liền kề;

$f_{RGB}^1(x,y)$  và  $f_{RGB}^2(x,y)$  là giá trị của điểm ảnh trên hai cặp ảnh liền kề tại vị trí  $(x,y)$ ;

Khi hai ảnh liền kề đã được xác định, khu vực chồng phủ giữa cặp ảnh liền kề sẽ được tính toán dựa trên sự so sánh về tọa độ của điểm ảnh.

$$Overlap_{image} = f_{RGB}^1(x,y) \cap f_{RGB}^2(x,y) \quad (3)$$

Trong đó  $Overlap_{image}$  là khu vực chồng phủ của cặp ảnh liền kề.

Phần tiếp biên tại vùng chồng phủ của cặp ảnh liền kề được tính toán và xuất ra. Nó đóng vai trò như nguồn dữ liệu đầu vào cho bước xác định đường tiếp biên (seam-line) giữa hai ảnh. Tập các điểm ảnh  $a_n(x,y)$  phân bố đều trong vùng chồng phủ  $Overlap_{image}(x,y)$  của cặp ảnh được lựa chọn nhằm xác định phần tiếp biên Subset  $Overlap_{image}(x,y)$ . Ta có công thức:

$$SubsetOverlap_{image} = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_n\} \quad (4)$$

#### D. Xác định đường tiếp biên

Đường tiếp biên được tính toán theo hai bước, bao gồm: (1). Tạo ảnh gradient; (2). Tạo ảnh biên. Ảnh gradient được tạo ra dựa vào phép nhân chập ma trận kernels và phần ảnh tiếp biên vừa xác định ở bước trên.

Trong chuyên đề này, thuật toán Sobel được sử dụng để tính toán ảnh gradient từ phần tiếp biên của khu vực chồng phủ giữa hai tấm ảnh liền kề. Ta có công thức (5).

$$k_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}, k_y = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$$

$$G_R = \sqrt{(k_x \times f_R)^2 + (k_y \times f_R)^2}$$

$$G_G = \sqrt{(k_x \times f_G)^2 + (k_y \times f_G)^2}$$

$$G_B = \sqrt{(k_x \times f_B)^2 + (k_y \times f_B)^2} \quad (5)$$

$$G_{image} = \frac{1}{3}(G_R + G_G + G_B)$$

Trong đó:

$G_R, G_G, G_B$  là các ảnh gradient tương ứng với các kênh sóng đỏ, xanh và xanh lam;

$f_R, f_G, f_B$  là giá trị phản xạ của điểm ảnh trên các kênh ảnh RGB tương ứng;

$f_R$  là ma trận Kernel theo hướng x,y.

Ảnh tiếp biên được tính toán dựa trên các ảnh gradient. Thông thường, các ảnh gradient thường làm nổi bật các đường gờ, tuy nhiên việc tính toán các đường tiếp biên còn phụ thuộc rất nhiều yếu tố. Ta có công thức xác định đường tiếp biên như sau:

$$SeamSeam_{image} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n G_{image}(i,j) + \min(G_{image}(i-1,j-1), G_{image}(i-1,j), G_{image}(i-1,j+1)) \quad (6)$$

Đường tiếp biên được xác định bằng cách lựa chọn giá trị nhỏ nhất của 3 điểm ảnh lân cận theo hướng i.

#### E. Cân bằng histogram

Thuật toán cân bằng histogram là phương pháp đơn giản nhằm hiệu chỉnh sự khác biệt màu sắc giữa hai tấm ảnh. Phương pháp được xây dựng dựa trên phương trình đường thẳng. Thông thường, một ảnh tổ hợp màu thực sẽ bao gồm ba phương trình đường thẳng tương ứng với ba kênh ảnh đỏ, xanh, xanh lam.

#### F. Ảnh ghép nối

Ảnh vệ tinh ghi nhận hình ảnh của cùng một khu vực chụp ảnh nhưng tại các thời điểm khác nhau sẽ cho kết quả ảnh biểu diễn khác nhau. Nếu thời gian ghi nhận hình ảnh giữa các cảnh ảnh là ngắn thì sự khác biệt trên ảnh là không đáng kể. Kỹ thuật ghép ảnh có thể định nghĩa là kỹ thuật kết nối ảnh tự nhiên dựa trên hai tấm ảnh liền kề.

Gọi  $Seam_{line}(x,y)$  là giá trị của điểm ảnh ở tọa độ  $(x,y)$  và vùng đệm bên trái cách  $Seam_{line}(x,y)$  một khoảng cách 100pixels được biểu diễn bởi  $ROI_{seamline}(x,y)$ .

Tại vùng chồng phủ của hai ảnh liền kề  $Overlap_{image}(x,y)$ ,  $f^1_{image}(x,y)$  biểu diễn giá trị điểm ảnh trên vùng chồng phủ  $Overlap1_{image}(x,y)$ ,  $f^2_{image}(x,y)$  biểu diễn giá trị điểm ảnh trên vùng chồng phủ  $Overlap2_{image}(x,y)$ .

Ảnh ghép nối được thiết lập dựa trên công thức sau:

$$LeftOverlap_{image}(x,y) = ROI_{seamline} [Overlap^1_{image}(x,y)] \quad (7)$$

$$RightOverlap_{image}(x,y) = ROI_{seamline} [Overlap^2_{image}(x,y)]$$

$$Feathering_{image}(x,y) = \alpha LeftOverlap_{image} + (1 - \alpha) RightOverlap_{image}$$

### 3. Kết quả thực nghiệm

Trong chuyên đề nhóm tác giả sử dụng 22 tấm ảnh VNREDSat-1 phủ trùm toàn bộ khu vực tỉnh Phú Thọ như là nguồn dữ liệu đầu vào của quy trình cắt ghép ảnh nấn đã được đề xuất ở trên. Tất cả các ảnh đều được nấn trực giao (hệ tọa độ VN2000) và thực hiện pan-sharpened để thu được dữ liệu ảnh có 3 kênh phổ và có độ phân giải cao 2.5 mét.

Ảnh mặt nạ với hai giá trị 0 và 1 được thiết lập cho các ảnh dữ liệu nhằm loại bỏ sai số tại mép ảnh.

Để tính toán vùng chồng phủ giữa hai tấm ảnh liền kề, tọa độ của các điểm ảnh trên dữ liệu ảnh VNREDSat-1 được tính

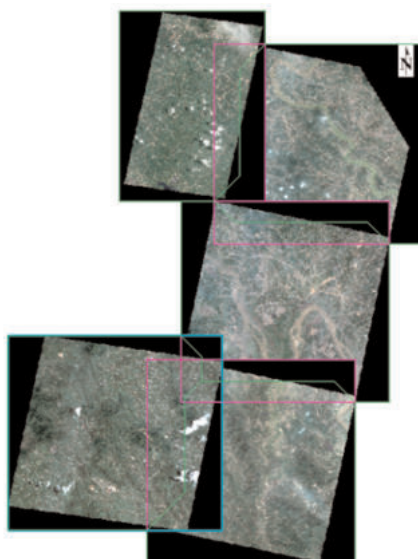
toán. Các thông tin về điểm khống chế ảnh và kích thước của pixel trên ảnh được sử dụng để xác định tọa độ điểm ảnh.

Khu vực chồng phủ của một cặp ảnh được xác định bằng cách so sánh tọa độ điểm ảnh trên cả hai tấm ảnh liền kề. Nếu các điểm tọa độ trùng nhau vùng ảnh chứa các điểm đó xác định vùng chồng phủ giữa hai tấm ảnh liền kề.

Đường tiếp biên tại vùng chồng phủ của hai tấm ảnh liền kề được xác định bằng cách thiết lập ảnh gradient và ảnh tiếp biên theo công thức (5) và (6).

Ảnh gradient được tính toán dựa trên giá trị phổ của các điểm ảnh và thuật toán Sobel. Ảnh tiếp biên được xác định dựa trên việc tính toán các ảnh gradient.

Thuật toán cân bằng histogram được áp dụng nhằm làm giảm sự khác biệt tại vùng chồng phủ giữa các ảnh liền kề. Phương trình đường thẳng  $y = ax + b$  được tính toán từ các vùng chồng phủ đã được xác định.



Hình 2: Kết quả xác định đường tiếp biên trên ảnh VNREDSat-1

Bước cuối cùng trong quy trình là ghép nối ảnh dựa trên các đường tiếp biên đã được xác định. Hình 3 dưới đây thể hiện kết

quả của quá trình cắt ghép ảnh vệ tinh VNREDSat-1 khu vực tỉnh Phú Thọ.

Độ chính xác của ảnh ghép được xác định theo tiêu chí sau: (1) Sai số về phổ dựa trên tính toán thống kê giá trị độ xám của pixel trên ảnh; (2) Sai số về hình học dựa trên việc xác định cặp điểm ảnh cùng tên trên cả hai tấm ảnh nền trực giao.

Hình 4 biểu diễn biểu đồ giá trị độ xám (histogram) và kết quả tính toán thống kê giá trị trung bình và độ lệch chuẩn dựa trên giá trị độ xám của các pixel trên các ảnh đơn và ảnh ghép.

#### **4. Kết luận**

Dựa trên việc tổng hợp, phân tích và đánh giá các phương pháp ghép nối ảnh vệ tinh, nhóm nghiên cứu đã xây dựng thành công quy trình ghép nối ảnh vệ tinh VNREDSat-1 với yêu cầu tăng cường về khả năng hiển thị

và chất lượng của ảnh ghép.

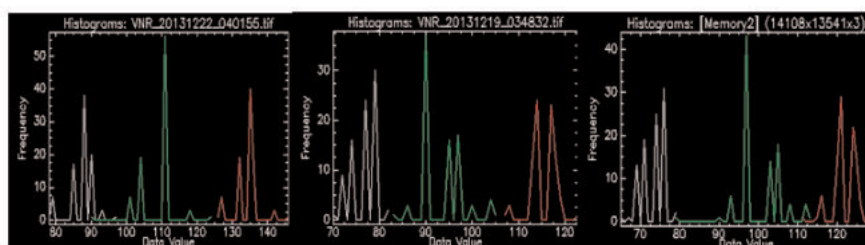
Nâng cao hiệu quả và chất lượng của quy trình ghép nối ảnh được thực hiện bằng cách sử dụng dữ liệu ảnh nền trực giao và pan-sharpened VNREDSat-1 2.5m.

Ngoài ra để giảm bớt sự khác biệt về màu sắc giữa các ảnh liền kề do dữ liệu ảnh đầu vào được ghi nhận tại các thời điểm khác nhau, thuật toán ghép ảnh kết hợp với các thuật toán xử lý ảnh sẽ khắc phục được vấn đề này và tạo ra được ảnh kết quả thể hiện màu sắc tự nhiên.

Bài báo là một phần kết quả nghiên cứu của đề tài KH-CN – VT12-15. Qua bài báo nhóm nghiên cứu gửi lời cảm ơn tới Ban Chương trình Khoa học và Công nghệ Vũ trụ 2012 – 2015 vì những định hướng và hỗ trợ quý báu trong suốt thời gian nghiên cứu. ○



*Hình 3: Ảnh ghép VNREDSat-1 độ phân giải 2.5m khu vực tỉnh Phú Thọ*



	Ảnh 1		Ảnh 2		Ảnh ghép	
	Mean	Stdev	Mean	Stdev	Mean	Stdev
Kênh 1	87.310345	3.434809	76.634146	2.669037	73.282609	2.875918
Kênh 2	134.149425	3.272609	115.365854	121.978261	116.392157	2.961208
Kênh 3	108.816092	4.789836	93.426829	4.548858	100.250000	5.540312

Hình 4: Biểu đồ giá trị độ xám của pixel tại vùng chồng phủ của ảnh VNREDSat-1

### Tài liệu tham khảo

[1]. Antropov, O.; Rauste, Y.; Lonnqvist, A.; Hame, T. *PolSAR Mosaic Normalization for Improved Land-Cover Mapping. IEEE Geosci. Remote Sens. Lett.* 2012, 9, 1074–1078.

[2]. Collings, S.; Caccetta, P.; Campbell, N.; Wu, X. Techniques for BRDF correction of hyperspectral mosaics. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* 2010, 48, 3733–3746.

[3]. Du, Y.; Cihlar, J.; Beaubien, J.; Latifovic, R. Radiometric normalization, com-

positing, and quality control for satellite high resolution image mosaics over large areas. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* 2001, 39, 623–634.

[4]. Gonzalez, R.C.; Woods, R.E. *Digital Image Processing*; Addison-Wesley Publishing Company: Boston, MA, USA, 1992; pp. 173–182.

[5]. Pan, J.; Wang, M.; Li, D.; Li, J. Automatic generation of seamline network using area Voronoi diagrams with overlap. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* 2009, 47, 1737–1744. ○

### Summary

#### VNREDSat-1 satellite image mosaicking procedure

*Nguyen Truong Xuan, Nguyen Thi Mai Dung, Tran Hai Van, Hanoi University of Mining and Geology*

*Luu Van Doanh, Tran Quoc Su, Phu Tho Environment and Natural Resources Department*

This paper developed and implemented satellite image mosaicking procedures to produce seamless and smooth mosaics from sequences of satellite images. The procedure employs algorithms for overlapping region definition, seam line extraction, radiometric adjustment, and composition of overlap image. Results of the experimentation on mosaicking geo-referenced VNREDSAT-1 satellite images with 2.5m resolution show that using ortho-rectified and geo-referenced images as input data supports for the overlapping image extraction step. The seam line selection and histogram matching algorithms facilitate creating globally smooth and qualitative mosaics. The procedure developed in this paper creates an efficient solution for producing reliable mosaic images. ○