

NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG MÔ HÌNH BỘ CẢM TUYỆT ĐỐI CHÍNH XÁC ĐỂ THÀNH LẬP BÌNH ĐỒ ẢNH VỆ TINH VNREDSAT-1

TS. VŨ VĂN CHÁT
TS. PHẠM XUÂN HOÀN
Cục Bản đồ - Bộ Tổng Tham mưu

Tóm tắt:

Nguồn tư liệu ảnh vệ tinh VNREDSat-1 đã bắt đầu được khai thác từ tháng 5/2013 với các mục đích giám sát tài nguyên thiên nhiên, môi trường và thiên tai, góp phần phát triển kinh tế xã hội, đảm bảo quốc phòng-an ninh, nghiên cứu khoa học và đào tạo. Bài báo sẽ giới thiệu quy trình thành lập bình đồ ảnh VNREDSat-1 sử dụng mô hình bộ cảm tuyệt đối chính xác trong phần mềm ENVI và đánh giá độ chính xác kết quả thu được.

1. Đặt vấn đề

Nấn chỉnh hình học ảnh vệ tinh là vấn đề cơ bản của các ngành sử dụng ảnh viễn thám nhằm mục đích tạo ra một nguồn tài liệu bình đồ ảnh chính xác phục vụ thành lập nền cơ sở dữ liệu và bản đồ. Các hãng vệ tinh lớn của các nước trên thế giới như DigitalGlobe hay Astrium ... khi phóng vệ tinh đều có các phần mềm đi kèm theo để nắn chỉnh hình học các ảnh vệ tinh đó theo các mức khác nhau phụ thuộc vào nhu cầu của người sử dụng. Các phần mềm thương mại như ENVI, ERDAS, IMAGESTATION... có thể dùng để nắn chỉnh hình học mức 3 với các loại ảnh QuickBird, GeoEye hay SPOT 4, SPOT 5 ...

Đối với vệ tinh VNREDSat-1, ảnh thu được có định dạng và cách lưu trữ tương đương với loại ảnh SPOT của Astrium [10] và hiện nay chúng ta thu được ảnh ở dạng thô (mức 0 và mức 1A).

Trong nước đã có nghiên cứu sử dụng mô hình đa thức [2] để nắn chỉnh hình học ảnh vệ tinh VNREDSat-1, nhưng chỉ đáp ứng được khu vực có địa hình tương đối bằng phẳng, còn khu vực có chênh cao lớn thì chưa đáp ứng được độ chính xác thành

lập bản đồ tỉ lệ lớn.

Nghiên cứu thử nghiệm thành lập bình đồ ảnh vệ tinh VNREDSat-1 [1] đã đáp ứng các chỉ tiêu về sai số thành lập bình đồ ảnh vệ tinh, nhưng trong nghiên cứu sử dụng module Imogen để nắn ảnh, module này được tích hợp và thiết kế riêng cho vệ tinh VNREDSat-1, Bộ Tài nguyên và Môi trường là cơ quan sở hữu duy nhất, vì vậy việc nghiên cứu tìm kiếm phần mềm để chủ động nắn ảnh kịp thời phục vụ cho nhiệm vụ quốc phòng an ninh là việc làm rất cần thiết.

2. Dữ liệu và phương pháp nắn ảnh

Để có thể nắn ảnh phục vụ các nhiệm vụ, chúng tôi đã chủ động phối hợp với các nhà cung cấp để làm chủ bộ phần mềm ENVI phù hợp với các tính năng kỹ thuật của ảnh vệ tinh VNREDSat-1 và nhu cầu thành lập bình đồ ảnh.

2.1. Mô hình bộ cảm tuyệt đối chính xác RSM (Rigorous Sensor Model)

Mô hình tuyệt đối chính xác của ảnh được sử dụng để xây dựng các thông số vật lý của ảnh và chuyển đổi giữa không gian 3D của vật thể và không gian ảnh. Nó chứa các thông số vật lý gồm: độ dài tiêu cự,

điểm chính ảnh, kích thước pixel, thông số méo hình kính vật của camera, và các tham số định hướng ảnh như vị trí và độ cao chụp ảnh.

Với một điểm có tọa độ mặt đất là X, Y, Z và tọa độ ảnh là x, y mô hình biến đổi tọa độ thường được dùng là hàm tuyến tính sau:

$$x - x_0 = -f \frac{a_{11}(X - X_s) + a_{12}(Y - Y_s) + a_{13}(Z - Z_s)}{a_{31}(X - X_s) + a_{32}(Y - Y_s) + a_{33}(Z - Z_s)} \quad (1a)$$

$$y - y_0 = -f \frac{a_{21}(X - X_s) + a_{22}(Y - Y_s) + a_{23}(Z - Z_s)}{a_{31}(X - X_s) + a_{32}(Y - Y_s) + a_{33}(Z - Z_s)} \quad (1b)$$

X_s, Y_s, Z_s là tọa độ tâm ảnh ở thời điểm chụp ảnh, f là độ dài tiêu cự camera chụp ảnh, x_0, y_0 là tọa độ điểm chính ảnh, a_{ij} là phần tử của ma trận quay với 3 góc quay ω, φ, κ . Các tham số f, x_0, y_0 thường được gọi là các nguyên tố định hướng trong của ảnh (IO), còn các tham số $X_s, Y_s, Z_s, \omega, \varphi, \kappa$ thường được gọi là nguyên tố định hướng ngoài. Ngoài ra, tọa độ ảnh x, y đã được hiệu chỉnh bởi các tham số méo hình kính vật, gồm méo hình xuyên tâm và méo hình tiếp tuyến. Nói cách khác thì các yếu tố gây méo hình đã được tính toán trong công thức 1.

Công thức 1a và 1b có thể áp dụng cho cả máy ảnh chụp theo khung hình và máy ảnh quét hàng. Với máy ảnh chụp theo khung mỗi ảnh sẽ có một bộ nguyên tố định hướng ngoài (EO), trong khi đó với máy ảnh quét hàng như hệ thống chụp ảnh trên vệ tinh SPOT, IKONOS, VNREDSat-1 mỗi hàng quét sẽ có một bộ nguyên tố định hướng ngoài riêng. Bởi vậy bộ nguyên tố định hướng ngoài sẽ thay đổi theo hàng quét của ảnh. Những thay đổi của nguyên tố định hướng ngoài thường được mô hình hóa bằng các đa thức. Từ quan điểm về hiệu suất tính toán, giải bài toán về hệ số các đa thức của các nguyên tố định hướng ngoài trong bình sai đo ảnh để thay thế cho

các nguyên tố ngoài chính xác cho mỗi đường quét ảnh sẽ giảm rất nhiều số lượng các điểm khống chế và có thể đạt được hiệu quả cao trong tính toán.

Nghịch đảo phương trình tuyến tính nêu trên ta có thể biến đổi tọa độ ảnh x, y và độ cao Z , thành tọa độ mặt đất X, Y .

$$X - X_s = (Z - Z_s) \frac{a_{11}(x - x_0) + a_{21}(y - y_0) - a_{31}f}{a_{13}(x - x_0) + a_{23}(y - y_0) - a_{33}f} \quad (2a)$$

$$Y - Y_s = (Z - Z_s) \frac{a_{12}(x - x_0) + a_{22}(y - y_0) - a_{32}f}{a_{13}(x - x_0) + a_{23}(y - y_0) - a_{33}f} \quad (2b)$$

Do tính ưu việt của mô hình vật lý của bộ cảm và tính chất của ảnh, mô hình tuyệt đối chính xác thường là mô hình hình học được ưu tiên sử dụng trong các ứng dụng đo ảnh.

2.2. Khu vực thực nghiệm ảnh

Khu vực thử nghiệm thuộc phía Tây-Bắc tỉnh Cao Bằng, tiếp giáp biên giới tỉnh Quảng Tây, Trung Quốc. Đây là khu vực vùng núi cao, độ chênh cao địa hình là rất lớn, đỉnh cao nhất lên đến hơn 1300m, điều kiện chọn điểm khống chế cho các ảnh rất phức tạp, không có điểm khống chế ảnh đo ở khu vực ngoài lãnh thổ. (Xem hình 1)



Hình 1: Sơ đồ các cảnh ảnh vệ tinh VNREDSat-1

2.3. Dữ liệu tham gia nắn ảnh và đánh giá độ chính xác

Dữ liệu gốc dùng để nắn ảnh gồm 14 cảnh ảnh VNREDSat-1 đơn chụp năm 2013 trong đó có 07 cảnh ảnh toàn sắc PAN độ phân giải 2.5 m, 07 cảnh ảnh đa phổ độ phân giải 10m (Hình 1).

Cơ sở dữ liệu nền địa lý 1/10.000 của Bộ Tài nguyên và Môi trường dùng để chọn điểm khống chế khu vực trong nước.

Bình đồ ảnh vệ tinh Landsat-8 chụp năm 2014 dùng để so sánh độ chính xác ảnh nắn và sử dụng để chọn một số điểm khống chế khu vực ngoài lãnh thổ.

Mô hình số độ cao 50m do Cục Bản đồ sản xuất và mô hình số độ cao toàn cầu 90m SRTM để phục vụ nắn ảnh khu vực trong và ngoài lãnh thổ.

Ngoài ra còn sử dụng bản đồ địa hình tỷ lệ 1/50.000 và bình đồ trực ảnh SPOT tỷ lệ 1/50.000 để đánh giá, kiểm tra bổ sung độ chính xác ảnh nắn.

Các cảnh ảnh được xử lý ở mức 1A, trong đó file METADATA định dạng DIMAP là định dạng chuẩn của ảnh VNREDSat-1 và file IMAGERY.TIFF chứa các thông tin về ảnh, thông thường khi sử dụng các phần mềm nắn ảnh bằng mô hình đa thức RPC [2], chỉ có thể đọc ảnh IMAGERY.TIFF nên không thể đọc các thông tin về mô hình của ảnh. Các phần mềm khai thác thông tin từ ảnh gốc DIMAP mới có thể nắn chỉnh ảnh VNREDSat-1 sử dụng các mô hình tuyệt đối chính xác của bộ cảm.

2.4. Quy trình tạo ảnh trực giao

Đây là quy trình loại bỏ sai số hình học của các cảnh ảnh. Các yếu tố ảnh hưởng đến sai số hình học của ảnh đó là:

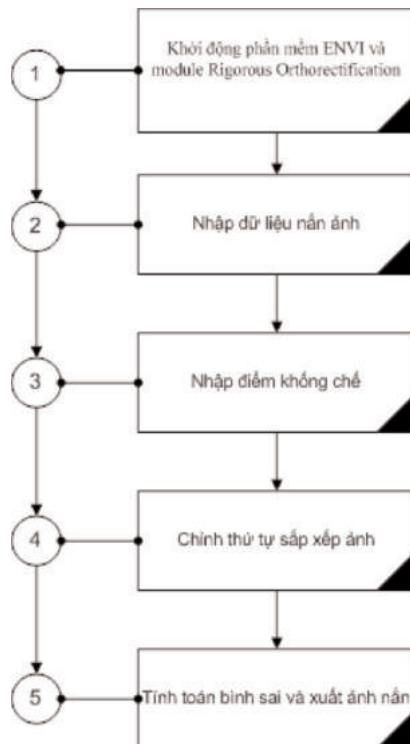
- Vị trí, hướng của máy chụp ảnh hoặc bộ cảm;
- Lỗi hệ thống của máy chụp ảnh hoặc bộ cảm;

- Sự chênh cao của địa hình;
- Độ cong của Trái đất.

Trong nghiên cứu của mình, chúng tôi đã phối hợp với hãng EXELISVIS để giải mã mô hình bộ cảm của vệ tinh VNREDSat-1 và tích hợp bổ sung nâng cấp vào module Rigorous nắn ảnh độ chính xác cao phiên bản ENVI 5.2 mới.

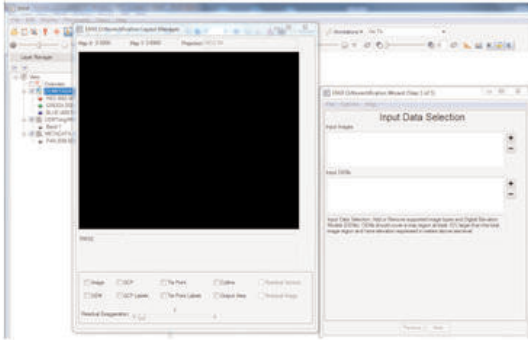
Module nắn ảnh nêu trên là module nắn ảnh bậc cao được tích hợp trong môi trường làm việc của phần mềm ENVI. Ở các phiên bản trước, module này chỉ hỗ trợ đọc ảnh gốc các ảnh như Worlview, SPOT... nhưng trong phiên bản 5.2 lần này module đã có thể đọc trực tiếp dữ liệu ảnh VNREDSat-1 gốc có định dạng là DIMAP để nắn chỉnh hình học ảnh về mức 3.

Các bước nắn chỉnh hình học được thực hiện trong phần mềm ENVI 5.2 cụ thể như sau: (Xem hình 2)



Hình 2: Quy trình nắn chỉnh hình học ảnh VNREDSat-1 sử dụng phần mềm ENVI

Module Rigorous Orthorectification có thể tìm trong Toolbox của phần mềm ENVI hoặc tìm theo mục con Toolbox/Geometric Correction/Orthorectification/ Rigorous Orthorectification.



Hình 3: Phần mềm ENVI 5.2 và module Rigorous Orthorectification

Module này có hai cửa sổ chính, của sổ làm việc chính có tên là ENVI Orthorectification Wizard, trên cửa sổ này chúng ta sẽ thao tác, xử lý với dữ liệu ảnh; cửa sổ còn lại là ENVI Orthorectification Layout Manager. Ở cửa sổ này có thể nhìn thấy hình ảnh trực quan của cảnh ảnh nấn, DEM, điểm khống chế và các thông số khác.

Thực hiện theo các bước trong quy trình [Hình 2], nhập ảnh gốc định dạng DIMAP của ảnh VNREDSat-1 vào module, nhập dữ liệu DEM của khu vực (ranh giới của DEM cần lớn hơn ranh giới của ảnh cần nấn 10%); nhập điểm khống chế cho các cảnh ảnh, đối với mỗi cảnh ảnh trong thực nghiệm chúng tôi chọn từ 6-10 điểm khống chế phụ thuộc vào mức độ khó khăn của từng khu vực.

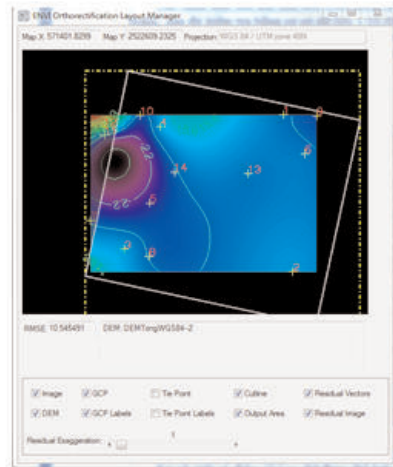
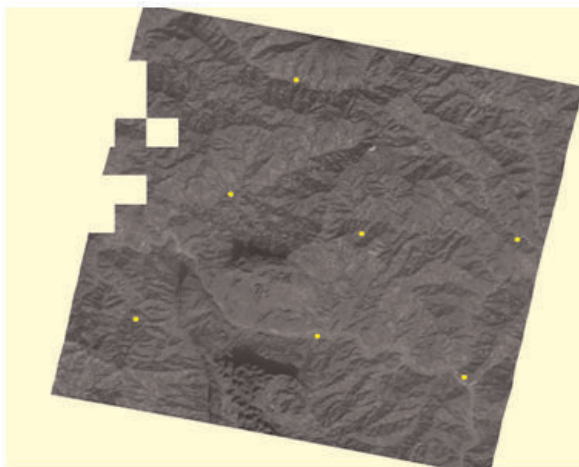
Đối với mỗi cảnh ảnh, sự phân bố điểm khống chế và kết quả nấn ảnh cuối cùng sẽ được thể hiện như hình dưới. (Xem hình 4)

3. Kết quả nấn ảnh và đánh giá độ chính xác

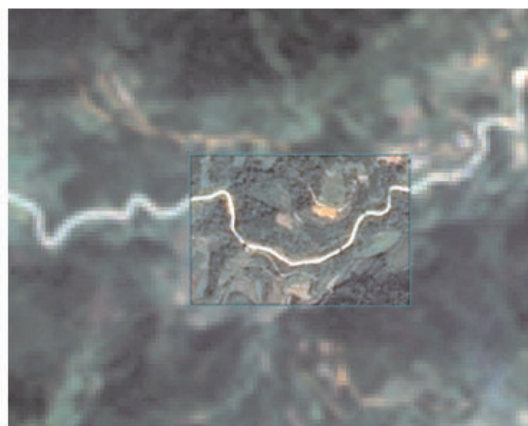
3.1. Kết quả nấn ảnh

Sau khi nấn chỉnh hình học ảnh thu được những kết quả sau:

- Ảnh trực giao mức 3 từng cảnh ảnh của ảnh PAN và ảnh XS;
- Bình đồ ảnh mức 3 đã tăng cường chất lượng ảnh (fusion) của từng cảnh ảnh;
- Bình đồ ảnh ghép của toàn khu vực;
- Bình đồ ảnh vệ tinh được cắt theo mảnh. (Xem hình 5, 6, 7, bảng 1)



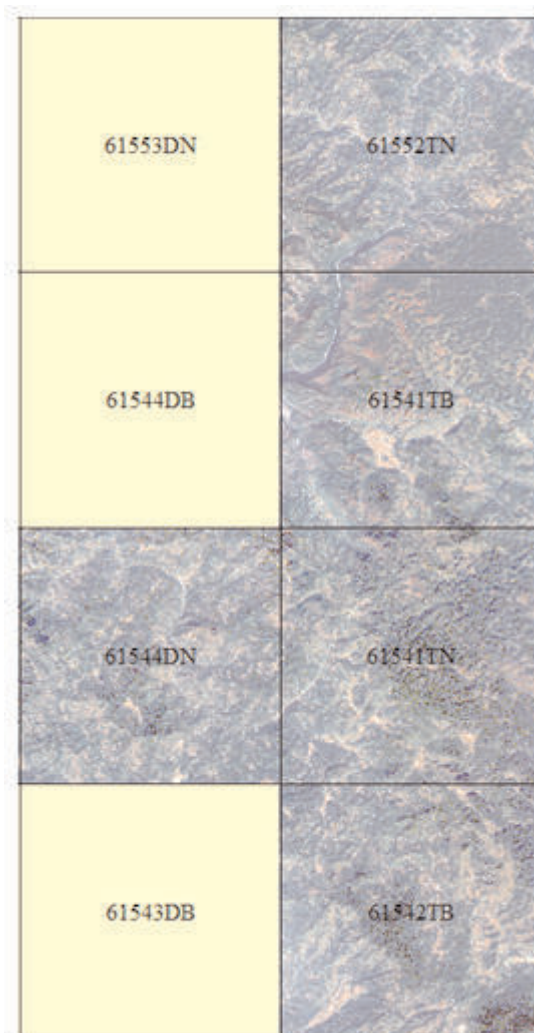
Hình 4: Bố trí điểm khống chế và sai số nấn ảnh



Hình 5: Ảnh tăng cường chất lượng



Hình 6: Bình đồ ảnh ghép toàn khu vực



Hình 7: Bình đồ ảnh được cắt theo mảnh bản đồ tỷ lệ 1/25.000

Khu vực 07 cảnh ảnh nấn phủ trùm đủ 05 mảnh đầy ngoài ra còn phủ trùm 07 mảnh quy đổi khu vực liền kề.

3.2. Đánh giá độ chính xác bình đồ ảnh

Các cảnh ảnh sau khi nấn chỉnh hình học sẽ được đánh giá sai số bằng các nguồn tư liệu khác nhau, về nguyên tắc để đánh giá sai số được chính xác nhất thì phải tiến hành đo ngoại nghiệp. Nhưng trong trường hợp cụ thể này để tiết kiệm kinh phí và thời gian nên sử dụng các nguồn dữ liệu sẵn có trong phòng để đánh giá sai số theo mức độ

Bảng 1: Bảng sai số nắn ảnh

STT	x (m)	y (m)	xKt (m)	yKt (m)	Δx (m)	Δy (m)	Độ lệch (m)
1	586129.81	2531118.85	586130.68	2531118.99	-0.86	-0.13	0.87
2	590942.10	2528848.76	590946.68	2528845.97	-4.58	2.79	5.37
3	583038.00	2533899.93	583029.75	2533895.67	8.25	4.26	9.28
4	583530.41	2526370.32	583533.41	2526371.32	-3.00	-1.00	3.16
5	581090.71	2525661.47	581090.71	2525661.47	0.00	0.00	0.00
6	579918.02	2522118.33	579909.26	2522121.12	8.76	-2.79	9.20
7	593168.33	2519637.55	593163.16	2519629.80	5.17	7.75	9.32
SSTB							6.05
Stdev							3.91
SSTP							7.03

ưu tiên như sau: Cơ sở dữ liệu nền địa lý 1/10.000, bản đồ địa hình số 1/50.000, bình đồ trực ảnh 1/50.000 và ảnh Landsat-8.

Tùy mức độ khó khăn trong việc xác định điểm khống chế (Ground Control Point-GCP), các cảnh ảnh vệ tinh đều xác định các điểm GCP với tiêu chí phải phủ đều trên toàn bộ tấm ảnh đồng thời phải lấy được số lượng điểm khống chế phù hợp (theo quy định là 10 điểm/cảnh). Tuy nhiên, trong trường hợp nắn ảnh theo khối có sự chồng phủ giữa các cảnh ảnh thì số lượng điểm khống chế được xác định cho mỗi cảnh chủ yếu dao động từ 6-10 điểm. Kết quả thử nghiệm sau khi nắn chỉnh hình học cho kết quả đảm bảo yêu cầu, ví dụ về kết quả kiểm tra độ chính xác được thể hiện trong Bảng 1.

Các cảnh ảnh sau khi nắn đều được kiểm tra cục bộ bằng các điểm khống chế trước, sau đó kiểm tra bằng cơ sở dữ liệu nền địa lý 1/10.000. Hệ thống thủy hệ của cơ sở dữ liệu 1/10.000 tương đối trùng khớp, đồng thời hệ thống giao thông cũng chồng khớp tuy nhiên có một số vị trí do quá trình tổng quát hóa bản đồ nên ảnh hơi lệch so

với dữ liệu vector, nhưng đó không phải là lỗi quan trọng.

Đối với mỗi cảnh ảnh nắn, chọn khoảng 5 - 6 điểm kiểm tra. Sai số trung phương lớn nhất là 14,33 m thuộc cảnh ảnh ngoài biên giới (do chọn điểm khống chế và điểm kiểm tra trên bình đồ ảnh Landsat-8). Sai số trung phương nhỏ nhất là 5,03 m. (Xem hình 8)

Đối với toàn khu ảnh ghép, sai số trung phương đạt 10,50m, sai số trung bình đạt 9,17 m với số lượng điểm kiểm tra là 36 điểm.

Đối với các mảnh bình đồ ảnh, trên mỗi mảnh lấy 02 điểm kiểm tra như trong [4] quy định, sai số trung bình đạt 5,9m, sai số trung phương đạt 6,7 m.

Với khu vực ngoài lãnh thổ so dữ liệu Landsat-8 thì chồng khớp và có độ chính xác cao. Ảnh Landsat-8 có độ chính xác mặt bằng cao do vậy có thể hoàn toàn tin tưởng vào sự chồng khớp của ảnh nắn lên ảnh Landsat-8. Đồng thời việc này có thể khẳng định bằng đường việc tiếp biên giữa hai ảnh trong và ngoài lãnh thổ đảm bảo sai số về ghép ảnh.



Hình 8: Sơ đồ bố trí điểm kiểm tra cho toàn khu

4. Kết luận

Sử dụng mô hình Bộ cảm tuyệt đối chính xác được xây dựng trong phần mềm ENVI 5.2 để nắn chỉnh hình học ảnh vệ tinh VNREDSat-1 đã đáp ứng yêu cầu kỹ thuật về việc thành lập bình đồ ảnh tỷ lệ 1/25.000 ở khu vực biên giới có mức khó khăn cao, có thể sử dụng áp dụng trong công tác thành lập mới và hiện chỉnh bản đồ tỷ lệ 1/25.000 và nhỏ hơn.

Các đơn vị sử dụng phương pháp này có thể chủ động trong công tác thành lập ảnh trực giao từ ảnh VNREDSat-1 mức xử lý 1A từ nhà cung cấp.

Việc sử dụng Module nắn chỉnh ảnh tuyệt đối chính xác Rigorous Orthorectification còn tương đối xa lạ đối với nhiều người dùng trong nước, việc xác định điểm khống chế có thể khó khăn nhưng nếu kết hợp nhiều nguồn tư liệu chúng ta có thể sử dụng phương pháp này để nắn ảnh.

Qua quá trình đánh giá sai số việc sử dụng cơ sở dữ liệu nền địa lý 1/10.000 cần thận trọng và cần có sự kết hợp với các nguồn tư liệu khác để đánh giá độ chính xác trước khi đưa vào sử dụng. ○

Tài liệu tham khảo

[1]. Nguyễn Xuân Lâm, Chu Hải Tùng, nnk: Nghiên cứu thử nghiệm thành lập bình đồ ảnh vệ tinh VNREDSat-1, Tuyển tập Hội nghị Khoa học và Công nghệ: Trắc địa và Bản đồ vì hội nhập quốc tế, Hà Nội 7/2014.

[2]. Phạm Xuân Hoàn, Nguyễn Doãn Tùng, Nghiên cứu phương pháp thành lập bình đồ ảnh vệ tinh VNREDSat-1, Thông tin Địa hình Quân sự, số 4/2014.

[3]. Thông tư Ban hành tiêu chuẩn TCVN/QS 1488:2011. Địa hình quân sự - Sản phẩm đo đạc - bản đồ, Bộ Quốc phòng, năm 2011.

[4]. Thông tư số 10/2015/TT-BTNMT của Bộ Tài nguyên và Môi trường ngày 25/10/2015 Quy định kỹ thuật về sản xuất ảnh viễn thám quang học độ phân giải cao và siêu cao để cung cấp đến người sử dụng.

[5]. Tài liệu kỹ thuật của phần mềm ENVI. www.exelivis.com.

[6]. Tài liệu kỹ thuật của phần mềm ERDAS. www.geospatial.intergraph.com.

[7]. A. Robert Schowengenrdt: Remote Sensing Models and Methods Image Processing, 3 Edition, AP.

[8]. John A. Richards, Xiuping Jia: Remote Sensing Digital Image Analysis, 4th Edition, Australia, 2005.

[9]. Kasser, Michel: Digital photogrammetry/ Michel Kasser and Yves Egels, London and Newyork, 2002.

[10]. VNREDSat-1 Satellite Missions: www.directory.eoportal.org. ○

(Xem tiếp trang 57)