

ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ CỦA MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP HIỆU CHỈNH ẢNH HƯỞNG CỦA ĐỊA HÌNH ĐẾN ẢNH VỆ TINH SPOT 5

Nguyễn Thị Thanh Hương¹

Ngày nhận bài: 01/6/2015; Ngày phản biện thông qua: 17/6/2015; Ngày duyệt đăng: 20/6/2015

TÓM TẮT

Nhằm nâng cao hiệu quả trong việc sử dụng ảnh vệ tinh, nghiên cứu này đã sử dụng các thuật toán Cosine, Minnaert, C-correction, và Semi-empirical để thử nghiệm hiệu quả của việc hiệu chỉnh ảnh hưởng địa hình đến ảnh vệ tinh. Mô hình quy tuyến tính được sử dụng để đánh giá mối tương quan giữa ảnh trước và sau hiệu chỉnh với độ dốc của địa hình. Kết quả cho thấy trong trường hợp này 2 phương pháp C-correction và Minnaert thể hiện kết quả quá tốt nhất với hệ số tương quan nhỏ nhất.

Từ khóa: Ảnh vệ tinh, hiệu quả, hiệu chỉnh

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ở vùng đồi dốc, địa hình thường làm ảnh hưởng đến quang phổ của bề mặt. Sườn núi về phía hướng mặt trời thường nhận được bức xạ lớn hơn và thể hiện sáng hơn so với sườn núi khuất mặt trời. Sự chiếu sáng không chỉ bị ảnh hưởng bởi địa hình mà tỷ trọng ánh sáng phản xạ về vệ tinh cũng thay đổi bởi vị trí hình học của mặt trời, mục tiêu và tầm nhìn (Coby, 1991; Wen, 2008). Có nhiều ảnh hưởng gây ra biến đổi địa hình ở vùng núi bao gồm bóng khuất, độ dốc, hướng phơi, ánh sáng phản xạ xung quanh và sự di chuyển của các điểm ảnh vệ tinh, đặc biệt là đối với ảnh có độ phân giải cao. Thực tế có nhiều ảnh vệ tinh bị ảnh hưởng bởi chính hệ thống của nó và môi trường như độ méo mó về hình học hoặc vị thay đổi địa hình. Vì vậy quá trình hiệu chỉnh ảnh hưởng của địa hình có thể rất quan trọng trong khu vực địa hình gồ ghề, và là một bước chuẩn bị cho việc đánh giá định lượng ảnh vệ tinh đa phổ.

Có một số phương pháp đã được sử dụng nhằm cải thiện chất lượng của việc sử dụng ảnh vệ tinh trong quản lý rừng, tuy vậy việc hiệu chỉnh ảnh hưởng của địa hình đối với ảnh vệ tinh trong nước gần như ít được đề cập đến. Một trong những nguyên nhân ảnh hưởng đến độ chính xác của việc thu nhận thông tin thảm phủ từ ảnh vệ tinh là sự không đồng nhất về bề mặt của địa hình. Trong khi đó rừng còn lại của Việt Nam hiện nay chủ yếu là ở các vùng có độ dốc cao và đây là nguyên nhân làm ảnh hưởng đến tính không đồng nhất khi thu nhận dữ liệu bề mặt từ vệ tinh. Kết quả là phản xạ phổ của đối tượng giống nhau nhưng phân bố ở các độ dốc khác nhau sẽ làm cho đặc trưng phổ được thu nhận trên ảnh khác nhau. Vì vậy trước khi sử dụng cần có hiệu chỉnh để chuẩn hóa ảnh nhằm giảm bớt ảnh hưởng của địa hình là cần thiết. Nghiên

cứ này nhằm sử dụng một số phương pháp hiệu chỉnh ảnh hưởng của địa hình để nâng cao hiệu quả sử dụng ảnh vệ tinh trong các ứng dụng liên quan đến quản lý tài nguyên rừng.

Nghiên cứu được thực hiện tại khu vực rừng lá rộng thường xanh ở huyện Tuy Đức, tỉnh Đắk Nông. Khu vực nghiên cứu nằm ở vĩ độ bắc từ 11°59' đến 12°16' và kinh độ đông từ 107°13' đến 107°28' với diện tích khoảng 500km² (20x25km). Rừng lá rộng thường xanh nhiệt đới chiếm ưu thế ở khu vực này, tuy nhiên đã qua tác động của con người ở các cấp độ khác nhau, hình thành các trạng thái trữ lượng gỗ khác biệt.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Dữ liệu và phần mềm

Dữ liệu liên quan được thu thập trong nghiên cứu này bao gồm: Bản đồ địa hình tỷ lệ 1: 10.000; Ảnh vệ tinh SPOT 5 thu năm 2012 đã được xử lý orthorectification và hiệu chỉnh hình học. Bản đồ địa hình được sử dụng để xây dựng mô hình hình số độ cao DEM (Digital Elevation Number) với độ phân giải 10x10m.

Phần mềm chủ yếu được sử dụng trong nghiên cứu này là phần mềm Erdas Image 9.1.

2.2. Các phương pháp hiệu chỉnh địa hình

Thuật ngữ hiệu chỉnh địa hình hay chuẩn hóa địa hình là đề cập đến sự bù đắp sự khác biệt về độ chói quang phổ gây ra bởi sự khác biệt địa hình. Ảnh hưởng này gây nên sự khác biệt cao trong giá trị độ sáng dù là cùng loại thực vật chẳng hạn những vùng thực vật bị bóng khuất giá trị độ sáng thấp hơn là những vùng được mặt trời chiếu sáng. Vì vậy quá trình hiệu chỉnh địa hình rất quan trọng đối với những vùng có địa hình gồ ghề. Việc hiệu chỉnh địa hình đã được thực hiện bởi một số tác giả như Duguay và LeDrew (1992), Meyer

¹ TS., Khoa Nông lâm nghiệp, trường Đại học Tây Nguyên

Tác giả liên hệ: Nguyễn Thị Thanh Hương; ĐT: 0914141188; Email: huongthanh.frem@gmail.com

(1993), Thomson và Jones (1990), Tokola và cộng sự (2001).

Một số phương pháp được nhiều tác giả quan tâm để chuẩn hóa địa hình như phương pháp dựa vào chỉ số ảnh NDVI, các phương pháp thực nghiệm và bán thực nghiệm như hiệu chỉnh Cosine, Minnaert, C-correction. Tuy nhiên các kết quả cũng rất khác nhau tùy thuộc vào loại bộ cảm và khu vực nghiên cứu. Nghiên cứu của Jones và cộng sự (1988) đã giả định bề mặt Lambertian là bề mặt hoàn hảo tức là có độ chói sáng như nhau ở mọi hướng, do vậy có những nỗ lực để hiệu chỉnh sự khác biệt về độ chiếu sáng của các hướng của bề mặt thực tế về bề mặt Lambertian. Với giả định này nhiều nghiên cứu đã sử dụng công thức Cosine là công thức được đề xuất bởi Teillet và cộng sự (1982). Theo đó các tác giả đã dựa trên một định luật vật lý với giả định rằng đặc tính phản chiếu trên bề mặt lý tưởng Lambertian là mặt bằng phẳng không bị lỗi lồi và bỏ qua sự hiện diện của bầu khí quyển. Họ đã xây dựng công thức như sau:

$$L_n = L \frac{\cos e}{\cos i} \quad (1)$$

Để có thể xây dựng được mô hình Cosine cần phải tiến hành xác định các giá trị cosi

Với $\text{Cos}i = \cos e \cdot \cos z + \sin e \cdot \sin z \cdot \cos(A_0 - A_z)$ (2)

Trong đó:

L_n = giá trị độ sáng trên mặt phẳng ngang bằng phẳng

L = giá trị độ sáng trên mặt địa hình lồi lõm

i : góc tới của mặt trời

e : góc thiên đỉnh ($e = 90^\circ -$ góc phương vị mặt trời)

z : góc thiên đỉnh đến bề mặt chuẩn (mặt bằng phẳng)

A_0 : góc phương vị

A_z : hướng phơi của địa hình (tính bằng độ)

Mặc dù giả định này là đơn giản và thuận tiện trong việc chuẩn hóa địa hình, tuy vậy cũng có những vấn đề nảy sinh đối với ảnh đã được hiệu chỉnh. Khi hiệu chỉnh địa hình với công thức cosine một số tác giả đã cho thấy ảnh hiệu chỉnh có khuynh hướng vượt quá sự chiếu sáng (over-corrected), giá trị phổ của những vùng dốc ở mặt khuất mặt trời thường sáng hơn với hướng ngược lại (hướng phơi) (David và cộng sự, 2003; Duguay và LeDrew, 1992; Meyer và cộng sự, 2003).

Như trên đã đề cập mặc dù giả định Lambertian là đơn giản và thuận tiện nhưng không thực tế vì hầu hết địa hình là mặt gồ ghề không bằng phẳng, do vậy ý tưởng về bề mặt không phải là Lambertian

đã được đề cập. Ý tưởng này liên quan đến sự phân bố chiếu sáng 2 chiều mô tả sự khác biệt độ chói trên mỗi vùng liên quan đến góc chiếu và trường nhìn của bộ cảm (Lepricur và cộng sự, 1988; Sandmeier và Itten, 1997). Phương pháp này chủ yếu là dựa vào ý tưởng của Minnaert (1941) và cũng được gọi là phương pháp Minnaert.

Minnaert được thiết kế để giải quyết các vấn đề mà Cosin chỉ áp dụng ở bề mặt lý tưởng Lambertian mà không áp dụng cho hầu hết các bề mặt tự nhiên. Mô hình được biểu diễn bằng công thức (3) dưới đây

$$L_n = \frac{L \cos e}{\cos^k i \cos^k e} \quad (3)$$

Trong đó:

L_n = giá trị độ sáng trên mặt phẳng ngang bằng phẳng

L = giá trị độ sáng trên mặt địa hình dốc

e = góc thiên đỉnh ($e = 90^\circ -$ góc phương vị mặt trời)

i = góc nghiêng của mặt trời

k = Giá trị của hằng số Minnaert nằm giữa 0 và 1

Để có thể chạy được mô hình Minnaert cần phải xác định hệ số k . Phương trình (3) có thể viết lại như sau:

$$L \cos e = L_n \cos^k i \cos^k e \quad (4)$$

k = hệ số Minnaert

Giá trị tham số k nằm trong khoảng từ 0 đến 1. Ảnh hưởng sẽ trở nên yếu dần khi k càng nhỏ, nói cách khác các giá trị k càng thấp giá trị mẫu sẽ tăng lên và sẽ gây nên hiện tượng hiệu chỉnh quá mức (overcorrection) khi góc tới dần tiến gần 90° . Nếu $k=1$ thì công thức như mô tả của bề mặt Lambertian. Để sử dụng được mối quan hệ này công thức trên (4) cần được tuyến tính hóa (Smith và cộng sự, 1980; Jones và cộng sự, 1988; Colby, 1991).

Để đơn giản trong tính toán, tuyến tính hóa phương trình (2.4) trở thành:

$$\log(L \cos e) = \log L_n + k \log(\cos i \cos e) \quad (5)$$

Giá trị của k còn có thể được tính bằng cách sử dụng phương trình tuyến tính

$$y = ax + b \quad (6)$$

Trong đó

$$x = \log(\cos i \cos e)$$

$$a = k$$

$$b = \log L_n$$

$$y = \log(L \cos e)$$

Sau khi xác định được tham số k , mô hình được đưa về nguyên dạng của nó như công thức sau :

$$L_n = \frac{L_{\cos e}}{\cos^k i \cos^k e} \quad (7)$$

$$L \cos e = L_n \cos^k i \cos^k e \quad (8)$$

Từ giá trị k hay a tiến hành chạy mô hình Minnaert sẽ có ảnh đã được hiệu chỉnh địa hình bằng mô hình Minnaert.

Sau khi kiểm tra trên ảnh Teiller và cộng sự (1982) đã chứng minh giá trị độ sáng trên mặt phẳng và góc chiếu mặt trời có mối quan hệ đường thẳng theo công thức sau:

$$L = a + b \cos i \quad (9)$$

Và tham số C có mối quan hệ với độ dốc và bước nhảy của đường hồi quy:

$$C = \frac{a}{b}$$

C được xây dựng trong mô hình cosine như sau:

$$L_n = L \frac{\cos e + C}{\cos i + C} \quad (10)$$

Trong đó:

C = tham số hiệu chỉnh

a = chiều hướng của đường hồi quy

b = bước nhảy của đường hồi quy

L_n = giá trị độ sáng trên mặt phẳng ngang bằng phẳng

L = giá trị độ sáng trên mặt địa hình dốc

e = góc thiên đỉnh ($e = 90^\circ$ – góc phương vị mặt trời)

i = góc nghiêng của mặt trời

Phương pháp Semi empirical được sử dụng trong nghiên cứu này là một trong những phương pháp bán thực nghiệm. Phương pháp này đã được McDonald và cộng sự (2000) sử dụng bằng cách đưa thêm tham số k vào mô hình C-correction của Teillet và cộng sự (1982). Lúc này tham số C có tác dụng như một đối tượng phụ để ngăn chặn sự điều chỉnh quá mức có thể thường xảy ra khi sử dụng một bề mặt lý tưởng Lambertian (là bề mặt bằng phẳng) như trong cách tiếp cận hiệu chỉnh Cosine và hệ số k của phương pháp Minnaert cũng được đưa vào để tránh việc hiệu chỉnh quá mức (overcorrection) làm lóa ảnh thường gặp ở phương pháp Cosine. Mô hình Semi empirical được thể hiện trong công thức dưới đây:

$$L_n = L \frac{\cos^k e + C}{\cos^k i + C} \quad (11)$$

Nghiên cứu này đã sử dụng cả 4 phương pháp trên để tìm lựa chọn phương pháp tối ưu trong hiệu chỉnh địa hình đối với ảnh SPOT 5.

2.3. Phân tích hiệu quả của việc hiệu chỉnh mô hình

Trên ảnh trước và sau hiệu chỉnh, một số vùng đại diện cho vùng độ dốc được trích ra để phân tích mối quan hệ giữa giá trị độ sáng của chúng với góc nghiêng của mặt trời ($\cos i$). Để khách quan hơn trong việc đánh giá, nghiên cứu này đã lấy mẫu trên 4 khu vực với đặc điểm địa hình khác nhau như sau: Vùng 1: Dốc cao chiều dài dốc ngắn, Vùng 2: Dốc cao và dài, Vùng 3: Dốc thấp ngắn nhất, Vùng 4: Dốc thấp và dài nhất.

Mối quan hệ được đánh giá dựa trên hệ số tương quan r của đường hồi quy tuyến tính giữa ảnh $\cos i$ và từng kênh của ảnh trước và sau hiệu chỉnh. Nếu hệ số r càng lớn điều đó thể hiện mối quan hệ càng chặt chẽ nghĩa sự biến đổi về địa hình sẽ làm ảnh hưởng đến giá trị ảnh thu được và ngược lại nếu r càng nhỏ thể hiện rằng ảnh hưởng của địa hình đến giá trị độ sáng là không đáng kể.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Xây dựng DEM 10m cho vùng nghiên cứu

Vì dữ liệu độ cao là cần thiết trong việc hiệu chỉnh hình địa hình. Do vậy ảnh DEM cần được chuẩn bị trước khi thực hiện hiệu chỉnh hình học. Từ dữ liệu đường đồng mức được số hóa của tỉnh Đắk Nông tham chiếu trong hệ thống tọa độ VN 2000, tiến hành chuyển về cùng lưới chiếu với ảnh theo hệ tọa độ UTM với trục cầu chuẩn là WGS 84. Đường đồng mức là cơ sở để nội suy ra mô hình số địa hình (DEM-Digital Elevation Model). Sử dụng công cụ Convert to DEM trong phần mềm Envi để tạo ra ảnh DEM với tầm nhìn không gian ba chiều như hình 1.



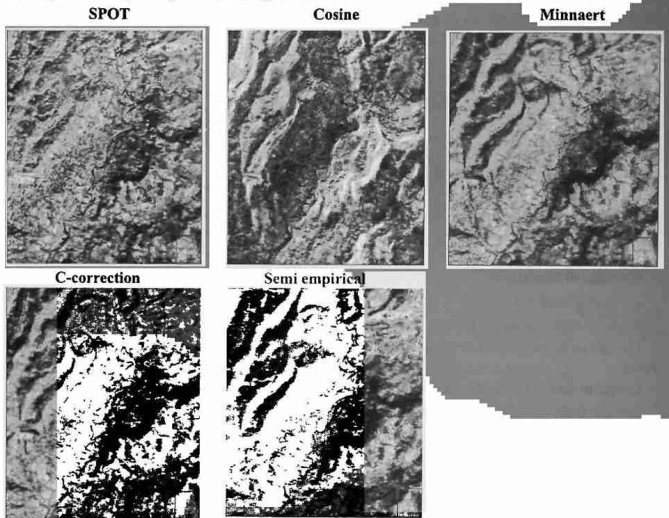
Hình 1. Ảnh mô hình số độ cao DEM 10mx10m

3.2. Kết quả hiệu chỉnh địa hình

Từ các ảnh đã được hiệu chỉnh bằng 4 phương pháp như đã nêu trên, sử dụng tổ hợp kênh 4, 3, 2 (hồng ngoại ngắn, gần hồng ngoại, đỏ tương ứng)

để so sánh trực quan ảnh trước và sau hiệu chỉnh. Quan sát hình 2 bên dưới có thể thấy ngoại trừ ảnh Minnaert, C-correction, và Semi empirical, ảnh Cosine bị sáng lóa do hiệu chỉnh quá mức (overcorrection). Tuy nhiên đây chỉ là quan sát trực quan vì vậy để có thể chứng tỏ hiệu chỉnh địa hình có thực sự giảm được ảnh hưởng đến giá trị độ sáng của ảnh hay không cần có đánh giá khách

quan hơn. Trong nghiên cứu này việc đánh giá dựa vào mối quan hệ hồi quy tuyến tính giữa các ảnh cosi và từng kênh của ảnh trước và sau hiệu chỉnh. Nếu hệ số tương quan r càng lớn chứng tỏ ảnh đã bị ảnh hưởng bởi địa hình và ngược lại. Sự khác biệt khi hiệu chỉnh địa hình được minh họa qua các ảnh trước và sau hiệu chỉnh như Hình 2.



Hình 2. Ảnh SPOT trước và sau hiệu chỉnh

3.3. Kết quả phân tích hồi quy tuyến tính giữa góc chiếu mặt trời và các kênh ảnh

Trên ảnh Gốc và các ảnh đã được xây dựng sau khi hiệu chỉnh địa hình, 4 vùng mẫu đại diện cho các khu vực có đặc điểm địa hình khác nhau được trích giá trị độ sáng (Digital number) trên ảnh trước và sau hiệu chỉnh địa hình. Để kiểm định mức độ hiệu quả của các phương pháp hiệu chỉnh địa hình, một số vùng được lấy mẫu để đánh giá. Việc lấy mẫu trên 4 vùng riêng biệt nhằm đánh giá kết quả hiệu chỉnh khách quan hơn. Tiến hành thiết lập tương quan tuyến tính giữa từng kênh của các ảnh này với ảnh cosi thể hiện cho góc chiếu mặt trời.

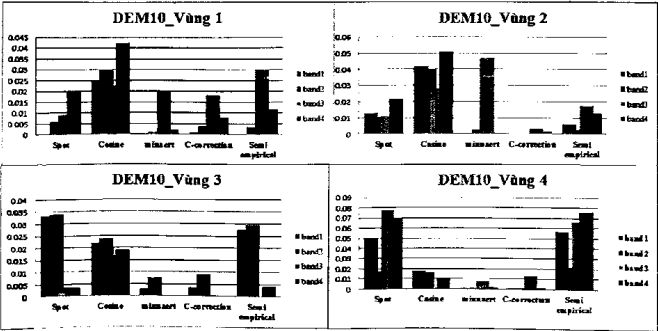
Từ kết quả có thể thấy, phương pháp Cosine cho kết quả thấp nhất. Cả 4 band sử dụng phương pháp Cosine đều có tương quan cao với địa hình ở các vùng thử nghiệm. Tương quan cao nhất gần

0.3 (band 3 vùng 4). Minnaert và C-correction thể hiện hiệu quả hiệu chỉnh là cao nhất tức là hệ tương quan thấp hơn các phương pháp khác. Biến động hệ số tương quan từ 0.08 đến 0.01. Mức độ tương quan cũng tùy thuộc vào đặc điểm địa hình: Vùng 4 là vùng có dốc thấp và chiều dài dốc lớn nhất thể hiện mối tương quan R là bé nhất, tiếp đến là vùng 2 là vùng có độ dốc cao và dài. Ngoài ra ảnh hưởng địa hình còn phụ thuộc vào các band phổ. Trong một số trường hợp band 3 có r cao hơn so với các band khác (hiệu chỉnh C-correction, Minnaert, Semi empirical). Điều này có thể do vị trí của các sensor trong thiết bị thu ảnh của vệ tinh và góc chiếu sáng của đối tượng ở sườn dốc. Mặc dù có sự khác biệt trong kết quả giữa Minnaert và C-Correction, tuy nhiên sự khác biệt này là không đáng kể. kết quả này cũng tương đồng với nghiên

cứu của Nguyễn Thị Thanh Hương (2011).

Bảng 1. Tổng hợp hệ số tương quan r của band ảnh trước và sau hiệu chỉnh

Band ảnh trước và sau hiệu chỉnh		Vùng 1	Vùng 2	Vùng 3	Vùng 4
band1	Gốc	0.0173	0.1131	0.1830	0.2254
	Cosine	0.1581	0.2035	0.1480	0.1323
	Minnaert	0.0055	0.0100	0.0548	0.0141
	C-correction	0.0316	0.0141	0.0632	0.0173
	Semi empirical	0.0141	0.0775	0.1664	0.2375
band2	Gốc	0.0775	0.1030	0.1849	0.1300
	Cosine	0.1732	0.2005	0.1536	0.1257
	Minnaert	0.0316	0.0548	0.0860	0.0141
	C-correction	0.0632	0.0010	0.0949	0.0283
	Semi empirical	0.0583	0.0447	0.1720	0.1470
band3	Gốc	0.0949	0.1049	0.0632	0.2787
	Cosine	0.1510	0.1670	0.1296	0.0316
	Minnaert	0.1407	0.2168	0.0100	0.0894
	C-correction	0.1353	0.0548	0.0030	0.1140
	Semi empirical	0.1744	0.1319	0.0141	0.2575
band4	Gốc	0.1421	0.1480	0.0632	0.2644
	Cosine	0.2062	0.2254	0.1386	0.1068
	Minnaert	0.0447	0.0283	0.0045	0.0447
	C-correction	0.0894	0.0447	0.0141	0.0316
	Semi empirical	0.1091	0.1000	0.0632	0.2755



Hình 3. Đồ thị biểu diễn tương quan giữa ảnh trước và sau hiệu chỉnh với địa hình

4. KẾT LUẬN VÀ KHUYẾN NGHỊ

4.1. Kết luận

Hiệu chỉnh địa hình có thể được thực hiện với ảnh có độ phân giải trung bình như ảnh SPOT 5. Với 4 phương pháp được thử nghiệm trong nghiên cứu này bao gồm Cosine, Minnaert, C-correction và Semi empirical, kết quả đã chỉ ra mô hình Cosine thể hiện mối tương quan khá cao với địa hình có nghĩa thay đổi địa hình cũng sẽ làm thay đổi giá trị độ sáng của ảnh, trong khi đó ảnh Minnaert và ảnh C-correction thể hiện kết quả khá tốt khi so sánh với hầu hết các dạng địa hình từ độ

đốc thấp đến cao.

4.2. Khuyến nghị

Trước khi sử dụng ảnh vào các mục đích khác nhau trong quản lý tài nguyên rừng như phân loại rừng, hoặc thiết lập các mô hình ước lượng chỉ tiêu điều tra rừng, cần thực hiện việc hiệu chỉnh địa hình để có thể nâng cao được hiệu quả sử dụng ảnh vệ tinh trong các ứng dụng. Ngoài ra cần có những thử nghiệm với các mô hình khác như Advanced C-correction, Statistical empirical, Advanced Minnaert,...

TO EVALUATE A NUMBER OF METHODS TO CORRECT TOPOGRAPHY OF SPOT 5 IMAGES

Nguyen Thi Thanh Huong²

Received Date: 01/6/2015; Revised Date: 17/6/2015; Accepted for Publication: 20/6/2015

SUMMARY

To improve the use of satellite images in forestry application, this study used different algorithms of Cosine, Minnaert, C-correction, and Semi empirical to correct topography of SPOT 5 image. The linear regression method was used to detect a linear relationship between the digital value and incidence angle in each band of pre-corrected and post-corrected images. Correlation coefficient (r) was employed to compare the effect of the correction models. The results show both Minnaert and C-correction presented as the best choice in this case.

Keywords: Satellite images, Correction, Effectiveness

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Colby, J. D., 1991. Topographic normalization in rugged terrain. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 57, No. 5, 531-537.
- David Riaño, Emilio Chuvieco, Javier Salas, and Inmaculada Aguado. 2003. IEEE Transactions on geoscience and remote sensing, vol. 41, no. 5.
- Duguay, C. R. and LeDrew, E. F., 1992. Estimating surface reflectance and albedo from Landsat-5 TM over rugged terrain. Photogramm. Eng. Remote Sens., vol. 58, pp. 551-558.
- Jones, A. R., Settle, J. J. and Wyatt, B. K., 1988, Use of digital terrain data in the interpretation of SPOT-1 HRV multispectral imagery. International Journal of Remote Sensing, 9: 669-682.
- Leprieux, C., Durand, J. M. and Peyron, J. L., 1988. Influence of topography on forest reflectance using Landsat Thematic Mapper and digital terrain data. Photogramm. Eng. Remote Sens., vol. 54, pp. 491-496.
- McDonald, E. R., Wu, X., Caccetta, P. A., Campbell, N. A., 2000. Illumination correction of Landsat TM data in south east NSW. Paper Presented at: Proceedings of the Tenth Australasian Remote Sensing Conference.
- Meyer, P., Itten, K., Kellenberger, T., Sandmeier, S., and Sandmeier, R. 1993. Radiometric correction of topographically induced effects on Landsat TM data in an alpine environment. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 48: 17-28.
- Minnaert, M. 1941. The reciprocity principle in lunar photometry. Astrophysics Journal, 93: 403-410.

² Dr., Faculty of Agriculture and Forestry, Tay Nguyen University

Corresponding author: Nguyen Thi Thanh Huong; Cellphone: 0914141188, Email: huongthanh.frem@gmail.com

- Nguyen Thi Thanh Huong.2011.Forestry Remote Sensing: Multi-source data in natural evergreen forest Inventory in the Central Highlands of Vietnam. Lambert Academic Publishing. Germany.
- Sandmeier, S. R. and Itten K. I., 1997. A physically-based model to correct atmospheric and illumination effects in optical satellite data of rugged terrain. IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing, vol. 35, pp. 708-717.
- Smith, J., Lin, T., and Ranson, K. 1980. The Lambertian assumption and Landsat data. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 46: 1183-1189.
- Teiller P. M., Guindon, B., Goodenough, D. G., 1982. On the slope-aspect correction of multispectral scanner data. Canadian Journal of Remote Sensing, 8 (2): 84-106.
- Thomson, A. G. and Jones, C., 1990. Effects of topography on radiance from upland vegetation in North Wales. Int. J. Remote Sens., vol. 11, pp. 829-840.
- Tokola, T., Pitkanen, J., Partinen, S. and Muinonen, E. 1996. Point accuracy of a non-parametric method in estimation of forest characteristics with different satellite materials. International Journal of Remote Sensing, 17(12): 2333-2351.
- Wen, J. G., Q. H. Liu, Q. Xiao, Q. Liu, and X. W. Li. 2008. Modeling the land surface re^oectancefor optical remote sensing data in rugged terrain," Science in China Series D-earth Sciences, Vol. 51, No. 8, 1169-1178.

Phản biện 1

TS. Nguyễn Thanh Tân

Phòng ĐTSDH, trường ĐH Tây Nguyên

Điện thoại: 05003850599

Email: nguyenthanhtan69@yahoo.com

Phản biện 2

ThS. Phạm Tấn Hà

Phân viện Thủy lợi miền Nam

Điện thoại:0918264172

Email: phamtanha@gmail.com