

THỬ NGHIỆM XÂY DỰNG CHƯƠNG TRÌNH HIỆU CHỈNH ẢNH HƯỞNG CỦA ĐỊA HÌNH TRÊN ẢNH VỆ TINH - TRƯỜNG HỢP THỰC HIỆN CHO ẢNH LANDSAT-8 TRÊN NỀN TẢNG GOOGLE EARTH ENGINE

Phạm Văn Duẩn¹, Vũ Thị Thìn¹, Phạm Tiến Dũng²

¹ Viện Sinh thái rừng và Môi trường - Đại học Lâm nghiệp

² Viện Nghiên cứu Lâm sinh - Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam

TÓM TẮT

Hiệu chỉnh địa hình trên ảnh vệ tinh là hiệu chỉnh giá trị phản xạ phổ của kênh ảnh ở những khu vực bị ảnh hưởng của bóng địa hình do độ dốc và điều kiện chiếu sáng của mặt trời gây ra. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả đã kế thừa, phân tích các mô hình thường áp dụng để hiệu chỉnh địa hình trên ảnh vệ tinh, từ đó lựa chọn các mô hình đại diện để xây dựng chương trình hiệu chỉnh thông qua lập trình trên Google Earth Engine. Các chương trình được xây dựng để thử nghiệm hiệu chỉnh cho ảnh Landsat-8 tại huyện Lắc, tỉnh Đắk Lắk. Kết quả hiệu chỉnh bằng các mô hình khác nhau được so sánh bằng phân tích trực quan và phân tích thống kê nhằm lựa chọn ra mô hình phù hợp hiệu chỉnh địa hình tại khu vực. Kết quả đã lựa chọn 4 mô hình, gồm: mô hình cosine, mô hình C, mô hình cảm biến mặt trời (SCS) + C và mô hình thực nghiệm để thử nghiệm xây dựng chương trình hiệu chỉnh, trong đó mô hình thực nghiệm được đánh giá là phù hợp nhất để hiệu chỉnh địa hình tại khu vực, tiếp theo là mô hình C hoặc (SCS) + C. Sử dụng chương trình hiệu chỉnh xây dựng bằng mô hình thực nghiệm để hiệu chỉnh địa hình trên ảnh Landsat-8 tại: Huyện Cao Phong, tỉnh Hòa Bình; Huyện Ba Chẽ, tỉnh Quảng Ninh; Huyện Như Thanh, tỉnh Thanh Hóa; Huyện Tân Phú, tỉnh Đồng Nai đều cho kết quả hiệu chỉnh tương đối phù hợp cho phép ứng dụng chương trình hiệu chỉnh này để hiệu chỉnh địa hình trên ảnh Landsat-8 tại Việt Nam.

Từ khóa: Hiệu chỉnh ảnh hưởng của địa hình, Google Earth Engine, landsat-8, SRTM DEM

Test to build a program to adjust the effect of terrain on satellite images - case for Landsat-8 imagery on the Google Earth Engine platform

Adjusting terrain on a satellite image is adjusting of the spectral reflection value of the image channel in the areas affected by the terrain shadow caused by the slope and lighting conditions of the sun. In this study, the authors inherited and analyzed models commonly applied to adjust the terrain on satellite imagery from which to select representative models to build a program to adjust through programming on Google Earth Engine. The programs were developed to test to adjust Landsat-8 images in Lak district, Dak Lak province. Adjusting results by different models were compared by visualized analysis and statistical analysis in order to select a suitable model for terrain adjusting in the area. The results have selected 4 models, including: cosine model, C model, solar sensor model (SCS) + C and experimental model to test and build an adjusting program, in which the experimental model was evaluated as the most suitable for adjusting the

Keywords: Terrain correction, Google Earth Engine, landsat-8, SRTM DEM

terrain in the area, the second one is model C or model (SCS) + C. Using the adjusting program built by experimental models to adjust the terrain on Landsat-8 images in Cao Phong District, Hoa Binh Province; Ba Che district, Quang Ninh province; Nhu Thanh district, Thanh Hoa province; Tan Phu district, Dong Nai province showed relatively suitable adjusting results allowing the application of this adjusting program to adjust the terrain on Landsat-8 images in Vietnam.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Chất lượng thông tin trên ảnh vệ tinh luôn bị ảnh hưởng bởi khí quyển, sóng điện từ và điều kiện địa hình tại khu vực chụp ảnh. Trong số những ảnh hưởng này, sự thay đổi độ phản xạ phổ do địa hình gây ra là một trong những vấn đề chính ảnh hưởng đến chất lượng hình ảnh vệ tinh. Phương pháp làm giảm những ảnh hưởng của địa hình trên ảnh được gọi là hiệu chỉnh địa hình hoặc hiệu chỉnh độ chiếu sáng địa hình. Theo Asner (2003) bóng địa hình chiếm tới 30-50% phương sai trong giá trị phổ của kênh hồng ngoại và cận hồng ngoại (NIR) trên ảnh vệ tinh chụp rừng nhiệt đới Amazon. Vanonckelen và đồng tác giả (2013) chỉ ra rằng hiệu chỉnh địa hình đã cải thiện độ chính xác của phân loại lớp phủ đất, đặc biệt là ở các khu vực rừng có độ dốc cao. Hiện nay, nhiều phương pháp hiệu chỉnh địa hình khác nhau đã được phát triển và thực hiện (Soenen *et al.*, 2008), một số phương pháp tương đối đơn giản, nhưng cũng có những phương pháp rất phức tạp, trên các phần mềm có giá thành cao. Tuy nhiên, tất cả các phương pháp này chỉ có thể hiệu chỉnh địa hình ở một mức độ nhất định. Mặt khác, quá trình hiệu chỉnh địa hình thường phải tính toán phức tạp nên nhiều khi bị bỏ qua trong quá trình sử dụng ảnh. Do đó, việc xây dựng các chương trình hiệu chỉnh giúp người sử dụng thực hiện đơn giản và tối ưu hóa quá trình xử lý địa hình trên ảnh rất có giá trị về thực tiễn.

Gần đây, sự ra đời và phát triển của nền tảng điện toán đám mây của Google Earth Engine

(GEE) cho phép kết hợp một kho lưu trữ lớn ảnh viễn thám và các dữ liệu khác, được tối ưu hóa cho xử lý các dữ liệu không gian địa lý. Các thuật toán được tích hợp trong GEE cho phép cung cấp một cách nhanh chóng và trực quan về kết quả của các phân tích không gian phức tạp đã thúc đẩy mạnh mẽ khả năng và triển vọng ứng dụng công nghệ viễn thám trong công tác giám sát bề mặt trái đất ở quy mô khu vực và từng địa phương. Điều mà trước đây nếu sử dụng ảnh đơn lẻ, trên các phần mềm thông dụng, với phương pháp xử lý truyền thống rất khó thực hiện hoặc sẽ mất nhiều thời gian và công sức xử lý, tính toán.

Mục tiêu của bài báo này là căn cứ vào các kết quả nghiên cứu đã công bố, đánh giá tổng hợp các phương pháp thường áp dụng để hiệu chỉnh địa hình trên ảnh vệ tinh và lựa chọn một số phương pháp điển hình để xây dựng chương trình hiệu chỉnh trên nền tảng điện toán đám mây của GEE thử nghiệm cho ảnh vệ tinh Landsat-8.

II. TƯ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Tư liệu sử dụng trong nghiên cứu

2.1.1. Tư liệu ảnh vệ tinh

Tư liệu ảnh vệ tinh sử dụng trong nghiên cứu là Landsat-8 OLI, được phóng ngày 11/2/2013 vào quỹ đạo đồng bộ mặt trời với độ cao và độ nghiêng tương ứng khoảng 705 km và $98,22^\circ$, thời gian bay qua xích đạo là 10:00 sáng. Dữ liệu được thu nhận với trường quan sát 15° cung cấp ảnh có kích thước 185 km và chu kỳ bay chụp 16 ngày (Irons *et al.*, 2012).

Do nghiên cứu triển khai trên nền tảng GEE, vì vậy tất cả dữ liệu đều được truy cập trên GEE. Ảnh Landsat-8 OLI được khai thác từ bộ sưu tập: USGS Landsat-8 Surface Reflectance

Tier 1, xử lý đến mức T1 đã được đưa về giá trị phản xạ bề mặt trên GEE. Thông tin các cảnh ảnh sử dụng trong nghiên cứu thể hiện tại bảng 1.

Bảng 1. Thông tin các cảnh ảnh Landsat-8 sử dụng trong nghiên cứu

TT	Mã hiệu ảnh	Khu vực	Thời gian chụp ảnh	Mục đích
1	LC08_124051_20170311	Huyện Lắc, tỉnh Đắk Lắk	11/03/2017	Sử dụng xây dựng chương trình hiệu chỉnh trên GEE
2	LC08_127046_20190930	Huyện Cao Phong, tỉnh Hòa Bình	30/09/2019	Chạy thử nghiệm chương trình hiệu chỉnh
3	LC08_126045_20190923	Huyện Ba Chẽ, tỉnh Quảng Ninh	23/09/2019	Chạy thử nghiệm chương trình hiệu chỉnh
4	LC08_127047_20190930	Huyện Như Thanh, tỉnh Thanh Hóa	30/09/2019	Chạy thử nghiệm chương trình hiệu chỉnh
5	LC08_124052_20210306	Huyện Tân Phú, tỉnh Đồng Nai	06/03/2021	Chạy thử nghiệm chương trình hiệu chỉnh

2.1.2. Mô hình độ cao kỹ thuật số

Mô hình số độ cao (DEM) rất quan trọng đối với việc hiệu chỉnh địa hình, độ chính xác của chúng ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả hiệu chỉnh địa hình. Mô hình số độ cao sử dụng trong nghiên cứu này là mô hình độ cao kỹ thuật số Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) do NASA cung cấp ở độ phân giải khoảng 30 m phù hợp với độ phân giải của ảnh Landsat-8 được khai thác từ bộ sưu tập USGS/SRTMGL1_003 trên GEE. Mô hình số độ dốc và mô hình số về hướng dốc được tính toán từ DEM.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Thử nghiệm xây dựng chương trình hiệu chỉnh ảnh hưởng của địa hình trên GEE

Các nghiên cứu liên quan đến phương pháp hiệu chỉnh địa hình trên ảnh vệ tinh đã được tổng hợp bởi các nghiên cứu của Soenen và đồng tác giả (2008), Chander và đồng tác giả (2009), Hantson và Chuvieco (2011), và Vanonckelen và đồng tác giả (2013).

Một trong những phương pháp hiệu chỉnh đơn giản nhất là hiệu chỉnh Cosin (Teillet *et al.*, 1982), được phát triển dựa trên định luật cosin của Lambert. Mô hình này có thể dễ dàng áp dụng vì chỉ yêu cầu góc dốc của bề mặt địa hình và góc phương vị của mặt trời (Pimple *et al.*, 2017). Công thức hiệu chỉnh của mô hình cosine như sau:

$$\rho_H = \rho_I \times (\cos\theta_z / \cos\gamma_i) \quad (2.1)$$

Trong đó: ρ_H là hệ số phản xạ đã hiệu chỉnh;
 ρ_I là hệ số phản xạ quan sát được;
 θ_z là góc thiên đỉnh;
 $\cos\gamma_i$ là điều kiện chiếu sáng (IC),
 là cơ sở của tất cả các mô hình hiệu chỉnh bù hệ số phản xạ.

IC có một mối quan hệ tỷ lệ được xác định bởi cosin của góc giữa thiên đỉnh mặt trời và đường bình thường của độ dốc, mô hình được xác định như sau:

$$\cos\gamma_i = \cos\theta_z \cos\theta_s + \sin\theta_z \sin\theta_s \cos(\varphi_z - \varphi_s) \quad (2.2)$$

Trong đó: θ_s là góc dốc địa hình;
 φ_z là góc phương vị mặt trời;
 φ_s là hướng dốc của địa hình.

Một số nghiên cứu đã chỉ ra rằng phương pháp này có xu hướng hiệu chỉnh quá mức ở những khu vực có điều kiện chiếu sáng thấp (Hantson và Chuvieco, 2011). Để hạn chế sự hiệu chỉnh quá mức của phương pháp Cosin, phương pháp hiệu chỉnh C (là một dạng sửa đổi của hiệu chỉnh Cosin) được phát triển. Hiệu chỉnh C phát triển thêm một tham số thực nghiệm C_λ , tính đến sự đóng góp bức xạ gián tiếp của mặt trời tới các mái dốc (Gao và Zhang, 2009). Công thức hiệu chỉnh của mô hình C như sau:

$$\rho_{H(\lambda)} = \rho_{I(\lambda)} \times (\cos\theta_z + C_\lambda) / (\cos\gamma_i + C_\lambda) \quad (2.3)$$

Trong đó: C_λ là hệ số hiệu chỉnh cho dải λ ;
 $C_\lambda = b/a$; a và b lần lượt là độ dốc và mức chặn của hồi quy tuyến tính được tính toán giữa dữ liệu IC và dải λ cụ thể.

$$\rho_I(\lambda) = a(\lambda)\cos\gamma_i + b(\lambda) \quad (2.4)$$

Tuy nhiên, cả hiệu chỉnh Cosin và hiệu chỉnh C đã được chứng minh về mặt lý thuyết và kinh nghiệm là không phù hợp để hiệu chỉnh địa hình ở những khu vực có sự phân bố của rừng (Soenen *et al.*, 2008).

Với mục đích khắc phục những thiếu sót của hiệu chỉnh Cosin và hiệu chỉnh Cosin cải tiến, Smith và đồng tác giả đã phát triển phương pháp hiệu chỉnh Minnaert (Gao và Zhang, 2009). Công thức hiệu chỉnh của mô hình Minnaert như sau:

$$\rho_H = \rho_I \times (\cos\theta_z / \cos\gamma_i)^k \quad (2.5)$$

Trong phương pháp này, k có giá trị từ 0 - 1, trong đó, ở điều kiện lý tưởng thì k có giá trị bằng 1, khi đó hiệu chỉnh Minnaert tương đương với hiệu chỉnh Cosin.

Pimple và đồng tác giả (2017), Hantson và Chuvieco (2011) chỉ ra rằng việc áp dụng hiệu chỉnh C và hiệu chỉnh Minnaert trên các khu vực rộng lớn với các loại lớp phủ đất khác nhau thì việc khó khăn nhất là xác định các hệ số C_λ và k tương ứng.

Các mô hình hiệu chỉnh nêu trên chỉ dựa trên quan hệ hình học giữa cảm biến với mặt trời và không xem xét mối quan hệ với thảm thực vật trên mặt đất khi hiệu chỉnh địa hình. Dựa trên mối quan hệ hình học của tán cây - cảm biến - mặt trời, Gu và Gillespie (1998) đã đề xuất hiệu chỉnh SCS (Sun-Canopy-Sensor). Gao và Zhang (2009) cho rằng phương pháp này thích hợp hơn để hiệu chỉnh địa hình trên bề mặt có cấu trúc rừng. Việc cải tiến hiệu chỉnh cảm biến tán xạ năng lượng mặt trời (SCS) giúp thay đổi hướng chiếu sáng thực tế hơn trong quá trình thay đổi độ phản xạ từ bề mặt dốc sang bề mặt nằm ngang. Tuy nhiên, Soenen và đồng tác giả (2005) chỉ ra rằng phương pháp SCS có thể hiệu chỉnh địa hình quá mức ở khu vực trên ảnh có góc tới của mặt trời gần 90^0 . Sau đó, Soenen và đồng tác giả (2005) đã giới thiệu tham số thực nghiệm C_λ của hiệu chỉnh C kết hợp với hiệu chỉnh SCS để tạo ra mô hình hiệu chỉnh SCS + C. Mô hình SCS + C là mô hình dựa trên tán cây, cho phép thay đổi hướng chiếu sáng phù hợp hơn với thực tế trong quá trình hiệu chỉnh tán ánh sáng từ bề mặt dốc sang bề mặt ngang. Công thức hiệu chỉnh của mô hình SCS + C như sau:

$$\rho_{H(\lambda)} = \rho_{I(\lambda)} (\cos\theta_z \cos\theta_s + C_\lambda) / (\cos\gamma_i + C_\lambda) \quad (2.6)$$

So với hiệu chỉnh Cosin, hiệu chỉnh C, hiệu chỉnh Minnaert, hiệu chỉnh SCS + C, một phương pháp khác dựa trên thống kê thực nghiệm được phát triển để hiệu chỉnh địa hình trên ảnh vệ tinh. Mô hình này loại bỏ sự phụ thuộc tuyến tính của hệ số phản xạ vào $\cos\gamma_i$. Công thức hiệu chỉnh của mô hình thực nghiệm như sau:

$$\rho_{H(\lambda)} = \rho_{I(\lambda)} - a(\lambda) * (\cos\gamma_i - \cos\theta_z) \quad (2.7)$$

Trong đó: a là điểm chặn của hồi quy tuyến tính dải được tính trong Công thức (2.4).

Nghiên cứu này lựa chọn bốn mô hình hiệu chỉnh, gồm: (1) Mô hình cosine theo công thức (2.1); (2) Mô hình C theo công thức (2.3); (3) Mô hình SCS + C theo công thức (2.6);

(4) Mô hình thực nghiệm theo công thức (2.7) để thử nghiệm xây dựng chương trình hiệu chỉnh địa hình, áp dụng cho ảnh Landsat-8 trên Google Earth Engine.

Nền tảng GEE là một nền tảng điện toán đám mây để phân tích dữ liệu địa lý. GEE cho phép truy cập vào một danh mục đầy đủ các sản phẩm viễn thám cùng với khả năng xử lý trực tuyến các sản phẩm này một cách nhanh chóng. Ngoài ra, dữ liệu người dùng ở định dạng raster hoặc vector có thể được tải lên và được xử lý trong GEE. Công cụ tính toán GEE cung cấp cả giao diện lập trình ứng dụng (API) JavaScript và Python, cho phép dễ dàng phát triển các thuật toán trên cơ sở máy tính của Google. Trong nghiên cứu này, sau khi lựa chọn được một số phương pháp hiệu chỉnh địa hình thường sử dụng để hiệu chỉnh ảnh hưởng của địa hình trên ảnh sẽ căn cứ vào phương pháp tiến hành lập trình bằng ngôn ngữ JavaScript trên cửa sổ Google Earth Engine code editor để xây dựng chương trình hiệu chỉnh. Chương trình hiệu chỉnh ảnh hưởng của địa hình trên ảnh vệ tinh được phát triển trên GEE cho phép người dùng trực quan hóa hình ảnh, kết quả, bảng và biểu đồ kết quả đầu ra. Cụ thể:

- Dữ liệu đầu vào xây dựng chương trình: nhóm nghiên cứu đã sử dụng dữ liệu đầu vào gồm ảnh Landsat-8; DEM trích xuất trực tiếp trên GEE; ranh giới hành chính huyện Lắc được đưa từ dữ liệu dạng vector trên phần mềm GIS chuyên dụng lên GEE.

- Xây dựng chương trình: căn cứ vào giải thuật của các mô hình hiệu chỉnh: (1) Mô hình cosine theo công thức (2.1); (2) Mô hình C theo công thức (2.3); (3) mô hình SCS + C theo công thức (2.6); (4) Mô hình thực nghiệm theo công thức (2.7) và ngôn ngữ lập trình JavaScript để xây dựng chương trình hiệu chỉnh ảnh hưởng của địa hình cho ảnh Landsat-8 trên Google Earth Engine.

2.2.2. Đánh giá hiệu quả hiệu chỉnh ảnh hưởng của địa hình

Việc hiệu chỉnh ảnh hưởng của địa hình trên ảnh vệ tinh rất khó kiểm tra trực tiếp vì khó thu thập được dữ liệu cần thiết trên mặt đất tương ứng với thời điểm chụp ảnh. Do đó, các phương pháp sử dụng để đánh giá hiệu quả của việc hiệu chỉnh địa hình thường áp dụng gồm: (1) phân tích trực quan (Szantoi và Simonetti, 2013); (2) phân tích thống kê về mối quan hệ giữa các chỉ số trên ảnh trước và sau hiệu chỉnh (Li *et al.*, 2012); (3) phân tích phân loại (Pimple *et al.*, 2017). Trong đó, hai phương pháp (1) và (2) là các phương pháp đánh giá trực tiếp, phương pháp (3) là phương pháp đánh giá gián tiếp. Nghiên cứu này sử dụng phương pháp đánh giá trực tiếp để đánh giá hiệu quả hiệu chỉnh ảnh hưởng của địa hình trên ảnh.

- Đánh giá hiệu quả hiệu chỉnh ảnh hưởng của địa hình bằng phân tích trực quan: là phương pháp đánh giá định tính, được thực hiện bằng cách so sánh trực quan hiệu quả hiệu chỉnh giữa ảnh gốc với các ảnh được tạo ra do các mô hình hiệu chỉnh địa hình khác nhau. So sánh trực quan dựa trên ba khía cạnh: (1) hiệu quả của việc loại bỏ bóng địa hình, (2) màu sắc của ảnh có đồng nhất giữa ảnh trước với ảnh sau hay không và có xuất hiện hiện tượng hiệu chỉnh quá mức hay không và (3) đặc điểm kết cấu của hình ảnh.

- Đánh giá hiệu quả hiệu chỉnh ảnh hưởng của địa hình bằng phân tích thống kê:

- + Sử dụng độ lệch chuẩn (S_D) và biểu đồ để đánh giá hiệu quả của việc hiệu chỉnh địa hình. Đầu tiên, S_D của tất cả các kênh ảnh trước và sau khi hiệu chỉnh tại khu vực nghiên cứu (*ranh giới vùng mẫu là huyện Lắc, tỉnh Đắk Lắk*) được tính toán và biểu đồ về giá trị phổ của kênh NIR trước và sau khi hiệu chỉnh được xác định. Căn cứ vào độ lệch chuẩn các kênh, biểu đồ giá trị phổ của kênh NIR trên

ảnh trước và sau khi hiệu chỉnh, kết quả kiểm định phân phối chuẩn giá trị phổ của kênh NIR trên ảnh trước và sau khi hiệu chỉnh để đánh giá hiệu quả của các mô hình hiệu chỉnh.

+ Tính ổn định của việc hiệu chỉnh địa hình được đánh giá thông qua giá trị phản xạ kênh phổ trên ảnh trước và sau hiệu chỉnh tại vùng nước, nơi đại diện cho địa hình tương đối bằng phẳng nằm trong hồ Lắc trên địa bàn huyện nghiên cứu.

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả nghiên cứu

3.1.1. Kết quả xây dựng chương trình hiệu chỉnh ảnh hưởng của địa hình cho ảnh Landsat-8 trên Google Earth Engine

Chương trình hiệu chỉnh ảnh hưởng của địa hình cho ảnh Landsat-8 trên Google Earth Engine được xây dựng cho 4 mô hình hiệu chỉnh gồm: (1) Chương trình hiệu chỉnh theo mô hình cosine; (2) Chương trình hiệu chỉnh theo mô hình C; (3) Chương trình hiệu chỉnh

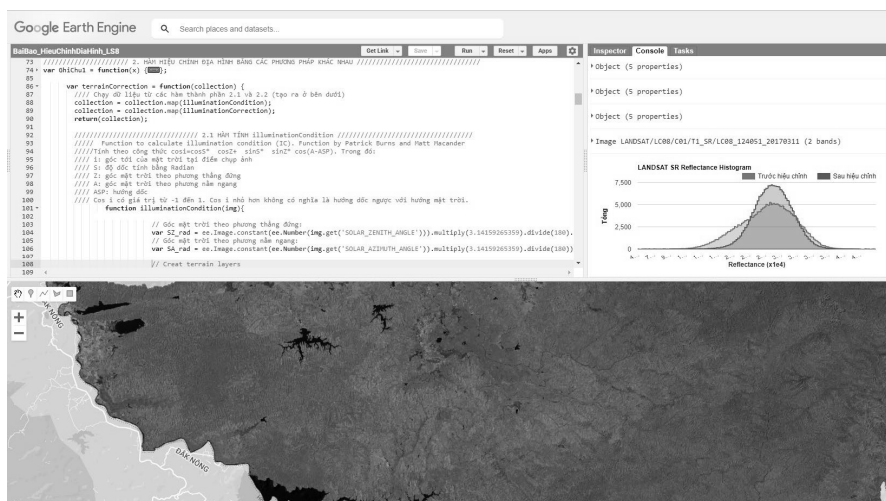
theo mô hình SCS + C; (4) Chương trình hiệu chỉnh theo mô hình thực nghiệm. Mỗi chương trình hiệu chỉnh gồm các phần chính sau:

- Phân lập trình khai báo các dữ liệu đầu vào của chương trình, gồm: Khai báo tập ảnh Landsat-8 đầu vào; Khai báo mô hình số độ cao sử dụng; Khai báo lớp ranh giới hành chính khu vực thử nghiệm hoặc khu vực kiểm chứng.

- Phân lập trình hiệu chỉnh ảnh hưởng của địa hình, gồm: Lập trình xây dựng ảnh điều kiện chiếu sáng (IC) theo công thức (3.2) theo điều kiện của từng cảnh ảnh; Lập trình xây dựng ảnh sau hiệu chỉnh căn cứ vào ảnh trước hiệu chỉnh và điều kiện chiếu sáng.

- Phân lập trình xuất ảnh, biểu kết quả đầu ra, gồm: ảnh trước và sau hiệu chỉnh; biểu đồ giá trị phổ kênh ảnh trước và sau hiệu chỉnh...

Cửa sổ lập trình chương trình hiệu chỉnh ảnh hưởng của địa hình cho ảnh Landsat-8 và kết quả đầu ra gồm ảnh sau hiệu chỉnh; biểu đồ giá trị phổ kênh ảnh trước và sau hiệu chỉnh thể hiện tại hình 1.



Hình 1. Cửa sổ lập trình chương trình hiệu chỉnh ảnh hưởng của địa hình cho ảnh Landsat-8 và kết quả đầu ra (ảnh sau hiệu chỉnh và biểu đồ) trên Google Earth Engine

Kết quả chạy thử nghiệm các chương trình cho thấy, trong điều kiện đường truyền mạng Internet ổn định, tốc độ hiệu chỉnh cho một cảnh ảnh hoặc một vùng của cảnh ảnh giữa 4

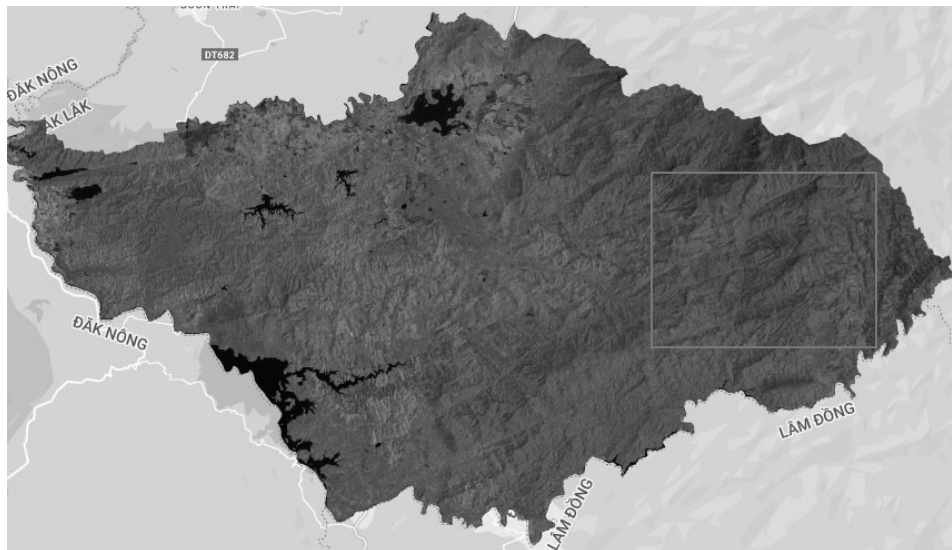
phương pháp cơ bản giống nhau và đều nằm trong ngưỡng 1-5 phút chương trình đã hoàn thành hiệu chỉnh cho 1 cảnh ảnh, không phụ thuộc vào tốc độ xử lý của máy tính cá nhân.

Điều này được lý giải là do GEE là một nền tảng để xử lý, phân tích thông tin không gian địa lý trên diện rộng, được hỗ trợ bởi cơ sở hạ tầng đám mây của Google và được tối ưu hóa để xử lý song song dữ liệu không gian với nhiều bộ xử lý của nhiều máy tính liên kết trong trung tâm dữ liệu của Google với điều kiện máy tính phải được kết nối với Internet.

3.1.2. Hiệu quả của các Mô hình hiệu chỉnh địa hình

3.1.2.1. Đánh giá trực quan về hiệu quả hiệu chỉnh địa hình

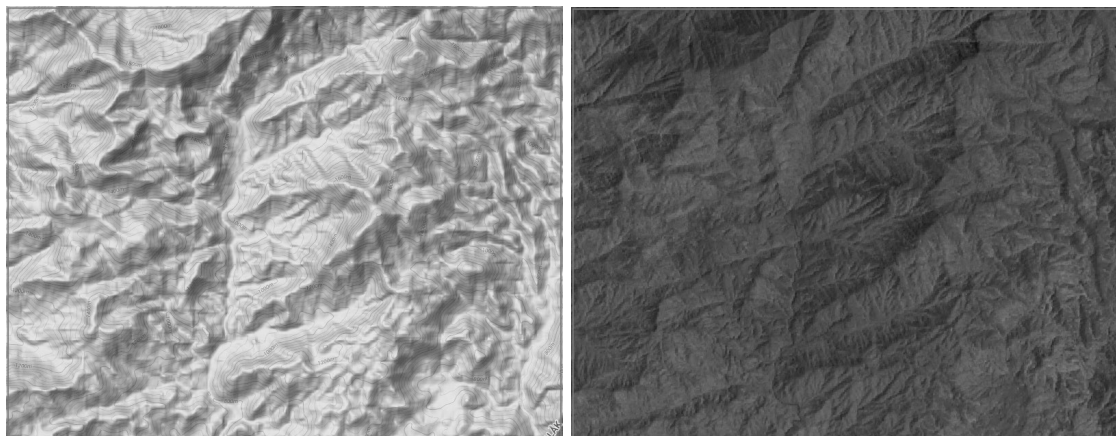
Ảnh Landsat-8 tổ hợp màu chụp ngày 11/03/2017 tại khu vực huyện Lắc, tỉnh Đắk Lắk trước khi hiệu chỉnh địa hình thể hiện tại hình 2.



Hình 2. Cảnh ảnh Landsat -8 có mã hiệu LC08_124051_20170311 tổ hợp màu 7-5-3 tại khu vực huyện Lắc, tỉnh Đắk Lắk chưa hiệu chỉnh địa hình

Kết quả cho thấy, ảnh chưa hiệu chỉnh địa hình có đặc điểm ba chiều vì sự biến động của địa hình. So sánh hình ảnh ba chiều của mô hình số độ cao và ảnh chưa hiệu chỉnh trên vùng

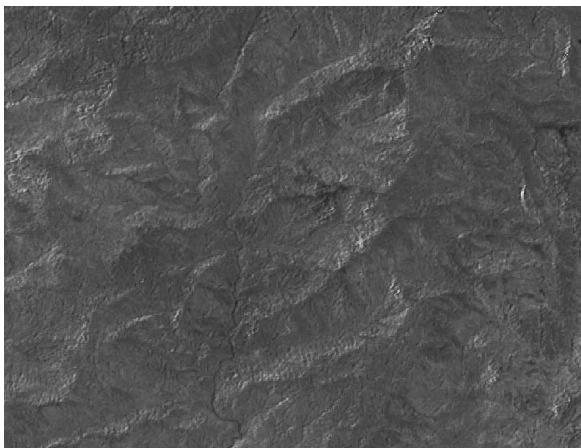
mẫu (hình 3) cho thấy các đặc điểm ba chiều của ảnh chưa hiệu chỉnh phù hợp với sự thay đổi độ sáng và bóng trên mô hình số độ cao.



Hình 3. Sự phù hợp giữa đặc điểm ba chiều của ảnh chưa hiệu chỉnh với sự thay đổi độ sáng và bóng trên mô hình số độ cao tại vùng mẫu

Sử dụng chương trình hiệu chỉnh ảnh hưởng của địa hình đã xây dựng trên Google Earth Engine để hiệu chỉnh cho cảnh ảnh Landsat -8

có mã hiệu LC08_124051_20170311. Kết quả hiệu chỉnh địa hình bằng các mô hình khác nhau tại vùng mẫu thể hiện tại hình 4.



(a) - Mô hình cosine



(b) - Mô hình C



(c) - Mô hình SCS + C

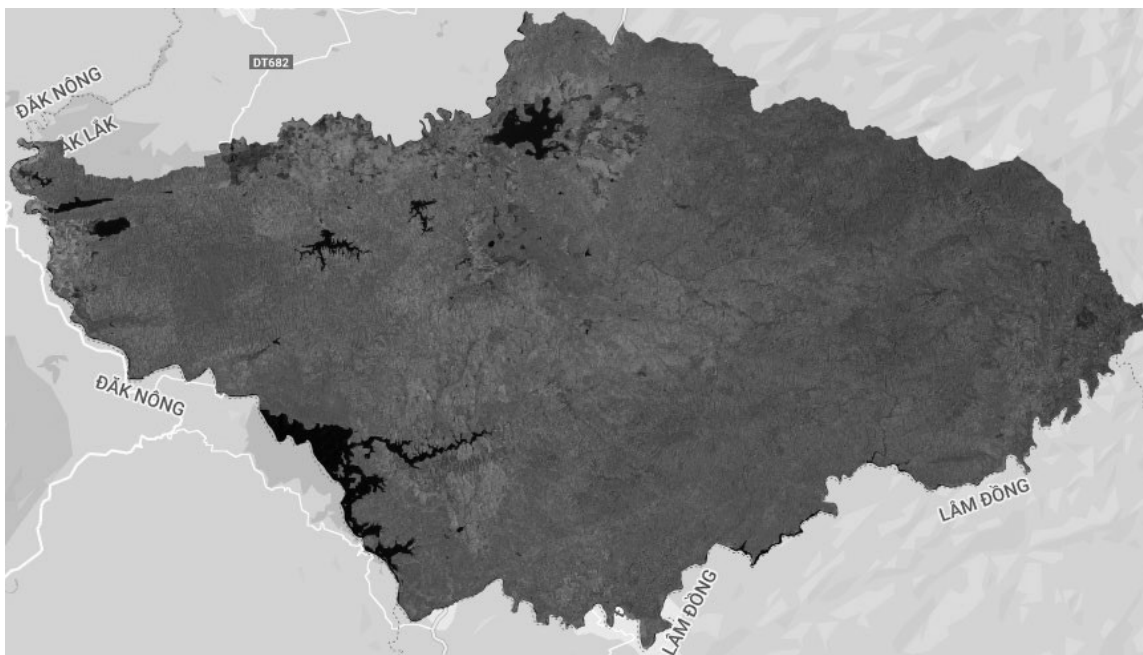


(d) - Mô hình thực nghiệm

Hình 4. Kết quả hiệu chỉnh địa hình bằng các mô hình khác nhau tại vùng mẫu

Kết quả cho thấy, bốn mô hình đều loại bỏ một phần ảnh hưởng của địa hình và khôi phục thông tin phản xạ của các khu vực bóng địa hình, phù hợp với các khu vực không bị bóng địa hình liền kề. Mô hình cosine (Hình 4 - a) có nhiều điểm sáng thể hiện rõ trên ảnh sau hiệu chỉnh tại khu vực sườn bị ảnh hưởng của địa hình, khá khác biệt so với dữ liệu ban đầu. Điều này cho thấy, mô hình cosine đã hiệu chỉnh địa hình quá mức bình thường. Các mô hình hiệu chỉnh còn lại không thấy xuất hiện

sự hiệu chỉnh địa hình quá mức như mô hình cosine. Tuy nhiên, hình ảnh tạo ra khi sử dụng mô hình SCS + C và mô hình thực nghiệm là phù hợp và gần với ảnh gốc nhất. Tất cả các ảnh sau hiệu chỉnh đều giữ lại được các đặc điểm kết cấu của các đối tượng trên mặt đất, nhưng các hình ảnh sau hiệu chỉnh đều phẳng hơn và hiệu ứng lập thể đã gần như biến mất. Các khe núi, thung lũng và các đặc điểm địa hình khác rất khó nhận ra nhất là trên ảnh hiệu chỉnh bằng mô hình thực nghiệm.



Hình 5. Cảnh ảnh Landsat-8 có mã hiệu LC08_124051_20170311 tổ hợp màu 7-5-3 tại khu vực huyện Lắc, tỉnh Đắk Lắk sau khi hiệu chỉnh bằng mô hình thực nghiệm

3.1.2.2. Phân tích thông tin kênh ảnh tại vùng mẫu trước và sau khi hiệu chỉnh địa hình

Độ lệch chuẩn của giá trị phổ kênh ảnh (S_D) phản ánh mức độ phân tán dữ liệu. Nói chung, tại các vị trí khác nhau trên cùng 1 ảnh giá trị phổ của cùng một đặc điểm mặt đất phải như

nhau, nhưng do ảnh hưởng của địa hình nên sẽ có sự khác biệt. Kết quả tính toán S_D của các kênh ảnh khác nhau của hình ảnh trước và sau khi hiệu chỉnh địa hình nằm trong ranh giới vùng mẫu là huyện Lắc, tỉnh Đắk Lắk thể hiện tại bảng 1.

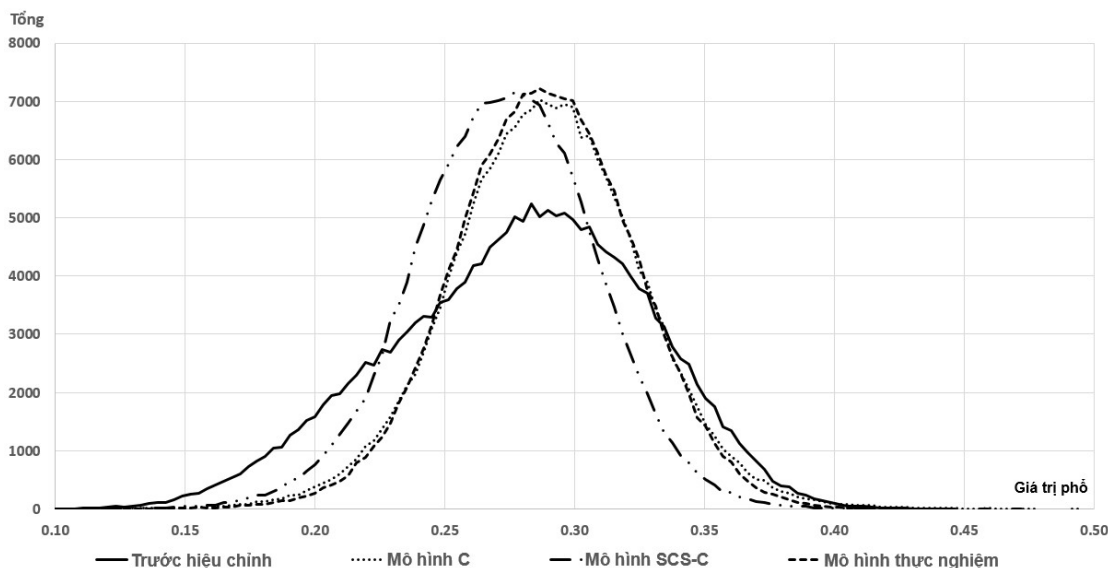
Bảng 1. Thống kê độ lệch chuẩn (S_D) của các kênh ảnh trước và sau khi hiệu chỉnh địa hình

Kênh ảnh	Ảnh gốc	Mô hình Cosine	Mô hình C	Mô hình SCS + C	Mô hình thực nghiệm
Blue	0,014	0,011	0,009	0,009	0,008
Green	0,015	0,013	0,011	0,011	0,009
NIR	0,045	0,034	0,032	0,030	0,028
Red	0,021	0,018	0,015	0,015	0,013
SWIR1	0,058	0,035	0,040	0,039	0,035

Tất cả các mô hình hiệu chỉnh đều làm giảm giá trị S_D của mỗi kênh ảnh. Dữ liệu kênh ảnh SWIR1 có S_D lớn nhất. Sau khi hiệu chỉnh, mô hình SCS + C và mô hình thực nghiệm có hiệu quả hiệu chỉnh tốt nhất. Các dải NIR và dải màu đỏ là các dải quan trọng để theo dõi thảm thực vật. S_D nhỏ nhất sau khi hiệu chỉnh dải NIR được quan sát trong

mô hình thực nghiệm, tiếp theo là mô hình SCS + C và mô hình C; S_D lớn nhất được quan sát trong mô hình cosin. Mô hình thực nghiệm có S_D của tất cả các kênh ảnh sau hiệu chỉnh nhỏ nhất.

Biểu đồ phân bố giá trị phổ của kênh NIR trước và sau khi hiệu chỉnh địa hình bằng các phương pháp khác nhau thể hiện tại hình 6.



Hình 6. Biểu đồ giá trị phổ của kênh NIR trước và sau khi hiệu chỉnh theo các mô hình

Biểu đồ và kết quả kiểm định phân phối chuẩn cho thấy giá trị phản xạ của kênh NIR trên ảnh gốc trước khi hiệu chỉnh không có phân bố chuẩn. Nguyên nhân của hiện tượng này có thể lý giải là do ảnh hưởng của độ dốc địa hình và hướng dốc, dẫn đến trong cùng một trạng thái bề mặt, một số điểm ảnh nhận được ánh sáng không đủ, trong khi một số điểm ảnh khác lại có xu hướng bão hòa.

Sau khi hiệu chỉnh địa hình bằng các mô hình khác nhau, giá trị phản xạ của kênh NIR trên ảnh có phân bố chuẩn, phù hợp với các đặc điểm ngẫu nhiên của trạng thái bề mặt trong tự nhiên. Xét về hình thái phân bố, mô hình C và mô hình thực nghiệm có biểu đồ giá trị phổ

tương đối sát nhau và phù hợp với ảnh gốc hơn so với mô hình hiệu chỉnh SCS-C.

3.1.2.3. Phân tích tính ổn định của việc hiệu chỉnh địa hình

Biến động giá trị phản xạ kênh phổ trên ảnh trước và sau hiệu chỉnh tại vùng nước được sử dụng để đánh giá tính phù hợp của mô hình hiệu chỉnh địa hình. Các vùng nước gần như không có độ dốc và hướng dốc, vì vậy mô hình hiệu chỉnh địa hình không được có tác động lớn đến chúng. Lựa chọn vùng nước tại hồ Lắk làm khu vực nghiên cứu, sự thay đổi về giá trị phản xạ kênh phổ trên ảnh trước và sau hiệu chỉnh thể hiện tại bảng 02.

Bảng 2. Biến động giá trị phản xạ kênh phổ trên ảnh trước và sau hiệu chỉnh

Kênh ảnh	Giá trị phổ ảnh gốc	Mô hình C		Mô hình SCS + C		Mô hình thực nghiệm	
		Giá trị phổ	Biến động (%)	Giá trị phổ	Biến động (%)	Giá trị phổ	Biến động (%)
Blue	0,531	0,535	0,75	0,532	0,19	0,532	0,19
Green	0,873	0,875	0,23	0,874	0,11	0,874	0,11
Nir	1,552	1,556	0,26	1,555	0,19	1,554	0,13
Red	0,893	0,899	0,67	0,896	0,33	0,894	0,11
Swir1	1,158	1,165	0,60	1,156	0,17	1,159	0,09
Trung bình			0,50		0,20		0,13

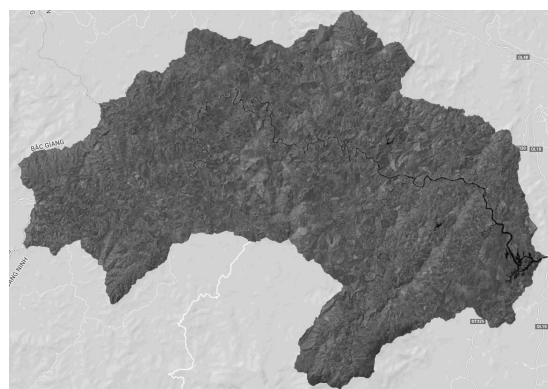
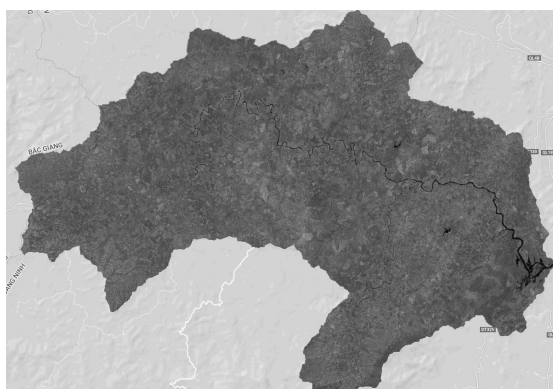
Kết quả cho thấy, tại khu vực vùng nước tại hồ Lắc (khu vực có độ dốc thấp) giá trị phổ trên ảnh trước và sau hiệu chỉnh hầu như không có sự biến động.

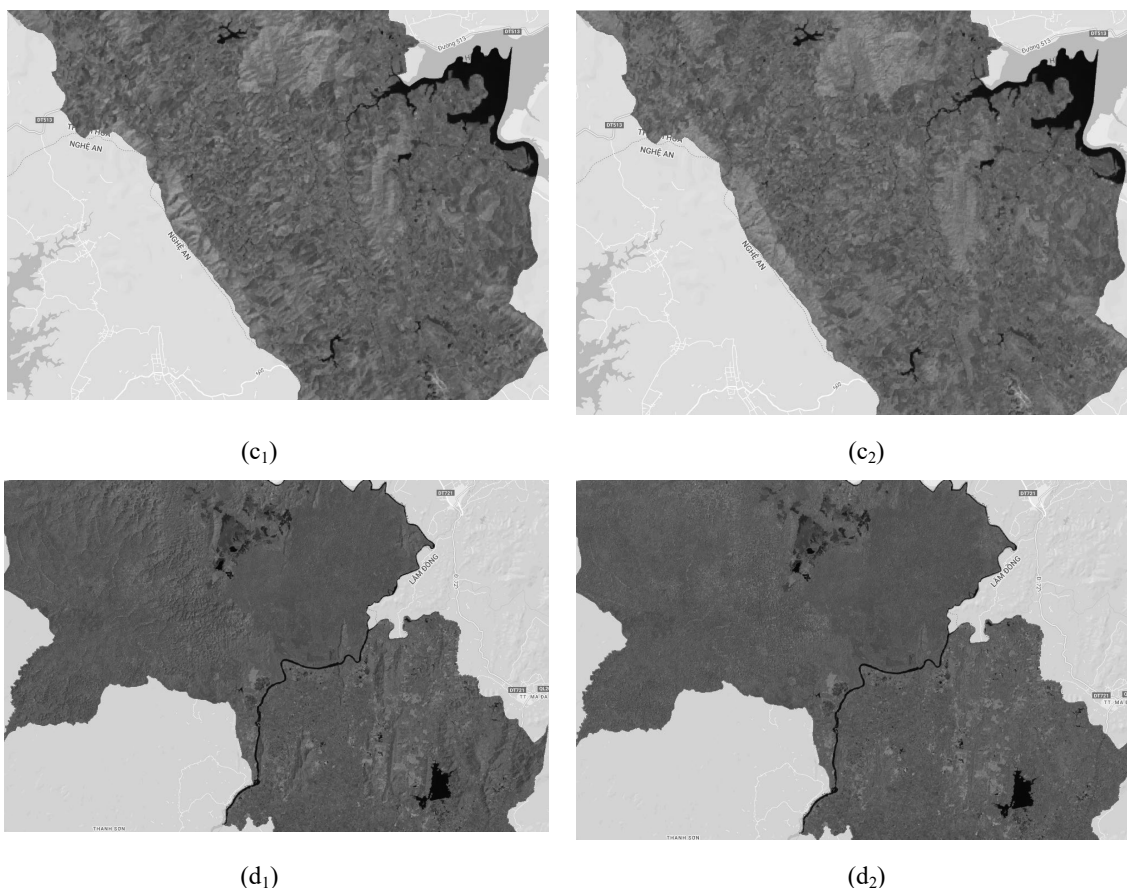
3.2. Thảo luận

Mặc dù không có phương pháp hiệu quả nào loại bỏ hoàn toàn ảnh hưởng của địa hình trên ảnh, các nhà nghiên cứu đã cố gắng nâng cao hiệu quả của việc hiệu chỉnh địa hình bằng nhiều phương pháp khác nhau. Trong mô hình hiệu chỉnh địa hình, hệ số chiếu sáng (IC) là một thông số quan trọng. IC được tính toán dựa trên độ dốc và hướng dốc (công thức 3.2), trong đó độ dốc và hướng dốc lại được tính

toán dựa trên DEM. Như vậy, độ chính xác của DEM có ảnh hưởng đến các thông số của mô hình hiệu chỉnh địa hình. Ở cả bốn mô hình hiệu chỉnh, độ lệch chuẩn của giá trị phổ kênh ảnh (S_D) sau hiệu chỉnh được giảm xuống (Theo biểu đồ - hình 06 các phương pháp khác nhau đã làm thay đổi đáng kể sự phân bố giá trị phản xạ phổ kênh ảnh).

Hình ảnh trực quan về kết quả chạy thử nghiệm chương trình hiệu chỉnh địa hình (bằng phương pháp thực nghiệm) tại huyện Cao Phong, tỉnh Hòa Bình; huyện Ba Chẽ, tỉnh Quảng Ninh; huyện Như Thanh, tỉnh Thanh Hóa và huyện Tân Phú, tỉnh Đồng Nai tại hình 7.

(a₁)(a₂)(b₁)(b₂)



Hình 7. Hình ảnh kết quả chạy thử nghiệm chương trình hiệu chỉnh địa hình tại một số địa phương ngoài khu vực nghiên cứu

Ghi chú: a_1 và a_2 là ảnh trước và sau hiệu chỉnh tại huyện Cao Phong, tỉnh Hòa Bình; b_1 và b_2 là ảnh trước và sau hiệu chỉnh tại huyện Ba Chẽ, tỉnh Quảng Ninh; c_1 và c_2 là ảnh trước và sau hiệu chỉnh tại huyện Như Thanh, tỉnh Thanh Hóa và d_1 và d_2 là ảnh trước và sau hiệu chỉnh tại huyện Tân Phú, tỉnh Đồng Nai.

Giao diện người dùng thân thiện và dễ dàng truy cập của Google Earth Engine cung cấp một môi trường thuận tiện để phát triển dữ liệu và thuật toán tương tác. Người dùng có thể thêm và quản lý dữ liệu, đồng thời sử dụng các tài nguyên hiện có của Google để thực hiện tất cả quá trình xử lý. Điều này cho phép các nhà khoa học, nhà nghiên cứu độc lập, những người quan tâm ở các quốc gia khác nhau khai thác kho dữ liệu khổng lồ này để phát hiện biến động, lập bản đồ xu hướng và định lượng tài nguyên... trên bề mặt trái đất. Mặt khác, sau khi tư liệu của các thế hệ ảnh Landsat được cung cấp miễn phí vào năm 2008, Google đã

lưu trữ tất cả các tập dữ liệu và liên kết chúng với công cụ điện toán đám mây của Google Earth Engine để cung cấp miễn phí đến người sử dụng. Kho lưu trữ dữ liệu hiện tại trên Google Earth Engine bao gồm các dữ liệu từ các vệ tinh khác, cũng như các tập dữ liệu vector dựa trên Hệ thống Thông tin Địa lý (GIS), các mô hình xã hội, nhân khẩu học, thời tiết, mô hình độ cao kỹ thuật số và các lớp dữ liệu khí hậu... cho phép chương trình hiệu chỉnh địa hình trên ảnh vệ tinh của nghiên cứu này thực hiện cho bất cứ ảnh ảnh Landsat-8 SR nào khi biết mã hiệu ảnh hoặc ranh giới hành chính khu vực và thời gian chụp ảnh.

V. KẾT LUẬN

Kế thừa, phân tích các mô hình thường áp dụng để hiệu chỉnh địa hình trên ảnh vệ tinh, nghiên cứu đã lựa chọn được 4 mô hình đại diện gồm: (1) Mô hình cosine; (2) Mô hình C; (3) Mô hình SCS + C; (4) Mô hình thực nghiệm và xây dựng thành các chương trình hiệu chỉnh áp dụng cho ảnh vệ tinh Landsat-8 trên GEE.

Trong 4 mô hình sử dụng để xây dựng chương trình hiệu chỉnh ảnh hưởng của địa hình, mô

hình thực nghiệm được đánh giá là phù hợp nhất, tiếp theo là 2 mô hình SCS + C và mô hình C, cuối cùng là mô hình cosine.

Giao diện người dùng thân thiện, dễ dàng truy cập và kho lưu trữ dữ liệu không lồ trên Google Earth Engine cho phép chương trình hiệu chỉnh địa hình trên ảnh vệ tinh của nghiên cứu này thực hiện cho bất cứ ảnh ảnh Landsat-8 SR nào khi biết mã hiệu ảnh hoặc ranh giới hành chính khu vực và thời gian chụp ảnh.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Asner, G.P., 2003. Canopy shadow in IKONOS satellite observations of tropical forests and savannas. *Remote Sens. Environ*, 87, 521-533.
2. Chander, G.; Markham, B.L.; Helder, D.L., 2009. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM + , and EO-1 ALI sensors. *Remote Sens. Environ*, 113, 893-903.
3. Gao, Y.N.; Zhang, W.C., 2009. A simple empirical topographic correction method for ETM + imagery. *Int. J. Remote Sens*, 20, 2259-2275.
4. Gu, D.; Gillespie, A., 1998. Topographic normalization of Landsat TM images of forest based on subpixel Sun-Canopy-Sensor geometry. *Remote Sens. Environ*, 64, 166-175.
5. Hantson, S.; Chuvieco, E., 2011. Evaluation of different topographic correction methods for Landsat imagery. *Int. J. Appl. Earth Obs*, 13, 691-700.
6. Irons, J.R.; Dwyer, J.L.; Barsi, J.A., 2012. The next Landsat satellite: The Landsat data continuity mission. *Remote Sens. Environ*, 122, 11-21.
7. Li, F.Q.; David, L.B.; Jupp, M.T.; Leo, L.; Norman, M.; Lewis, A.; Held, A., 2012. A physics-based atmospheric and BRDF correction for Landsat data over mountainous terrain. *Remote Sens. Environ*, 124, 756-770.
8. Pimple, U.; Sitthi, A.; Simonetti, D.; Pungkul, S.; Leadprathom, K.; Chidthaisong, A., 2017. Topographic correction of Landsat TM-5 and Landsat OLI-8 imagery to improve the performance of forest classification in the mountainous terrain of Northeast Thailand. *Sustainability*, 9, 258.
9. Soenen, S.A.; Peddle, D.R.; Coburn, C.A.; Hall, R.J.; Hall, F.G., 2008. Improved topographic correction of forest image data using a 3-D canopy reflectance model in multiple forward mode. *Int. J. Remote Sens*. 2008, No 29, pp 1007-1027.
10. Soenen, S.A.; Peddle, D.R.; Coburn, C.A. SCS + C, 2005. A modified Sun-Canopy-Sensor topographic correction in forested terrain. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens*, 43, 2148-2159.
12. Szantoi, Z.; Simonetti, D., 2013. Fast and robust topographic correction method for medium resolution satellite imagery using a stratified approach. *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens*, 6, 1921-1932.
13. Tan, B.; Jeffrey, G.; Masek, R.W.; Gao, F.; Huang, C.; Eric, F.; Vermote, J.; Sexton, O.; Ederer, G., 2013. Improved forest change detection with terrain illumination corrected Landsat images. *Remote Sens. Environ*, 136, 469-483.
14. Teillet, P.M.; Guindon, B.; Goodenough, D.G., 1982. On the slope-aspect correction of multispectral scanner data. *Can. J. Remote Sens*, 8, 84-106.
15. Vanonckelen, S.; Lhermitte, S.; Ronpaey, A.V., 2013. The effect of atmospheric and topographic correction methods on land cover classification accuracy. *Int. J. Appl. Earth Obs*, 24, 9-21.

Email tác giả liên hệ: phamtiendungvafs@gmail.com

Ngày nhận bài: 16/11/2022

Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 21/11/2022

Ngày duyệt đăng: 22/11/2022