



Original Article

Development of Landsat Cloud Free Image Data for Classification of Land Cover-Case Study in Dak Lak Province

Tran Anh Tuan^{1, 3*}, Nguyen Dinh Duong²

¹*Institute of Ecology and Biological Resources, Vietnam Academy of Science and Technology
18 Hoang Quoc Viet, Hanoi, Vietnam*

²*Institute of Geography, Vietnam Academy of Science and Technology,
18 Hoang Quoc Viet, Hanoi, Vietnam*

³*VNU University of Science, 334 Nguyen Trai, Hanoi, Vietnam*

Received 13 September 2019

Revised 08 November 2019; Accepted 25 November 2019

Abstract: Land cover mapping by optical remote sensing has many obstacles including clouds. Clouds block solar radiation coming to earth surface and reflective radiance from the earth surface to remote optical sensors resulting. Therefore, clouds result no-signal areas in images that cannot be used for study of ground objects. In many cases, thin clouds degrade quality of reflective radiance and some times alter, unexpectedly, spectral reflectance characteristics of ground objects leading to false classification. In this paper, the authors present an algorithm on application of multirate for development of cloud free image. The used image data were received in rainy and dry seasons and by stacking, cloud free images representing rainy and dry seasons were created. These cloud free images can be used further for classification of land cover in rainy and dry seasons. Experiments were conducted with Landsat 8 OLI images with path/row number 124/51 covering Dak Lak province of Vietnam. The results of case study were development of cloud free image data representing rainy and dry seasons allowing separation of evergreen and deciduous forests in the study site.

Keywords: Landsat, cloud free, deciduous forests, land cover classification.

* Corresponding author.

E-mail address: tuan.ig@gmail.com

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4447>



Tạo ảnh không mây phục vụ phân loại lớp phủ với tư liệu Landsat đa thời gian-nghiên cứu thử nghiệm tại tỉnh Đắk Lắk

Trần Anh Tuấn^{1,3*}, Nguyễn Đình Dương²

¹*Viện Sinh thái và Tài nguyên Sinh vật, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, 18 Hoàng Quốc Việt, Hà Nội, Việt Nam*

²*Viện Địa lý, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, 18 Hoàng Quốc Việt, Hà Nội, Việt Nam*

³*Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội, 334 Nguyễn Trãi, Hà Nội, Việt Nam*

Nhận ngày 13 tháng 9 năm 2019

Chỉnh sửa ngày 08 tháng 11 năm 2019; Chấp nhận đăng ngày 25 tháng 11 năm 2019

Tóm tắt: Nghiên cứu lớp phủ bằng tư liệu viễn thám quang học luôn gặp phải trở ngại: đó là mây. Mây ngăn cản bức xạ từ mặt trời đến được bề mặt trái đất hoặc phản xạ từ vật thể trên bề mặt trái đất đến được bộ cảm trên vệ tinh tạo nên những vùng không có tín hiệu và không thể được sử dụng để nghiên cứu các đối tượng. Trong nhiều trường hợp mây mỏng còn làm giảm đi chất lượng tín hiệu phản xạ và trong không ít trường hợp còn làm thay đổi hoàn toàn tính chất phản xạ phổ dẫn đến sự nhầm lẫn trong kết quả phân loại. Trong bài báo này, các tác trình bày thuật toán sử dụng các cảnh ảnh quan sát tại cùng khu vực ở các thời điểm khác nhau nhằm tạo ra cảnh ảnh không mây. Các cảnh ảnh sử dụng được thu nhận trong hai mùa mưa và mùa khô và khi tổ hợp lại sẽ tạo ra hai ảnh không mây trong mùa mưa và mùa khô cho phép phân loại được lớp phủ trong từng mùa. Nghiên cứu thử nghiệm được triển khai với tư liệu ảnh Landsat 8 OLI, số phiên hiệu cảnh ảnh 124/51 bao trùm phần lớn địa bàn tỉnh Đắk Lắk. Kết quả thử nghiệm đã tạo ra ảnh không mây cho mùa khô và mùa mưa năm 2015 phục vụ phân loại lớp phủ và phân tách được rừng thường xanh và rừng rụng lá trong khu vực nghiên cứu.

Từ khoá: Landsat, tách mây, rừng rụng lá, phân loại lớp phủ.

1. Mở đầu

Tư liệu viễn thám Landsat là chuỗi tư liệu quang học có chiều dài quan sát lâu nhất. Cho đến nay, trải qua các thế hệ vệ tinh Landsat với các bộ cảm MSS, TM, ETM+ và OLI số lượng

các ảnh Landsat thu thập được đủ lớn để chúng ta có thể nghiên cứu biến động lớp phủ lãnh thổ Việt Nam từ năm 1972 đến nay. Tuy nhiên các kênh phản xạ của Landsat đều nằm trong dải sóng quang học và luôn chịu sự tác động của khí quyển trong đó mây là yếu tố lớn nhất làm giảm

*Tác giả liên hệ.

Địa chỉ email: tuan.ig@gmail.com

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4447>

chất lượng tư liệu Landsat và trong nhiều trường hợp dẫn đến không thể sử dụng các tư liệu này được. Ảnh hưởng của mây đối với tư liệu Landsat trên lãnh thổ Việt Nam lại đặc biệt nghiêm trọng vì với khí hậu nhiệt đới ẩm, xác suất các ngày trong năm không có mây là rất thấp. Hầu như tất cả các cảnh ảnh Landsat thu nhận được đều bị ảnh hưởng bởi mây. Số lượng cảnh ảnh bị che phủ trên 90% bởi mây là rất cao, đặc biệt trong mùa mưa.

Trên thế giới, vấn đề nghiên cứu phát hiện mây trên tư liệu quang học đã được nhiều nhà khoa học quan tâm. Việc phát hiện và đánh dấu mây trên một cảnh ảnh là cần thiết vì những điểm ảnh tại cùng vị trí đó có thể được thay thế bằng các điểm ảnh từ những cảnh ảnh không bị ảnh hưởng bởi mây. Các phương pháp phát hiện mây được chia thành ba nhóm chính: sử dụng ngưỡng phân tách, hàm truyền khí quyển và phương pháp thống kê [1]. Cục Địa chất Hoa Kỳ (USGS) đã phát triển phương pháp phát hiện mây cho tư liệu Landsat dựa trên thuật toán CFMask và triển khai kết quả dưới hình thức kênh đánh giá chất lượng tư liệu Landsat (BQA) với các thông tin cần thiết về mây lưu trong kênh BQA cho mỗi cảnh ảnh [2]. Các phương pháp phát hiện mây có những điểm mạnh yếu khác nhau. Tuy nhiên khi sử dụng để xử lý một khối lượng lớn các cảnh ảnh thì việc lựa chọn phương pháp phù hợp có kết quả ổn định là điều quan trọng.

Trước đây, khi Cục địa chất Hoa Kỳ chưa cho phép tiếp cận tự do tới các tư liệu Landsat lưu trữ thì người sử dụng cần phải mua các tư liệu Landsat với giá thành tương đối cao. Điều đó gây trở ngại cho người sử dụng khi muốn tạo ảnh không mây với số lượng lớn ảnh Landsat sẽ phải cần một lượng kinh phí rất lớn. Sau khi USGS cho phép người dùng trên toàn thế giới tiếp cận tư liệu Landsat miễn phí thì việc sử dụng tư liệu Landsat đa thời gian để tạo ảnh không mây đã trở thành hiện thực. Tuy nhiên trở ngại chính lúc này là tải dữ liệu từ cơ sở dữ liệu của USGS về máy mình để xử lý. Khó khăn nằm ở chỗ là tốc độ đường truyền vẫn tương đối thấp khi cần phải tải dữ liệu ảnh, đặc biệt là đối với tư

liệu Landsat 8 có mức lượng tử 16-bit cho mỗi điểm ảnh. Sau khi công nghệ điện toán đám mây như Amazon, Google Earth Engine (GEE), Microsoft Azure ra đời việc tạo ảnh chưa phân loại không mây dựa trên ảnh Landsat đa thời gian đã được triển khai. Tuy nhiên số lượng công trình công bố còn tương đối hạn chế. Huang và cộng sự đã công bố kết quả nghiên cứu sử dụng kỹ thuật chồng xếp ảnh đánh giá sự suy giảm của rừng [3]. Kỹ thuật sử dụng ở đây tương đối phức tạp vì đòi hỏi phải chuyển đổi giá trị số của tư liệu Landsat về phản xạ bề mặt trước khi ghép lại với nhau. Việc hiệu chỉnh ảnh hưởng khí quyển cần khối lượng tính toán rất lớn và đó cũng là những hạn chế cho việc triển khai công nghệ này trên diện rộng. GEE là môi trường tính toán phù hợp cho mục đích này khi có sẵn trong thư viện các hàm tính toán cần thiết bao gồm cả hiệu chỉnh ảnh hưởng khí quyển. Cái đáng chú ý nhất ở đây là trên máy chủ có sẵn tất cả các tư liệu Landsat tương đương như trên máy chủ của USGS và người dùng có thể truy cập trực tiếp trong quá trình xử lý.

Trong bài báo này, các tác giả sử dụng phương pháp phát hiện mây đã được Cục Địa chất Hoa Kỳ (USGS) đề xuất và dựa trên kết quả phát hiện mây đã đưa ra quy trình bù mây sử dụng các cảnh ảnh Landsat thu nhận từ các thời điểm khác nhau của cùng khu vực nhằm tạo ra cảnh ảnh không mây phục vụ phân loại lớp phủ. Nghiên cứu được thử nghiệm với tư liệu ảnh Landsat 8 OLI, cảnh ảnh 124/51 trên địa bàn tỉnh Đắk Lắk. Ảnh không mây tạo ra không được đưa về phản xạ bề mặt do vậy vẫn có sự khác biệt về giá trị bức xạ giữa các cảnh ảnh được thu nhận ở các thời điểm khác nhau. Tuy nhiên để giải đoán bằng mắt thì chất lượng tư liệu vẫn được bảo đảm. Ảnh được tạo ra có thể sử dụng phương pháp phân loại dựa trên dạng phổ để phân loại lớp phủ [4, 5].

2. Khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu thuộc phạm vi cảnh ảnh 124/51 theo hệ thống danh định toàn cầu tư liệu

Landsat. Cảnh ảnh 124/51 phủ trùm gần như toàn bộ địa bàn tỉnh Đắk Lắk (Hình 1).



Hình 1. Khu vực nghiên cứu thuộc địa bàn tỉnh Đắk Lắk nằm trong cảnh ảnh 124/51.

Địa hình của tỉnh rất đa dạng. Đắk Lắk nằm ở phía Tây và cuối dãy Trường Sơn trên một cao nguyên rộng lớn với địa hình dốc thoải, lượn sóng, khá bằng phẳng xen kẽ với các đồng bằng thấp ven theo các sông chính. Địa hình của tỉnh có hướng thấp dần từ Đông Nam sang Tây Bắc. Tỉnh Đắk Lắk được chia thành hai tiểu vùng khí hậu. Vùng phía Tây Bắc có khí hậu nắng nóng, khô hanh về mùa khô; vùng phía Đông và phía Nam có khí hậu mát mẻ, ôn hòa. Khí hậu sinh thái nông nghiệp của tỉnh được chia ra thành 6 tiểu vùng:

- Tiểu vùng bình nguyên Ea Súp chiếm 28.43% diện tích tự nhiên.
- Tiểu vùng cao nguyên Buôn Mê Thuật – Ea H’Leo chiếm 16.17% diện tích tự nhiên.
- Tiểu vùng đồi núi và cao nguyên M’Đrăk chiếm 15.82% diện tích tự nhiên.
- Tiểu vùng đất ven sông Krông Ana – Sêrêpôk chiếm 14.51% diện tích tự nhiên.
- Tiểu vùng núi cao Chư Yang Sin chiếm 3.98% diện tích tự nhiên.

- Tiểu vùng núi Rlang Dja chiếm 3.88% diện tích tự nhiên.

Nhìn chung khí hậu khác nhau giữa các dạng địa hình và giảm dần theo độ cao: vùng dưới 300m quanh năm nắng nóng, từ 400 – 800m khí hậu nóng ẩm và trên 800m khí hậu mát. Khí hậu có hai mùa rõ rệt: mùa mưa và mùa khô. Mùa mưa bắt đầu từ tháng 5 đến hết tháng 10, tập trung 90% lượng mưa hàng năm. Mùa khô từ tháng 11 đến tháng 4 năm sau, lượng mưa không đáng kể [6]. Thảm thực vật bao gồm thảm thực vật thường xanh phân bố ở những vùng đồi núi và cao nguyên trong khi thảm thực vật rụng lá phân bố chủ yếu tại vùng bình nguyên Ea Súp.

3. Tư liệu và phương pháp

3.1. Tư liệu

Tư liệu phục vụ nghiên cứu bao gồm 11 cảnh ảnh Landsat 8 OLI thu nhận chủ yếu trong năm 2015. Các cảnh ảnh được thu nhận trong mùa mưa là 8 và số cảnh ảnh trong mùa khô là 3. Từ các cảnh ảnh trong hai mùa, các tác giả đã xây dựng hai cảnh ảnh không mây cho mùa mưa và mùa khô. Các cảnh ảnh trong mùa mưa bị ảnh hưởng bởi thời tiết do vậy có độ che phủ mây rất cao. Để tạo được một cảnh ảnh không mây sẽ cần phải sử dụng nhiều cảnh ảnh có mây. Trong bảng 1 là danh sách các cảnh ảnh đã được sử dụng trong nghiên cứu này. Đây là tư liệu thuộc mức xử lý Collection 1 level-1 được tải về từ trang web của Cục địa chất Hoa Kỳ (USGS) [7].

Trong các cảnh ảnh đã được sử dụng có một số cảnh ảnh không được thu nhận vào năm 2015 mà được thu nhận ở những năm khác. Việc sử dụng các cảnh ảnh này không ảnh hưởng đến chất lượng của ảnh đầu ra bởi vì những cảnh ảnh này được dùng để bù mây cho các vùng núi cao thường xuyên bị mây che phủ, nơi hoàn toàn chỉ có thảm thực vật thường xanh ít bị tác động của các hoạt động con người.

Bảng 1. Danh sách các cảnh ảnh được sử dụng để tạo ảnh không mây cho mùa mưa và mùa khô

| Mùa | Phiên hiệu cảnh ảnh |
|---------|---|
| Mùa mưa | (a): LC08_L1TP_124051_20150813_20170406_01_T1 |
| | (b): LC08_L1TP_124051_20151016_20180523_01_T1 |
| | (c): LC08_L1TP_124051_20150610_20170408_01_T1 |
| | (d): LC08_L1TP_124051_20151117_20170402_01_T1 |
| | (e): LC08_L1TP_124051_20160831_20170321_01_T1 |
| | (f): LC08_L1TP_124051_20170919_20170929_01_T1 |
| | (g): LC08_L1TP_124051_20181008_20181029_01_T1 |
| | (h): LC08_L1TP_124051_20190723_20190801_01_T1 |
| Mùa khô | (a): LC08_L1TP_124051_20140130_20170426_01_T1 |
| | (b): LC08_L1TP_124051_20150202_20170413_01_T1 |
| | (c): LC08_L1TP_124051_20150407_20170410_01_T1 |

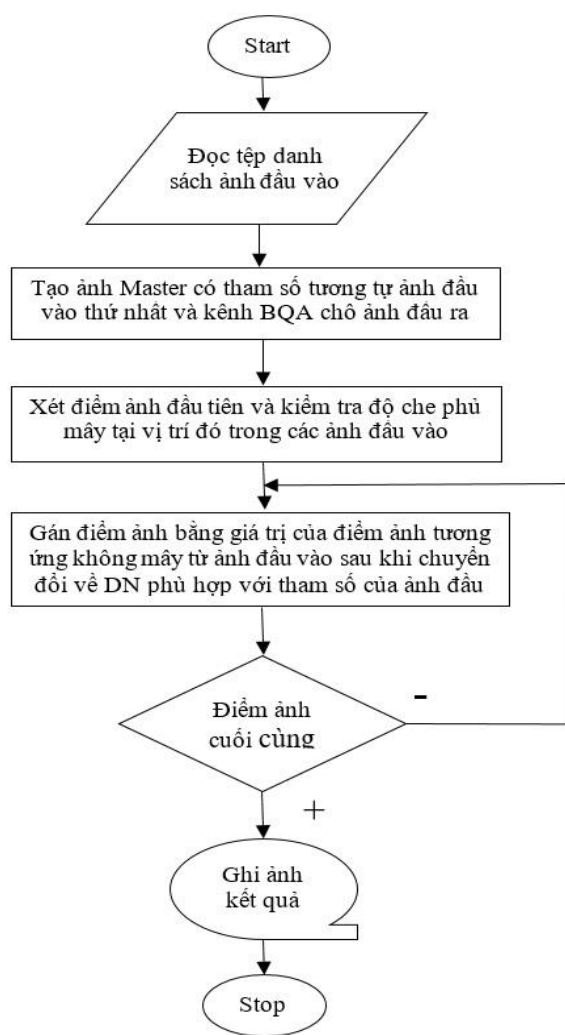
3.2 Phương pháp

Thuật toán tạo ảnh không mây bao gồm 4 bước chính được triển khai tuần tự cho từng điểm ảnh. Việc xác định độ ảnh hưởng của mây được dựa trên kênh BQA (Quality Assessment Band) có sẵn cho mỗi cảnh ảnh Landsat được xử lý ở mức Collection 1 Level-1. Thông tin chi tiết mô tả kênh BQA có thể tham khảo trong tài liệu kỹ thuật của tư liệu ảnh Landsat 8 OLI [8, 9]. Sử dụng thông tin cung cấp trên kênh BQA, người sử dụng có thể xác định mức độ ảnh hưởng mây đối với mỗi điểm ảnh. Độ tin cậy của sự tồn tại của mây được xác định thông qua hệ số tin cậy cung cấp kèm theo trong tệp BQA. Khi tính toán, các tác giả đã sử dụng mức tin cậy cao nhất 75% để xác định ảnh hưởng của mây. Nghĩa là, chỉ khi nào mức tin cậy bằng hoặc lớn hơn 75% thì mới coi điểm ảnh đó bị ảnh hưởng bởi mây.

Sơ đồ tổng thể thuật toán tạo ảnh không mây từ tư liệu Landsat đa thời gian được trình bày trên hình 3. Toàn bộ thuật toán được chia thành 4 bước chính. Mỗi điểm ảnh, khi xử lý, sẽ đều trải qua 4 bước tính toán này. Toàn bộ thuật toán được lặp lại từ điểm ảnh đầu tiên cho đến điểm ảnh cuối cùng.

| Description | BIT | Cumulative Sum | |
|-------------------------|-----|----------------|-------|
| | | Left | Right |
| [Hatched Box] | 15 | 65553 | 32767 |
| | 14 | 16383 | 8191 |
| | 13 | 4095 | 2047 |
| Cirrus Confidence | 12 | 1023 | 511 |
| | 11 | 255 | 127 |
| Snow/Ice Confidence | 10 | 63 | 31 |
| | 9 | 15 | 7 |
| Cloud Shadow Confidence | 8 | 7 | 3 |
| | 7 | 3 | 1 |
| Cloud Confidence | 6 | 1 | 0 |
| | 5 | 0 | 0 |
| Cloud | 4 | 0 | 0 |
| | 3 | 0 | 0 |
| Radiometric Saturation | 2 | 0 | 0 |
| | 1 | 0 | 0 |
| Terrain Occlusion | 0 | 0 | 0 |
| Designated Fill | 0 | 0 | 0 |

Hình 2. Mô tả cấu trúc các bits cho một điểm ảnh trong kênh BQA đối với tư liệu Landsat về thông tin ảnh hưởng của mây và các nhiễu khác có thể đối với từng điểm ảnh [9].



Hình 3. Sơ đồ thuật toán.

Bước 1. Trong bước này, chúng ta tạo dựng danh sách các ảnh sẽ được sử dụng cho việc bù mây. Những cảnh ảnh sắp xếp cao nhất sẽ có độ ưu tiên cao nhất. Điều đó có nghĩa khi xuất hiện nhiều điểm ảnh không mây ở cùng một vị trí thì kết quả bù mây sẽ được lấy từ giá trị điểm ảnh của ảnh trên cùng trong danh sách các ảnh.

Bước 2. Xây dựng ảnh Master. Ảnh Master chính là ảnh kết quả có số hàng và số cột đủ lớn để bao phủ được tất cả các ảnh sử dụng. Vệ tinh Landsat khi quan sát, cảnh ảnh có cùng vị trí thường dao động trong các hướng đông tây cho mỗi thời điểm quan sát khác nhau. Chính vì lý do đó nên khi chồng xếp các cảnh ảnh có cùng

số hiệu được thu nhận từ nhiều thời điểm khác nhau sẽ không trùng khít lên nhau. Do đó ảnh kết quả sẽ phải có kích thước đủ lớn để chứa được các phần ảnh không chồng khít lên nhau. Các tham số hiệu chỉnh bức xạ như hệ số chuyển đổi giá trị số (DN) sang giá trị bức xạ, độ cao và phương vị mặt trời v.v được lấy bằng với các giá trị tương tự của ảnh được xếp cao nhất trong danh sách ảnh sử dụng. Tiếp theo kênh BQA của ảnh kết quả cũng được tạo ra thông qua việc chồng xếp các kênh BQA của các ảnh đầu vào.

Bước 3. Dựa trên thông tin về độ che phủ mây trong kênh BQA, chúng ta lựa chọn thời điểm phù hợp để lấy giá trị cho bù mây. Để đạt được kết quả tốt nhất, các tác giả đặt ngưỡng cho độ tin cậy xác định mây là 75%. Với ngưỡng tin cậy này, có thể bỏ qua một số nhiễu khí quyển có thể bị phân loại nhầm thành mây. Khi có nhiều hơn một thời điểm điểm ảnh không bị ảnh hưởng của mây thì giá trị điểm ảnh được chọn sẽ có thứ tự ưu tiên cho các cảnh ảnh nằm cao nhất trong danh sách các ảnh đầu vào.

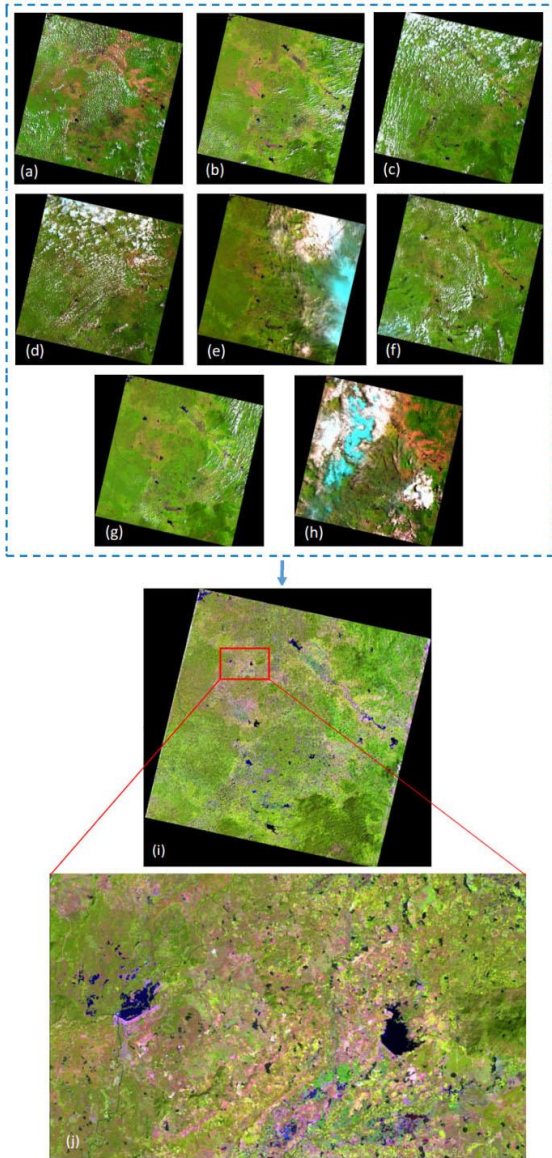
Bước 4. Sau khi kiểm tra điểm ảnh ở vị trí đang xét và chọn được thời điểm phù hợp, các giá trị DN của ảnh tại thời điểm đó sẽ được chuyển về phản xạ trên đỉnh khí quyển (TOA) và sau đó chuyển ngược về DN của ảnh Master và lưu vào ảnh Master.

4. Kết quả

Với tư liệu thu thập được như trong bảng 1 và thuật toán đã trình bày, các tác giả đã thử nghiệm tạo ảnh không mây cho hai mùa mưa và khô cho cảnh ảnh 124/51.

Chúng ta thấy, vào mùa mưa hầu như không thể có được ảnh không mây. Mây xuất hiện hầu hết ở các thời điểm vệ tinh quan sát. Sử dụng kênh BQA và các cảnh ảnh đã thu thập như trên bảng 1 đã tạo được ảnh không mây cho mùa mưa năm 2015. Kết quả cửa sổ phóng to trên hình 4j cho thấy các phần bị che phủ bởi mây trên ảnh LC08_L1TP_124051_20150813_20170406_01_T1 đã được thay thế bằng phần không mây của các ảnh khác. Đánh giá dựa trên giải đoán bằng mắt cho thấy ảnh kết quả cho phép phân biệt

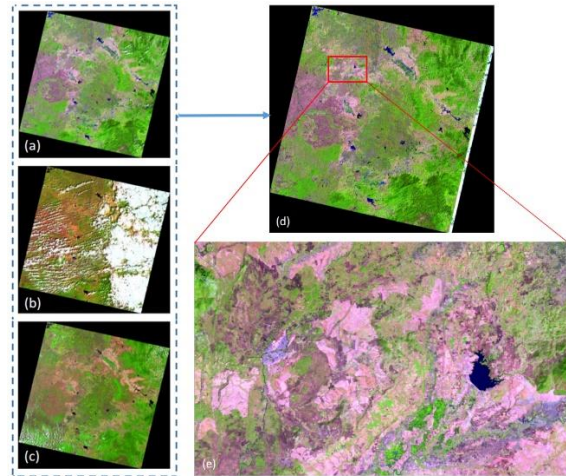
được các đối tượng cơ bản trên bề mặt. Các vùng che phủ bởi thảm thực vật khác nhau được bảo toàn và cho phép giải đoán tốt. Các vùng đất trống có thể nhận biết được rõ. Hệ thống thủy văn như hồ nước, dòng chảy, kể cả các vùng ngập lụt cũng được phát hiện dễ dàng.



Hình 4. Tạo ảnh không mây mùa mưa. Ảnh đầu vào được hiển thị trên các hình (a), (b), (c), (d), (e), (f), (g), (h). Ảnh không mây được trình bày trên hình (i). (j) là một phần của ảnh (i) được phóng to giới thiệu chất lượng của kết quả ghép ảnh. Các ảnh được tổ hợp màu theo công thức RGB:543.

Hình 5 là kết quả tạo ảnh không mây mùa khô. Trong mùa khô, khả năng có được ảnh không mây hoặc ít bị ảnh hưởng bởi mây cao hơn mùa mưa rất nhiều. Số lượng cảnh ảnh được sử dụng để tạo ảnh không mây do đó cũng ít hơn. Vào mùa khô chỉ cần sử dụng 3 cảnh ảnh trong khi mùa mưa phải dùng đến 8 cảnh ảnh. Kết quả ghép ảnh không mây trên hình 5(e) cho thấy chất lượng của thuật toán là chấp nhận được.

Thuật toán được triển khai bằng ngôn ngữ lập trình C++ chạy trong môi trường DOS Command line cho phép làm việc ở chế độ Batch tạo điều kiện việc tự động hóa khi cần xử lý một khối lượng lớn dữ liệu.



Hình 5. Tạo ảnh không mây mùa khô. Ảnh đầu vào là các ảnh (a), (b), (c). Ảnh không mây được trình bày trên hình (d). (e) là một phần của ảnh (d) được phóng to giới thiệu chất lượng của kết quả ghép ảnh. Các ảnh được tổ hợp màu theo công thức RGB:543.

5. Kết luận

Bài báo đã giới thiệu một phương pháp mới trong việc tạo ảnh không mây từ dữ liệu Landsat 8 OLI đa thời gian. Các dữ liệu có thể được ghép với nhau bao gồm dữ liệu Landsat 4, 5, 7 và 8. Thuật toán được trình bày ở đây ưu việt hơn các thuật toán đã công bố là không cần chuyển đổi giá trị ảnh về phản xạ bề mặt. Như vậy, khối lượng tính toán về cơ bản được giảm đi rất nhiều. Chất lượng ảnh với kết quả thử nghiệm trên địa

bản tính Đắc Lắc cho thấy thuật toán đề xuất có thể sử dụng để tạo ảnh không mây cho các vùng nghiên cứu khác. Tuy nhiên, để việc bù mây được hiệu quả, việc lựa chọn ảnh đầu vào cũng cần được quan tâm sao cho các cảnh ảnh có các phần không mây có thể bù cho nhau. Những vùng núi cao hoặc những vùng ít biến động giữa các năm hoặc giữa các mùa có thể sử dụng các tư liệu của năm trước hoặc năm sau để bù mây. Chương trình được xây dựng chạy trong môi trường DOS Command line cho phép ghép tự động khối lượng lớn tư liệu ảnh sau khi đã tải ảnh về. Trong trường hợp sử dụng môi trường điện toán đám mây như Amazon thì hiệu năng tính toán sẽ được tăng lên nhiều hơn.

Lời cảm ơn

Tư liệu ảnh Landsat 8 OLI được cung cấp bởi Cục Địa chất Hoa Kỳ (USGS)

Các tác giả chân thành cảm ơn đề tài TN18/T09 thuộc chương trình KH-CN TN/16-20 đã tài trợ nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

- [1] Lin Sun, Xueting Mi, JingWei, Jian Wang, Xinpeng Tian, Huiyong Yu, Ping Gan, A cloud detection algorithm-generating method for remote sensing data at visible to short-wave infrared wavelengths, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 124 (2017) 70–88. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2016.12.005>.
- [2] Steve Foga, Pat L. Scaramuzza, Song Guo, Zhe Zhu, Ronald D. Dille Jr, Tim Beckmann, Gail L. Schmidt, John L. Dwyer, M. Joseph Hughes, Brady Laue, Cloud detection algorithm comparison and validation for operational Landsat data products, *Remote Sensing of Environment* 194 (2017) 379–390. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.03.026>.
- [3] Chengquan Huang, Samuel N. Goward, Jeffrey G. Masek, Feng Gao, Eric F. Vermote, Nancy Thomas, Karen Schleeweis, Robert E. Kennedy, Zhiliang Zhu, Jeffery C. Eidenshink & John R.G. Townshend, Development of time series stacks of Landsat images for reconstructing forest disturbance history, *International Journal of Digital Earth* 2 (2019) 195–218. <https://doi.org/10.1080/17538940902801614>.
- [4] Nguyen Dinh Duong, Le Minh Hang, Tran Anh Tuan, Zutao Ouyang, Development of a spectral-pattern-analysis-based method for automated water body extraction using Landsat image data: A case study in central Vietnam and southern Laos, *Limnology and Oceanography: Methods* 15 (2017) 945–959. <https://doi.org/10.1002/lom3.10215>.
- [5] N.D. Duong, Automated classification of Land cover using Landsat 8 OLI Surface Reflectance product and spectral pattern analysis concept - Case study in Hanoi, Vietnam, *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.* XLI-B8 (2016) 987–991. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLI-B8-987-2016>.
- [6] Portal DakLak Provincial, Natural conditions. <https://daklak.gov.vn/-/i-ieu-kien-tu-nhien> (in Vietnamese, accessed 10 August 2019).
- [7] EarthExplorer - Home, U.S. Geological Survey (USGS). <https://earthexplorer.usgs.gov/> (accessed 2 August 2019).
- [8] U.S. Geological Survey, Landsat Collection 1 Level-1 Quality Assessment Band. https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-collection-1-level-1-quality-assessment-band?qt-science_support_page_related_con=0#qt-science_support_page_related_con (accessed 10 August 2019).
- [9] U.S. Geological Survey, Landsat 8 Data Users Handbook, Version 4.0, April 2019, pp. 55-56. <https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-8-data-users-handbook> (accessed 10 August 2019).