

SỬ DỤNG MÔ HÌNH SỐ ĐỘ CAO (DEM) ĐỂ HIỆU CHỈNH BỨC XẠ PHỔ ẢNH VỆ TINH SPOT5 CHO ĐỊA HÌNH CÓ ĐỘ CHÊNH CAO LỚN

**TSKH. LƯƠNG CHÍNH KẾ¹, ThS. NGUYỄN VĂN HÙNG¹, ThS. TRẦN NGỌC TƯỜNG¹,
ThS. TRẦN THANH THÙY¹, ThS. LÊ THỊ HẢI NHƯ²**

¹Trung tâm Viễn thám quốc gia, ²Cục Đo đạc và Bản đồ Việt Nam

Tóm tắt:

Ở địa hình có độ chênh cao lớn, chúng ta thường gặp hiện tượng bóng che khuất của các đối tượng trên cao đối với đối tượng ở thấp. Hiện tượng này ảnh hưởng tới bức xạ của ảnh. Cụ thể là vùng bị che khuất có tông màu thâm đen, rất khó giải đoán các đối tượng. Nên khi phân lớp các đối tượng sẽ bị nhầm lẫn. Để tiến hành hiệu chỉnh ảnh hưởng của chênh cao địa hình tới bức xạ của ảnh ở những vùng chênh cao lớn, chúng ta sử dụng mô hình số độ cao (DEM). Như vậy, DEM không chỉ sử dụng để hiệu chỉnh hình học ảnh mà còn sử dụng để hiệu chỉnh bức xạ của ảnh. Sản phẩm hoàn hảo của bản đồ trực ảnh đòi hỏi phải tiến hành hiệu chỉnh đồng thời hình học ảnh và bức xạ ảnh. Trong đó hiệu chỉnh bức xạ ảnh cần được tiến hành: hiệu chỉnh hàm bức xạ của đầu thu; ảnh hưởng khí quyển; và ảnh hưởng của địa hình, trong đó trước tiên là ảnh hưởng của độ chênh cao địa hình.

Bài báo trình bày về sử dụng DEM và lựa chọn mô hình hiệu chỉnh bức xạ ảnh thích hợp do ảnh hưởng chênh cao địa hình sẽ nâng cao chất lượng ảnh cho các công đoạn tiếp theo. Thực nghiệm được tiến hành trên ảnh SPOT 5.

1. MỞ ĐẦU

Anh hưởng chiếu sáng địa hình ở những vùng chênh cao lớn gây tác động tới sự thay đổi phản xạ của các thuộc tính của đối tượng trên bề mặt đất, dẫn đến nhầm lẫn trong phân lớp lớp phủ bề mặt do vị trí địa hình khác nhau. Tác động của ảnh hưởng chiếu sáng địa hình (từ mặt trời) ảnh hưởng tới góc tới cục bộ của từng pixel ảnh, bước sóng của bức xạ đi tới, và đặc trưng phản xạ riêng của loại lớp phủ bề mặt đất. Các nghiên cứu trên thế giới từ những năm 80 của kỷ nguyên trước cho tới nay đều nhất quán kết luận là ảnh hưởng chiếu sáng (illumination) địa hình tới

bức xạ ảnh cần được hiệu chỉnh cho từng kênh ảnh đa phổ trước khi tiến hành phân lớp và nghiên cứu biến động lớp phủ bề mặt [1, 2, 6, 7].

Để tiến hành hiệu chỉnh ảnh hưởng chiếu sáng địa hình ở những vùng chênh cao lớn cho từng pixel ảnh, chúng ta sử dụng DEM, dùng để nắn chỉnh hình học ảnh. Độ chính xác của DEM không chỉ ảnh hưởng tới độ chính xác hiệu chỉnh hình học mà còn ảnh hưởng tới độ chính xác hiệu chỉnh bức xạ ảnh [3, 5]. Đối với ảnh có độ chênh cao thấp, chúng ta sử dụng DEM toàn cầu SRTM có độ phân giải của lưới GRID là 90m, hay DEM của ASTER là 30m; hoặc

DEM phủ trùm ở các tỷ lệ tương ứng 1:50.000, 1:25.000 cho ảnh có độ phân giải cao.

Số lượng mô hình để hiệu chỉnh ảnh hưởng chiếu sáng địa hình ở những vùng chênh cao lớn cho từng pixel ảnh mà các nhà nghiên cứu đề xuất từ những năm 80 của thế kỷ trước cho tới nay lên tới trên 10 mô hình [1, 2, 6, 7, 8]. Việc lựa chọn mô hình thích hợp để hiệu chỉnh bức xạ ảnh chịu tác động ảnh hưởng chiếu sáng do chênh cao địa hình cần được khảo cứu cho từng loại địa hình cụ thể.

Bài báo giới thiệu cơ sở khoa học của 4 mô hình hiệu chỉnh bức xạ ảnh do ảnh hưởng yếu tố chênh cao địa hình cho khu vực thực tế của tỉnh Hòa Bình. Kết quả nghiên cứu cho thấy mô hình thứ 2, 3 và thứ 4 có thể áp dụng cho địa hình đồi núi Việt Nam vì hệ số biến đổi CV (coefficient of variation) của ảnh sau khi hiệu chỉnh bằng mô hình 2, 3 và 4 nhỏ hơn CV của ảnh gốc. Với mục đích chỉ ra rằng việc chọn mô hình hiệu chỉnh thích hợp sẽ làm tăng chất lượng ảnh, cho nên chúng tôi sử dụng ngay ảnh mức 1A (có giá trị số là DN - ảnh gốc) mà bỏ qua các bước hiệu chỉnh khác như hàm bức xạ đầu thu và yếu tố khí quyển.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Trong phần này, chúng tôi giới thiệu 4 mô hình sử dụng để hiệu chỉnh bức xạ ảnh do yếu tố chênh cao địa hình, đã được nhiều nhà nghiên cứu trên thế giới quan tâm.

2.1. Mô hình hiệu chỉnh Colby

Mô hình Colby mang tên người đề xuất còn gọi là *mô hình hiệu chỉnh cosin* hay còn gọi là *mô hình hiệu chỉnh Lambert*. Đây là mô hình đơn giản nhất để hiệu chỉnh chênh cao địa hình ảnh hưởng tới bức xạ ảnh; bởi vì mô hình dựa trên giả định là bức xạ đi tới (từ mặt trời) bị phản xạ như nhau về mọi hướng. Đường nhiên giả định này không phù hợp với thực tiễn khách quan. Mô hình

sử dụng hai đại lượng góc là góc thiên đỉnh mặt trời θ_s và góc tới i của chùm tia sáng đi từ mặt trời về địa hình. Mô hình có dạng:

$$R_n = R \cdot (\cos \theta_s / IL), \text{ với } IL = \cos i \quad (M1)$$

Trong đó: R - Bức xạ ảnh trước khi hiệu chỉnh (góc); R_n - Bức xạ ảnh sau khi hiệu chỉnh; IL - hàm số cosin của i hay còn gọi là hàm chiếu sáng (illumination) địa hình.

2.2. Mô hình hiệu chỉnh Minnaert

Mô hình Minnaert với giả định là mô hình phản xạ về các hướng là không giống nhau hay địa hình là địa hình phi Lambert. Giả định này sát với thực tế. Minnaert đưa thêm hằng số k là số mũ cho tỷ số $(\cos \theta_s / IL)$. Mô hình Minnaert có dạng:

$$R_n = R \cdot (\cos \theta_s / IL)^k, \text{ với } k \text{ là hằng số} \quad (M2)$$

Hằng số k còn gọi là hằng số đặc trưng địa hình. Một số tác giả cải biên mô hình Minnaert, đưa thêm hàm cosin của độ dốc địa hình vào công thức M2.

2.3. Mô hình hiệu chỉnh Teillet

Teillet đưa thêm hằng số C vào tử số và mẫu số của công thức (1) hay còn gọi là *mô hình C-hiệu chỉnh*. Trong đó C là tỷ số giữa phần 'bù thêm' (offset) và hệ số tỷ lệ (slope) của đường hồi quy tuyến tính giữa ảnh gốc R và IL . Mô hình hiệu chỉnh C được viết như sau:

$$R_n = R \cdot [(\cos \theta_s + C) / (IL + C)] \quad (M3)$$

2.4. Mô hình hiệu chỉnh Meyer

Mô hình hiệu chỉnh Meyer trong thực tế thường gọi là *mô hình kinh nghiệm-thống kê*. Dạng của mô hình như sau:

$$R_n = R - m \cdot IL - b + R_{\text{mean}} \quad (M4)$$

Trong đó: m - hệ số tỷ lệ (slope); b - phần bù (offset); R_{mean} - Trị trung bình của R .

Các hệ số m và b được xác định từ hàm hồi quy tuyến tính giữa R và IL , cụ thể là $R = m \cdot IL + b$.

Khảo nghiệm các mô hình trên đây để chọn mô hình phù hợp cho địa hình khu vực tỉnh Hòa Bình có chênh cao lớn được tiến hành trong phần thực nghiệm.

3. THỰC NGHIỆM

3.1. Khu vực thực nghiệm

Vị trí địa lý: Khu vực thực nghiệm nằm ở khu vực miền núi thuộc huyện Tân Lạc, tỉnh Hòa Bình, có vị trí địa lý khoảng 20°30' - 20°45' vĩ độ Bắc, 105°30' - 105°45' kinh độ Đông, cách thủ đô Hà Nội 73 km.

Địa hình: Địa hình khu vực thực nghiệm là núi cao, chia cắt phức tạp, độ dốc lớn và theo hướng Tây Bắc-Đông Nam. Vùng núi cao (phía Đông Bắc) có độ cao trung bình từ 600-700m, điểm có độ cao lớn nhất là 1189 m, độ dốc trung bình 30-35°, địa hình hiểm trở, đi lại khó khăn.

Khí hậu: Mưa, bão tập trung từ tháng 6 đến tháng 9 hàng năm với lượng mưa trung bình hàng năm là 1800 - 2200 mm. Các hiện tượng gió lốc, mưa đá thường xuyên xảy ra. Nhiệt độ trung bình hàng năm là 24,7°C; cao

nhất 41,2°C; thấp nhất 1,9°C. Tháng nóng nhất là tháng 7, nhiệt độ trung bình từ 27-29°C; tháng lạnh nhất là tháng 1, nhiệt độ trung bình 15,5-16,5°C.

3.2. Dữ liệu

Dữ liệu được sử dụng trong báo cáo bao gồm:

a) Dữ liệu mô hình số độ cao

Dữ liệu mô hình số độ cao ở khu vực thực nghiệm được thành lập từ bản đồ địa hình tỷ lệ 1:25.000 với chính xác bằng 3m (Bảng 1/3 khoảng cao đều đường bình độ cơ bản của bản đồ địa hình 1/25.000). Mô hình số độ cao có giá trị độ lớn pixel là 20m được tái chia mẫu về độ phân giải 10m để phù hợp với độ phân giải không gian của ảnh vệ tinh đa phổ SPOT 5. Dữ liệu DEM được mô tả trên hình 1a.

b) Dữ liệu ảnh vệ tinh

Ảnh vệ tinh được sử dụng là ảnh vệ tinh SPOT 5 khu vực tỉnh Hòa Bình. Thông số ảnh vệ tinh SPOT 5 được trình bày ở bảng 1 dưới đây:

Bảng 1: Thông số của ảnh vệ tinh SPOT 5

STT	Thuộc tính	Thông số
1	Số hiệu ảnh	269-309
2	Thời gian chụp ảnh	2010-11-02 03:30:44.1
3	Thiết bị	HRG 2
4	Mức độ xử lý	1A
5	Số kênh	4
6	Góc định hướng	12.3071030
7	Góc tới	R17.9308650
8	Góc cao mặt trời	50.7762140
9	Góc phương vị mặt trời	151.9665340
10	Độ phân giải không gian cho 3 kênh ảnh đa phổ	10 m

Ảnh tổ hợp màu giả (ký hiệu M0) từ 3 kênh ảnh gốc XS1, XS2 XS3 ở mức 1A với trị số DN được thể hiện trên hình 2a.

Phần mềm xử lý ảnh để hiệu chỉnh yếu tố địa hình do độ chênh cao lớn được sử dụng là ENVI và ArcGIS.

(Xem hình 1a, 1b, 1c, 1d)

3.2. Thực nghiệm

Mô hình số độ cao và ảnh vệ tinh được đưa về cùng một hệ tọa độ VN2000 và được cắt theo khu vực nghiên cứu.

Dữ liệu DEM được sử dụng để tính ảnh

chỉ số độ dốc và ảnh phương vị độ dốc (hình 1b,1c) được thực hiện trên ArcGIS.

Từ ảnh chỉ số độ dốc và ảnh phương vị độ dốc kết hợp với các thông số của ảnh vệ tinh, trước hết chúng ta tính ảnh chiếu sáng địa hình từ mặt trời IL. Trong các mô hình (M1 – M4) hiệu chỉnh ảnh hưởng yếu tố địa hình do độ chênh cao, ảnh IL đóng một vai trò quan trọng trong các phép biến đổi ảnh. Kết quả tính ảnh IL được thể hiện trên hình 1d.

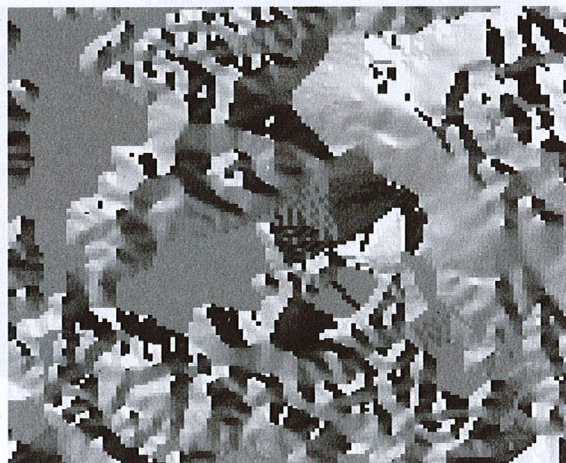
(Xem hình 2: 2a, 2b, 2c, 2d, 2e, 2f)



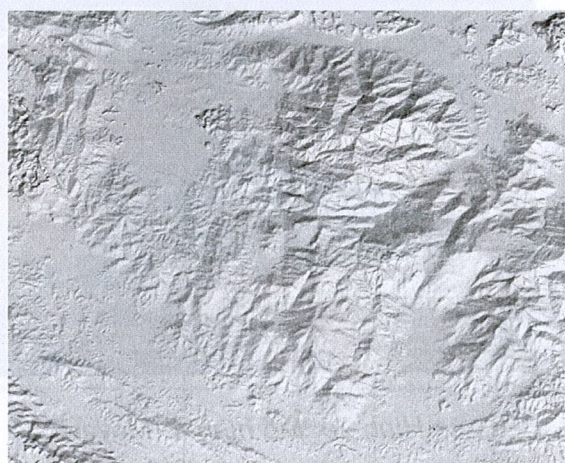
Hình 1a: Dữ liệu DEM



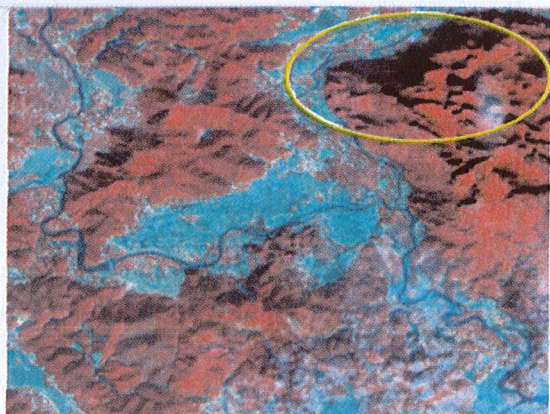
Hình 1b: Ảnh chỉ số độ dốc



Hình 1c: Ảnh phương vị độ dốc



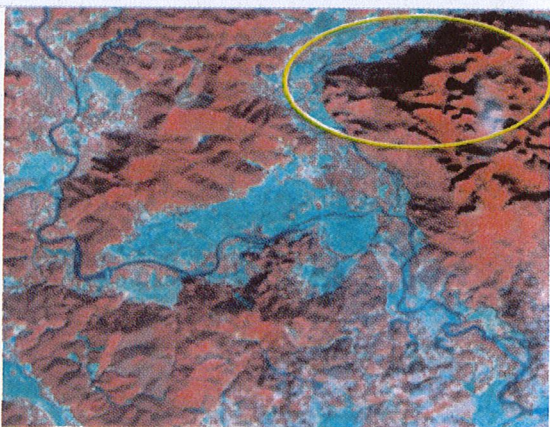
Hình 1d: Ảnh chiếu sáng địa hình từ mặt trời IL



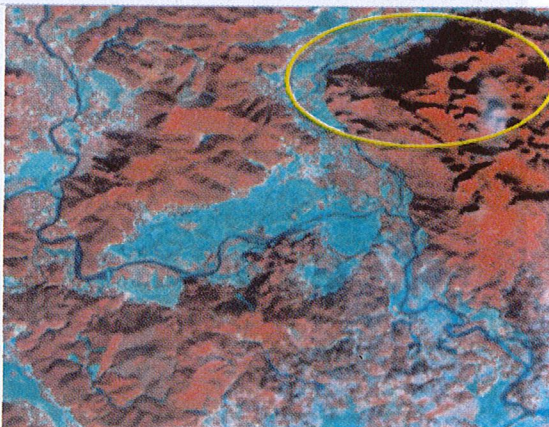
Hình 2a: Ảnh (gốc) tổ hợp màu giả
SPOT 5 (2010): (M0)



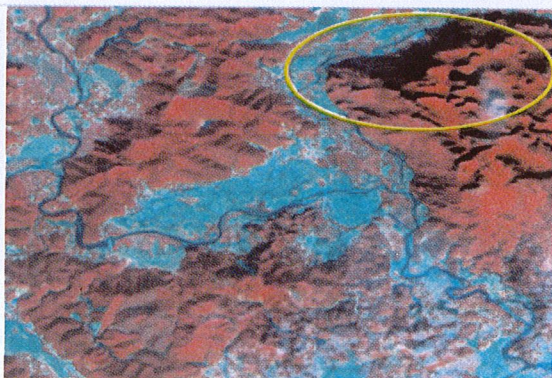
Hình 2b: Mô hình 1 (Colby)



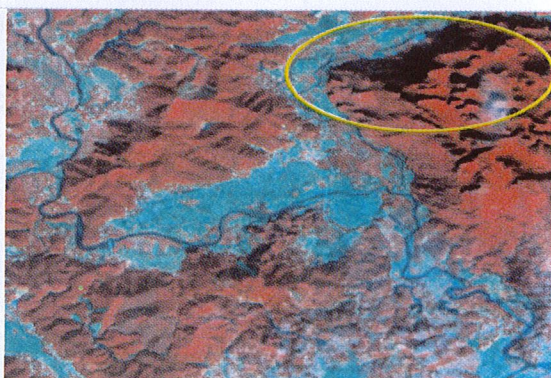
Hình 2c: Mô hình 2 (Minnaert)



Hình 2d: Mô hình 3 (Teillet)



Hình 2e: Mô hình 4 (Meyer)



Hình 2f: Ảnh (gốc) tổ hợp màu giả
SPOT 5 (2010): (M0)

Hình 2: So sánh các ảnh sau hiệu chỉnh (M1-M4) với ảnh gốc (M0) -
(tổ hợp màu giả, ảnh chụp 2010)

Các tham số, hằng số của các mô hình hiệu chỉnh như trình bày ở mục 2 được xác định và các mô hình hiệu chỉnh ảnh hưởng của chênh cao địa hình tới bức xạ phổ của từng kênh ảnh cũng được xác định; sau đó tiến hành tổ hợp mẫu giả. Kết quả được thể hiện trên hình 2b-2e.

Trong mô hình 2 (mô hình Minnaert) cần xác định hằng số k của địa hình thuộc khu vực nghiên cứu. Sau khi sử dụng các phép biến đổi ảnh thích hợp, chúng ta nhận được các hằng số k cho từng kênh ảnh tương ứng. Kết quả xác định được trình bày trong bảng 2. (Xem bảng 2)

3.3. Đánh giá kết quả

Đánh giá kết quả hiệu chỉnh ảnh hưởng yếu tố địa hình có thể tiến hành bằng 2 giải pháp:

- Bằng trực giác;
- Bằng tham số thống kê.

Để đánh giá kết quả các mô hình tính toán ảnh hưởng do chênh cao địa hình

mang tính khách quan, chúng ta dùng hệ số biến đổi CV (coefficient of variation) tính theo công thức:

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} \quad (5)$$

Trong đó σ là độ lệch chuẩn và μ là giá trị trung bình của ảnh.

Kết quả tính chỉ số CV cho ảnh gốc (M0) và 4 ảnh sau khi hiệu chỉnh (M1-M4) theo 4 mô hình trình bày ở phần 2 được thống kê trên bảng 3. (Xem bảng 3)

Đồ thị giá trị CV cho 3 kênh ảnh gốc XS1; XS2; XS3 và cho bốn ảnh hiệu chỉnh theo 4 mô hình ảnh hưởng chênh cao địa hình tới phổ phản xạ ảnh trong khu vực thực nghiệm được giới thiệu trên hình 3.

Một số đánh giá có thể tóm tắt như sau:

1. Nhìn về trực quan chúng ta thấy rằng ảnh trước khi hiệu chỉnh ảnh hưởng chênh cao địa hình tới bức xạ phổ của các đối tượng lớp phủ bề mặt (ví dụ tại khu vực đánh dấu vòng elip màu vàng bị bóng của

Kênh ảnh	XS1	XS2	XS3
Hằng số Minnaert k	0,342	0,243	0,206

Bảng 2: Hằng số k của mô hình Minnaert cho 3 kênh ảnh đa phổ SPOT5

Các kênh ảnh	Ảnh gốc (M0) (%)	Mô hình (M1) (%)	Mô hình (M2) (%)	Mô hình (M3) (%)	Mô hình (M4) (%)
XS1	17.39	18.94	17.28	16.60	16.78
XS2	22.48	23.39	21.83	22.19	18.06
XS3	13.15	16.73	12.88	12.95	11.04
Trung bình	17.67	19.68	17.33	17.25	15.29

Bảng 3: Hệ số biến đổi CV (%) của ảnh gốc và ảnh hiệu chỉnh theo các mô hình ảnh thời kỳ 2010

địa hình) nằm trong khu vực bóng không nhìn thấy rõ. Ảnh sau khi hiệu chỉnh ảnh hưởng chênh cao địa hình tới bức xạ phổ, chúng ta thấy rõ các địa vật sắc nét hơn, đặc biệt là mô hình 2, mô hình 3 và mô hình 4. Khu vực bị lóe sáng hình ảnh có mức độ cân bằng ánh sáng cũng đã tăng lên đáng kể. (Xem hình 3)

2. Nhìn vào bảng hệ số biến đổi (bảng 3) và biểu đồ hình 3 cho thấy chỉ số CV của mô hình 2, mô hình 3 và mô hình 4 có giá trị nhỏ hơn so với các mô hình khác ở từng kênh ảnh đa phổ, đồng nghĩa với chất lượng thông tin trên ảnh của hai mô hình trên là tốt hơn so với ảnh gốc.

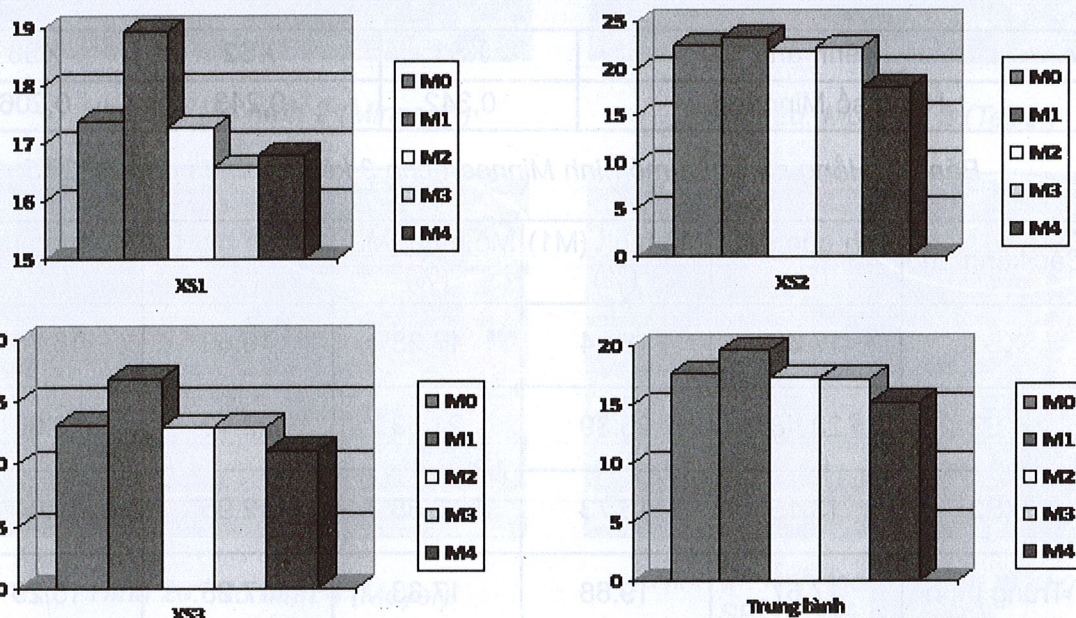
Trong số 4 mô hình tham gia vào thực nghiệm cho thấy mô hình thứ 4 có chất lượng ảnh sau khi hiệu chỉnh ảnh hưởng yếu tố địa hình là tốt nhất.

4. KẾT LUẬN

Hiệu chỉnh ảnh hưởng chiếu sáng địa hình tới bức xạ ảnh do chênh cao địa hình là điều cần thiết. Ảnh sau khi hiệu chỉnh có

thể cho chất lượng xấu tốt khác nhau; điều đó phụ thuộc vào mô hình sử dụng để hiệu chỉnh. Để thực hiện được điều đó, điều trước tiên là cần thiết khảo sát lựa chọn mô hình thích hợp cho địa hình đặc thù của từng khu vực. Ảnh sau khi hiệu chỉnh bằng mô hình tuyển chọn sẽ cho chất lượng ảnh tốt hơn so với trước khi chưa hiệu chỉnh; điều đó đồng nghĩa với khả năng nâng cao độ chính xác trong phân lớp ảnh cũng như trong nghiên cứu biến động. Bảng trực giác chúng ta có thể cảm nhận thấy điều đó; nhưng để đảm bảo tính khách quan, hệ số CV được coi là chỉ số để đánh giá ảnh trước và sau khi hiệu chỉnh.

Cho khu vực địa hình rừng núi Hòa Bình, mô hình kinh nghiệm-thống kê (M4) hiệu chỉnh bức xạ ảnh vệ tinh SPOT5 do yếu tố chênh cao địa hình là mô hình thích hợp cho phép nâng cao chất lượng ảnh so với ảnh gốc là 13,5%. Nếu chúng ta tiếp tục hiệu chỉnh bức xạ ảnh do hàm đầu thu và ảnh hưởng yếu tố khí quyển thì khả năng chất lượng ảnh còn được cải thiện hơn nữa. ○



Hình 3: Biểu đồ biến thiên chỉ số CV (bảng 3) của các kênh ảnh sau khi hiệu chỉnh theo bốn mô hình (M1-M4) so với ảnh gốc (M0)

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Civco, D.L., 1989. Topographic normalization of Landsat thematic mapper digital imagery, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 55(11):1303–1309.
- [2]. Colby, J.D., 1991. Topographic normalization in rugged terrain, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 57(5):531–537.
- [3]. Hale, S.R., and B.N. Rock, 2003. Impact of topographic normalization on land-cover classification accuracy, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 69(7):785–791.
- [4]. Janet Nichol, Law Kin Hang, 2008. The influence of DEM accuracy on topographic correction of IKONOS satellite images. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. Vol. 74, No 1, pp.47-53.
- [5]. Meyer, P., K. Itten, T. Kellenberger, S. Sandmeier, and R. Sandmeier, 1993. Radiometric corrections of topographically induced effects on Landsat TM data in an alpine environment, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 48:17–28.
- [6]. Sandmeier, S., and K.I. Itten, 1997. A physically-based model to correct atmospheric and illumination effects in optical satellite data of rugged terrain, *IEEE Transactions in Geoscience and Remote Sensing*, 35:708–717.
- [7]. Teillet, P.M., B. Guindon, and D.G. Goodenough, 1982. On the slope-aspect correction of multispectral scanner data, *Canadian Journal of Remote Sensing*, 8:1537–1540.○

Summary

USING DIGITAL ELEVATION MODEL TO CALIBRATE RADIATION SPECTRUM IMAGE SATELLITES SPOT5 FOR LARGE TERRAIN WITH DIFFERENT HEIGHT

Dr. Sc. Luong Chinh Ke; MSc. Nguyen Van Hung; MSc. Tran Ngoc Tuong

MSc. Tran Thanh Thuy; MSc. Le Thi Hai Nhu

In the terrain with high elevation differences, a fact that we often encounter the phenomenon obscured in the shade of the above objects, for those in low. This phenomenon affects the image spectral radiances. Specifically, the shadow region will be in deep black color tones, it is very difficult to distinguish the objects. That will lead to misclassify land cover. To conduct topographic correction effects in areas of high elevation difference, we use digital elevation model DEM. Thus, the DEM is not only used to rectify geometrical image but also learn to correct image radiances. Perfect orthomosaic requires at the same time geometrical and radiometric corrections, where radiometric correction should be carried out: sensor radiation correction; atmospheric effects, and terrain effects due to high elevation differences of terrain.

The paper presents the use of DEM and chosen model for SPOT5 images spectral radiance correction due to the undulant area.○