



Tích hợp phương pháp định lượng Vector phổ biến động và phân tích biến động sau phân loại trên ảnh Sentinel-2 hỗ trợ cho công tác bảo tồn lớp phủ rừng ở Vườn Quốc gia Tà Đùng tỉnh Đắk Nông, giai đoạn 2016-2024

Tổng Thị Huyền Ái^{1*}, Chu Xuân Huy¹, Nguyễn Minh Ngọc¹, Lê Mai Sơn¹, Phan Thị Kim Thanh¹,
Lê Thu Thủy¹, Nguyễn Thu Hà¹, Vũ Văn Thái²

¹Viện Công nghệ vũ trụ, 18 Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội

²Công ty TNHH Tư vấn và Phát triển Đồng Xanh, 14 Trần Hưng Đạo, Hoàn Kiếm, Hà Nội, Việt Nam

Email tác giả liên hệ: tthai@sti.vast.vn/ai.tonghuyen@gmail.com

<https://doi.org/10.5281/zenodo.14302683>

Tóm tắt

Nghiên cứu này sử dụng kết hợp phương pháp định lượng Vector phổ biến động và phân tích sau phân loại để đánh giá sự biến động lớp phủ rừng ở Vườn Quốc gia Tà Đùng tỉnh Đắk Nông từ dữ liệu ảnh Sentinel-2, giai đoạn 2016-2024. Phương pháp định lượng Vector phổ biến động (còn gọi là phân tích Vector biến động-CVA) được tính toán dựa trên sự thay đổi của hai chỉ số NDVI và BSI đã cung cấp các bản đồ cường độ biến động và hướng biến động. Bản đồ biến động lớp phủ rừng sau phân loại được thành lập từ kết quả phân loại trên nền tảng Google Earth Engine chỉ ra chi tiết sự thay thế của rừng bằng diện tích của cây trồng lâu năm, đất trống và cây bụi. Kết quả của việc chồng xếp bản đồ biến động với các bản đồ thành phần Vector biến động cho thấy rằng mức độ biến động cao và trung bình diễn ra theo chiều hướng suy giảm chỉ số NDVI và gia tăng chỉ số BSI (hướng II) được hiển thị phức tạp nhất ở lớp biến động từ rừng sang cây lâu năm. Xu hướng này cũng đặc trưng cho sự chuyển đổi từ cây lâu năm sang mở rộng đất xây dựng. Như vậy, sự tích hợp của hai phương pháp phân tích này đã cung cấp một cái nhìn rõ ràng về bản chất cũng như định lượng sự biến động phục vụ cho công tác bảo tồn rừng ở Vườn Quốc gia Tà Đùng giai đoạn 2016-2024

Từ khóa: Vector phổ biến động, phân tích sau phân loại, Vườn Quốc gia Tà Đùng

Ngày nhận bài: 20/10/2024

Ngày sửa lại: 29/10/2024

Ngày chấp nhận đăng: 01/11/2024

Ngày xuất bản: 30/12/2024

Intergrated of the quantifying the change spectral vector method and post-classification analysis on Sentinel-2 images to support forest conservation in Ta Dung national park, Dak Nong province, period 2016-2024

Tong Thi Huyen Ai^{1*}, Chu Xuan Huy¹, Nguyen Minh Ngoc¹, Le Mai Son¹, Phan Thi Kim Thanh¹,
Le Thu Thuy¹, Nguyen Thu Ha¹, Vu Van Thai²

¹Space Technology Institute, 18 Hoang Quoc Viet, Cau Giay, Hanoi

²Green Field Consulting and Development Company Limited, 14 Tran Hung Dao, Hoan Kiem, Ha Noi, Viet Nam

Corresponding Author Email: tthai@sti.vast.vn/ai.tonghuyen@gmail.com

Abstract

This study uses a combination method of the Change Spectral Vector Quantification technique and post-classification analysis to assess forest cover change in Ta Dung National Park, Dak Nong province using Sentinel-2 images from 2016 to 2024. The Change Spectral Vector Quantification method (also known as the Change Vector Analysis-CVA) is calculated based on changes in two indices: NDVI and BSI, which provide maps of change magnitude and direction. The forest change map was generated from classification results on the Google Earth Engine platform. It shows detailed replacements of forests with areas of perennial crops, barren land, or shrubs. The results of overlaying the change map the Change Vector component maps indicate that the transition areas from forest to perennial trees exhibit the most complex changes. These areas demonstrate medium to high-magnitude changes concentrated in direction II, characterized by NDVI decrease and an increase in BSI index. This trend is also reflected in areas that have transitioned from perennial crops to expended built-up land. Thus, the integration of these two analytical methods has provided a clear understanding of the nature and quantification of forest cover changes in Ta Dung National Park during the 2016-2024 period.

Keywords: Quantifying the change spectral Vector, the post-classification change analysis, Ta Dung National Park

Submission received: 20/10/2024

Revised: 29/10/2024

Accepted: 01/11/2024

Published: 30/12/2024



1. Mở đầu

Hệ sinh thái rừng biến đổi liên tục bởi tác động trực tiếp hay gián tiếp của tự nhiên và con người. Dưới tác động của con người thì quá trình này diễn ra một cách đột ngột và nhanh chóng hơn do các hoạt động chặt phá, khai thác lâm sản hay chuyển đổi mục đích sử dụng đất làm cho thảm thực vật bị thay đổi theo thời gian và không gian [1]. Vườn Quốc gia Tà Đùng (tỉnh Đắk Nông) nằm trong danh sách 168 khu bảo tồn sinh thái của Việt Nam với sự đa dạng sinh học cao [2]. Mặc dù, Vườn được bảo vệ nghiêm ngặt nhưng các hoạt động tự phát của người dân vẫn diễn ra làm cho rừng có nhiều xáo trộn. Vì vậy, việc xác định vị trí và định lượng khu vực rừng bị biến động là một nhiệm vụ cần thiết phục vụ cho công tác quản lý và bảo tồn rừng.

Dữ liệu ảnh viễn thám đã được chứng minh là hiệu quả và có độ tin cậy cao trong việc phát hiện và giám sát rừng [1]. Chúng được xác định như là một công cụ nhanh chóng để thành lập các bản đồ biến động hệ sinh thái rừng [3] ở quy mô không gian-thời gian khác nhau [4]. Hiện nay có rất nhiều phương pháp được sử dụng để phân tích sự biến động [1] nhưng gộp chung lại, chúng được chia thành hai nhóm: 1- phân tích dựa trên sự thay đổi phổ-bức xạ của pixel và 2- dựa vào việc phân loại pixel [5]. Nhóm 1 với phương pháp phổ biến là phân tích Vector biến động (CVA- Change Vector Analysis), được phát triển đầu tiên bởi tác giả Malila [6]. Sản phẩm của phương pháp này là các bản đồ thành phần của Vector biến động: cường độ và hướng biến động. Tác giả xác định được bản chất của biến động rừng một cách tự động thông qua sự chuyển đổi giá trị độ sáng-xanh lục trong không gian phổ của ảnh Landsat. Phương pháp này đòi hỏi phải đăng ký và chuẩn hóa ảnh một cách chính xác, đồng thời phải lựa chọn các ngưỡng để xác định độ lớn và hướng biến động [5]. Nhóm 2 dựa vào việc chồng xếp các kết quả phân loại ảnh. Chúng tạo ra ma trận biến động và giải thích chi tiết sự chuyển đổi từ đối tượng này sang đối tượng khác [5]. Ưu điểm của phương pháp này là giảm thiểu được vấn đề hiệu chỉnh bức xạ ở nhóm 1. Tuy nhiên lại không nhạy cảm với những thay đổi nhỏ, hơn nữa, độ chính xác của chúng phụ thuộc vào độ chính xác của kết quả phân loại. Như vậy, mỗi phương pháp đều có những ưu và nhược điểm khác nhau nên việc kết hợp các phương pháp này sẽ giảm thiểu được những hạn chế và sai số cần thiết để xác định biến động lớp phủ/sử dụng đất một cách chính xác và hiệu quả.

Mục tiêu của nghiên cứu này là thử nghiệm phương pháp tích hợp giữa kỹ thuật định lượng Vector phổ biến động và phân tích biến động sau phân loại để xác định sự thay đổi hiện trạng lớp phủ rừng, thí điểm tại Vườn Quốc gia Tà Đùng tỉnh Đắk Nông. Trong đó, phân tích định lượng biến động Vector phổ (còn gọi là phân tích Vector biến động CVA) chỉ ra bản chất của sự biến đổi thông qua hai thành phần: hướng và cường độ biến động. Còn phân tích biến động sau phân loại cung cấp những thông tin về các loại hình lớp phủ khác tác động đến hiện trạng rừng nhằm phục vụ cho công tác bảo tồn rừng của Vườn Quốc gia Tà Đùng.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Khu vực nghiên cứu

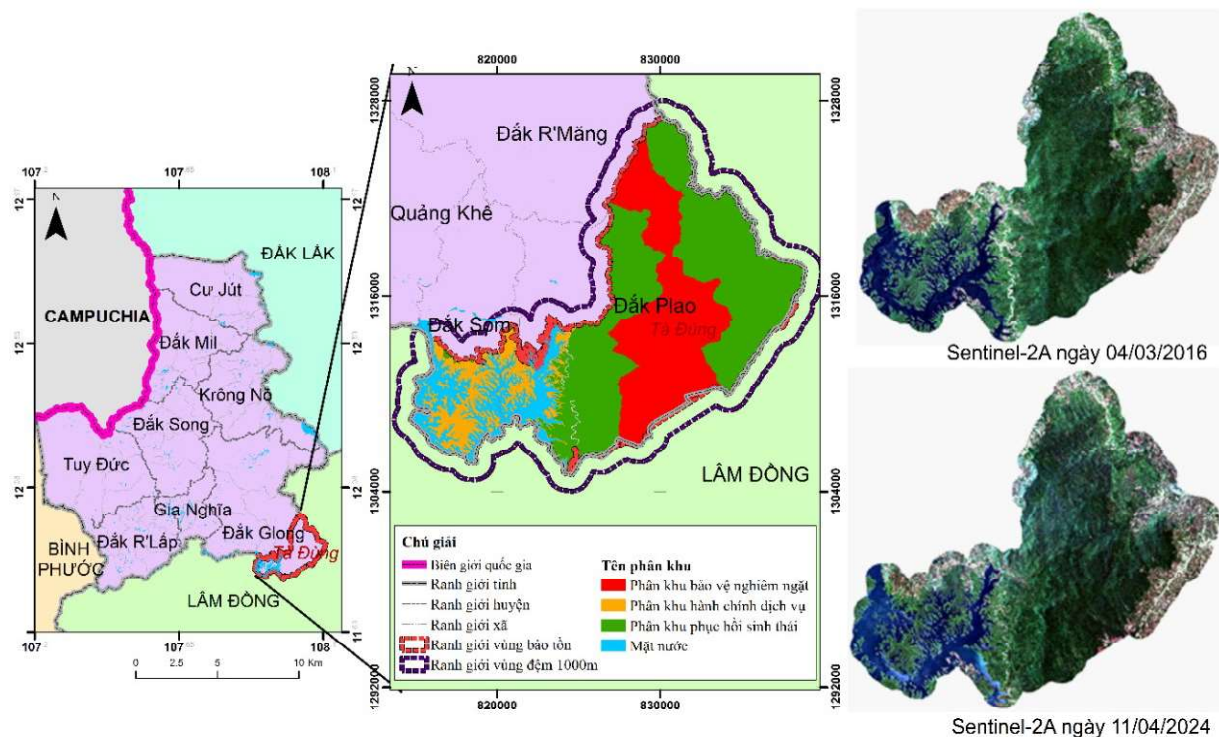
Vườn Quốc gia Tà Đùng nằm trọn vẹn trong tỉnh Đắk Nông, được chuyển hạng từ Khu Bảo tồn Thiên nhiên Tà Đùng từ năm 2018 theo Quyết định số 185/QĐ-TTg ngày 08/02/2018 của Thủ Tướng Chính phủ [2]. Vườn Quốc gia (VQG) nằm trong ranh giới hành chính của hai xã Đắk Som và Đắk PLao- huyện Đắk Glong - tỉnh Đắk Nông, tiếp giáp với tỉnh Lâm Đồng (hình 1). Tổng diện tích tự nhiên của Vườn là 20.973,7ha, trong đó 6.010,2ha là phân khu bảo vệ nghiêm ngặt, 10.254,9 ha là phân khu phục hồi sinh thái và phân khu dịch vụ hành chính có 4.708,6ha. Đây là rừng nguyên sinh hiếm

có của Cao Nguyên nên Vườn có giá trị đa dạng sinh học rất cao, với rất nhiều loài động thực vật nằm trong sách đỏ Việt Nam và Danh lục đỏ IUCN, thậm chí có 3 loài Thú đặc hữu cho Việt Nam [2]. Tuy nhiên, trong vùng lõi của Vườn vẫn có người dân sinh sống nên việc quản lý Vườn gặp nhiều khó khăn, đặc biệt là việc giám sát các hoạt động canh tác của người dân địa phương.

Trong phân tích này, khu vực nghiên cứu được mở rộng thêm 1000m theo đường ranh giới của Vườn Quốc gia và được tạm gọi là vùng đệm. Tổng diện tích mở rộng là 31.564,5ha, được xác định nhằm phân tích rõ hơn những hoạt động của người dân địa phương tác động đến lớp phủ rừng của Vườn Quốc gia.

2.2. Dữ liệu ảnh

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả sử dụng hai cảnh ảnh đa phổ Sentinel-2A chụp ngày 04/03/2016 và 11/04/2024, và đã được xử lý ở mức 2. Chúng được tải miễn phí trên hệ thống cơ sở dữ liệu của cơ quan hàng không vũ trụ Châu Âu ESA: <https://browser.dataspace.copernicus.eu/>. Ảnh đa phổ Sentinel-2 có 13 kênh phổ với các độ phân giải không gian khác nhau: 10m (Blue, Green, Red và NIR), 20m (Red Edge 1, Red Edge 2, Red Edge3, narrow NIR, SWIR 1 và SWIR 2) và 60m (aerosol, Water vapour, Cirrus). Chính vì vậy, trước khi phân tích, các cảnh ảnh được tiền xử lý trên phần mềm ENVI theo các bước sau: 1- hiệu chỉnh các kênh ảnh về cùng độ phân giải không gian: 10m (sử dụng thuật toán nearest neighbor), 2- chuyển đổi sang giá trị phản xạ phổ bằng cách chia từng kênh ảnh cho 10000, 3- gộp kênh ảnh và 4- cắt ảnh theo ranh giới khu vực nghiên cứu. Các kênh ảnh được sử dụng trong nghiên cứu này bao gồm: Blue, Green, Red, Red Edge 1, Red Edge 2, Red Edge3, NIR, narrow NIR, SWIR 1 và SWIR 2.



Hình 1. Sơ đồ khu vực nghiên cứu và ảnh Sentinel-2A tổ hợp màu: R: R, G: G, B: B

Hai cảnh ảnh này hoàn toàn không có mây bao phủ ở khu vực nghiên cứu (hình 1). Bên cạnh đó, thời gian chụp ảnh là trong cùng một mùa (mùa khô) và độ chênh lệch ngày chụp không nhiều. Do đó, chúng phù hợp để áp dụng phương pháp định lượng



Vector biến động và phân loại ảnh để phân tích biến động giai đoạn 2016-2024 phục vụ cho việc bảo tồn rừng của Vườn quốc gia Tà Đùng.

2.3. Phân tích định lượng Vector phổ biến động

Phân tích định lượng Vector phổ biến động còn gọi là phương pháp phân tích Vector biến động CVA (Change Vector Analysis). Đây là phương pháp mô tả sự biến động của Vector phổ ở hai thời điểm khác nhau thông qua hai thành phần: hướng Vector (góc biến động) và cường độ biến động [6]. Các kênh phổ (b) của ảnh viễn thám ở hai thời điểm là T1 và T2 tương ứng là $T1 = (b_{11}, b_{12}, \dots, b_{1n})$ và $T2 = (b_{21}, b_{22}, \dots, b_{2n})$, với n là số kênh phổ của ảnh. Vector phổ biến động Δb được xác định như sau:

$$\Delta b = T_2 - T_1 = [b_{21} - b_{11}, b_{22} - b_{12}, \dots, b_{2n} - b_{1n}] \quad (1)$$

Cường độ biến động $|\Delta b|$ được tính toán dựa trên sự thay đổi giá trị phổ phản xạ của các đối tượng trên tất cả các kênh ảnh ở hai thời điểm.

$$|\Delta b| = \sqrt{(b_{21} - b_{11})^2 + (b_{22} - b_{12})^2 + \dots + (b_{2n} - b_{1n})^2} \quad (2)$$

Hướng biến động được xác định dựa trên góc của Vector biến động, thể hiện sự thay đổi giữa hai thời điểm. Các kênh ảnh riêng lẻ có thể được thay thế bằng các kênh chỉ số hoặc các kênh tỷ lệ để tính toán cường độ và hướng biến động. Bài báo này sử dụng chỉ số thực vật khác biệt chuẩn hóa NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) và chỉ số đất trống BSI (Bare Soil Index) là hai chiều Vector phổ để định lượng sự biến động lớp phủ rừng của VQG Tà Đùng (hình 2). Trong đó, chỉ số NDVI được sử dụng phổ biến trong các nghiên cứu về lớp phủ rừng [7], thậm chí còn được dùng như một chỉ báo về sự suy thoái rừng [8]. Còn chỉ số BSI lại cho thấy sự khác biệt rõ ràng giữa đất có thực vật và đất trống [9]. Công thức tính toán của hai chỉ số NDVI và BSI như sau:

$$NDVI = \frac{(b_{Nir} - b_{Red})}{(b_{Nir} + b_{Red})} \quad (3)$$

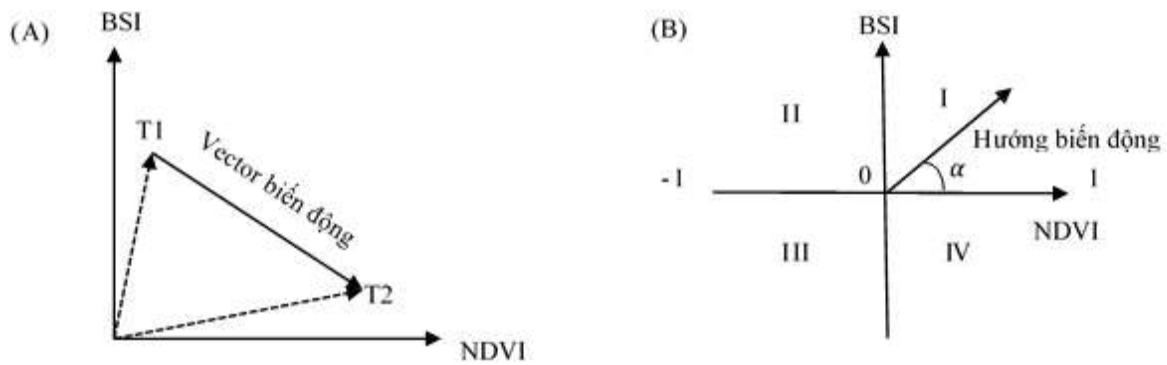
$$BSI = \frac{(b_{Swir} + b_{Red}) - (b_{Nir} + b_{Blue})}{(b_{Swir} + b_{Red}) + (b_{Nir} + b_{Blue})} \quad (4)$$

Trong đó: $b_{Blue}, b_{Red}, b_{Nir}, b_{Swir}$ là giá trị phản xạ phổ của các kênh Blue, Red, Near-infrared, và SWIR của ảnh Sentinel-2. Như vậy, cường độ biến động “S” và góc biến động α , hướng biến động $tg \alpha$ được xác định như sau:

$$S = \sqrt{(NDVI_2 - NDVI_1)^2 + (BSI_2 - BSI_1)^2} \quad (5)$$

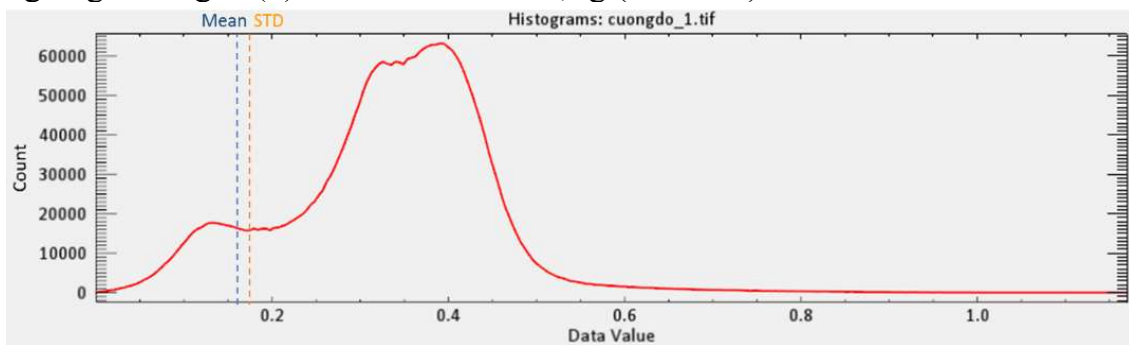
$$tg \alpha = \frac{BSI_2 - BSI_1}{NDVI_2 - NDVI_1} \quad (6)$$

Với: $NDVI_1, NDVI_2, BSI_1$ và BSI_2 lần lượt là các chỉ số NDVI và BSI ở hai thời điểm T1 và T2.



Hình 2. Vector cường độ biến động (A) và hướng biến động (B)

Hình 2 thể hiện sự tích hợp của hai chỉ số NDVI và BSI tương ứng với hai chiều của Vector trong phân tích biến động. Dựa vào ngưỡng thực nghiệm là giá trị trung bình và độ lệch chuẩn mà cường độ biến động được phân chia thành 3 mức: biến động thấp, trung bình và cao. Trong đó, với giá trị trung bình của cường độ biến động là 0,1681 và độ lệch chuẩn là 0,1852 (Hình 3) thì cường độ biến động được chia như sau: cường độ thấp: 0-0,1681, cường độ trung bình: 0,1681-0,3533 và cường độ cao từ 0,3533-1,1702. Hướng biến động được chia thành 4 hướng: hướng I, hướng II, hướng III và hướng IV tương ứng với 4 góc (α) của Vector biến động (Hình 2B).



Hình 3. Đồ thị cường độ biến động của Vườn Quốc gia Tà Đùng giai đoạn 2016-2024

2.4. Phân loại ảnh và phân tích biến động sau phân loại

Nghiên cứu này sử dụng phương pháp học máy để phân loại ảnh Sentinel-2A ở hai thời điểm 04/03/2016 và 11/04/2024. Quá trình này được thực hiện trên nền tảng Google Earth Engine (GEE) với các lớp phủ: rừng, cây bụi, cây lâu năm, cây hàng năm, đất xây dựng, mặt nước, và đất trống. Dựa vào những hiểu biết về khu vực nghiên cứu và các điểm khảo sát ngoài thực địa, 5000 điểm mẫu được thu thập phân bố đều ở các lớp và khu vực nghiên cứu. Các điểm mẫu này bao gồm cả các điểm thực địa và các điểm thu thập trên nền tảng GEE. Trong đó 70% số điểm dùng để huấn luyện mô hình, 15% số điểm được sử dụng để kiểm chứng mô hình và 15% còn lại để đánh giá độ chính xác. Ngoài các kênh phổ có sẵn thì hai kênh chỉ số NDVI và BSI được bổ sung như các kênh phổ trong quá trình phân loại. Nhóm nghiên cứu đã tiến hành so sánh ba mô hình phân loại học máy trên GEE là Random Forest (RF), Support Vector Machine (SVM) và CART cho ảnh năm 2024. Kết quả cho thấy rằng thuật toán RF có độ chính xác cao nhất tới 80%, tiếp đến là CART 69 % và thấp nhất là SVM 65,7%. Thuật toán RF sau đó được sử dụng để phân loại cho ảnh Sentinel- 2A năm 2016. Kết quả phân loại được sử dụng để thành lập bản đồ lớp phủ rừng và phân tích biến động sau phân loại.

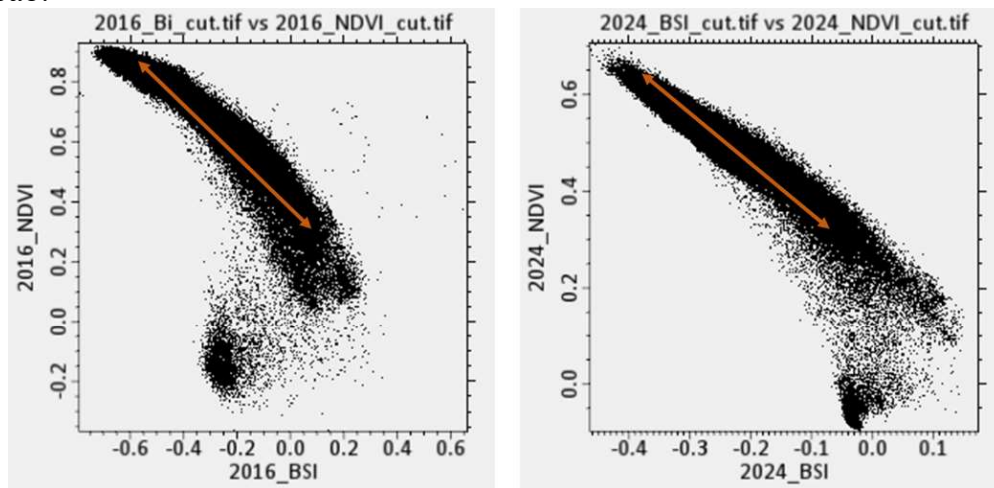
Để phân tích biến động lớp phủ rừng sau phân loại, thuật toán chồng xếp (intersect) được sử dụng với đầu vào là sản phẩm phân loại ảnh của năm 2016 và 2024. Kết quả sẽ cho thấy rõ hơn về diễn biến của sự chuyển đổi lớp phủ rừng sang các loại hoạt động khác dưới tác động của người dân địa phương.

Bên cạnh đó, lớp mặt nước ở khu vực nghiên cứu ít có sự biến động, do đó chúng được loại bỏ trong quá trình thống kê và phân tích kết quả. Vì vậy, trong các bước phân tích tiếp theo lớp mặt nước sẽ không được đề cập tới, chỉ tập trung vào các loại lớp phủ khác, đặc biệt là lớp phủ rừng.

3. Kết quả nghiên cứu

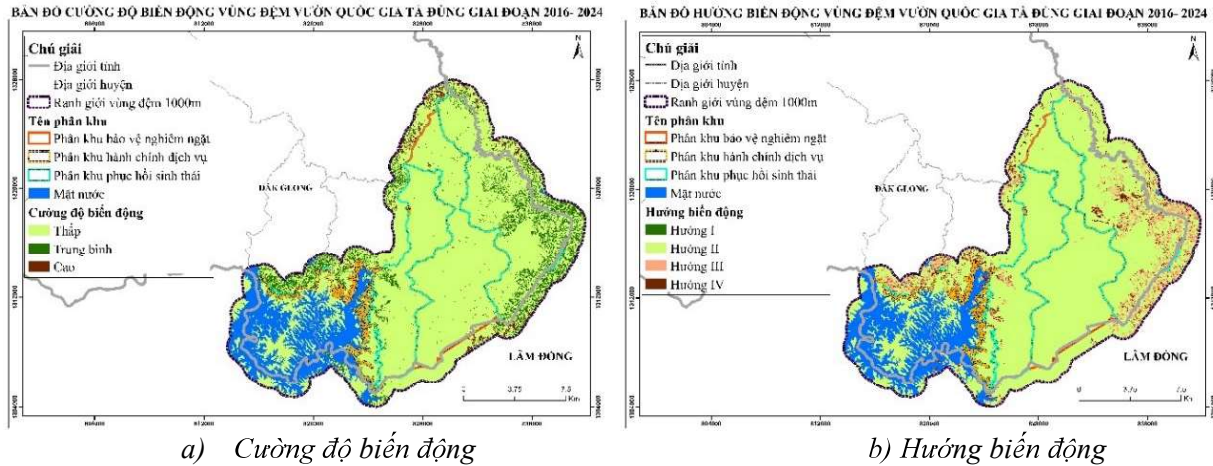
3.1. Định lượng Vector phổ biến động

Hình 4 thể hiện mối quan hệ không gian phổ hai chiều giữa chỉ số NDVI và BSI theo hai năm 2016 và 2024. Mũi tên màu cam cho thấy NDVI và BSI có tương quan nghịch. Điều này là phù hợp để áp dụng phương pháp phân tích CVA, bởi phương pháp này chỉ thành công khi hai vector có quan hệ ngược chiều nhau. Như vậy, chỉ số NDVI và BSI càng có tương quan nghịch thì khả năng áp dụng phương pháp này càng có độ tin cậy cao.



Hình 4. Quan hệ giữa chỉ số NDVI và BSI năm 2016 và 2024

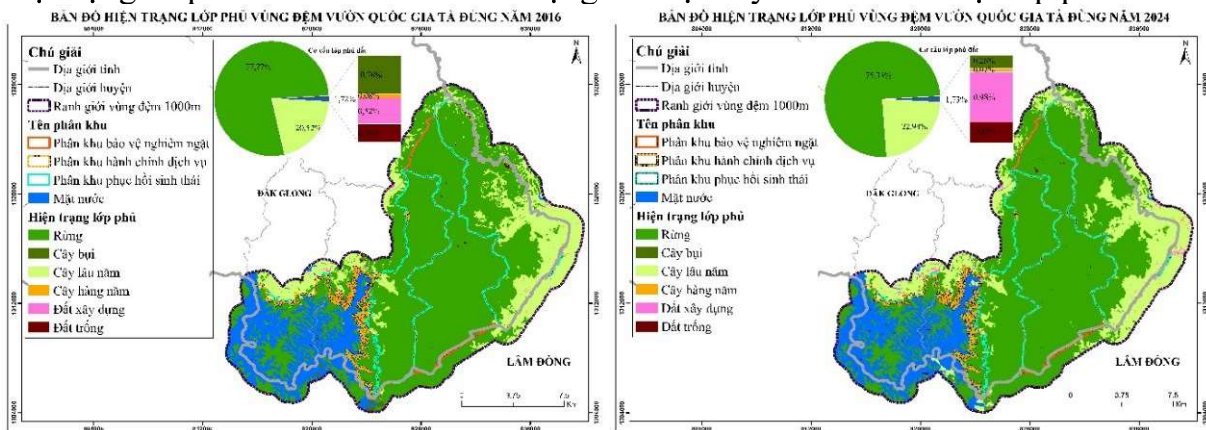
Hình 5 thể hiện các bản đồ thành phần của Vector biến động lớp phủ của VQG giai đoạn 2016-2024. Trong đó, hình 5a cho thấy cường độ biến động của khu vực nghiên cứu với các mức: thấp (giá trị 0-0,1681), trung bình (0,1681-0,3533) và cao (0,3533-1.1702). Cường độ biến động thấp có nghĩa giá trị phổ ít thay đổi nên lớp phủ biến động không đáng kể. Cường độ này bao trùm hầu hết khu vực nghiên cứu, đặc biệt là phân khu bảo tồn nghiêm ngặt, nơi có hiện trạng rừng là chủ yếu. Mức độ biến động trung bình và cao phân bố nhiều ở vùng đệm, nơi có dân cư sinh sống nên sự thay đổi về hiện trạng lớp phủ thể hiện rõ nét hơn. Bốn hướng biến động của Vườn được trình bày ở hình 5b. Hướng I là sự gia tăng của cả chỉ số NDVI và BSI. Hướng này chỉ xuất hiện rải rác ở vùng ven mặt nước. Hướng II chỉ ra những khu vực có giá trị BSI tăng và NDVI giảm. Đây là hướng chiếm gần như toàn bộ VQG, có diện tích lớn nhất. Điều này có thể liên quan đến sự thay đổi độ ẩm của lớp rừng. Tiếp đến, hướng III là sự suy giảm cả hai giá trị NDVI và BSI. Chúng phân bố phần lớn ở phân khu phục hồi sinh thái và vùng đệm. Cuối cùng, hướng IV nhấn mạnh sự gia tăng của NDVI và suy giảm của BSI. Hướng này cho thấy sự gia tăng của thảm thực vật, và đất trồng được thay thế bằng cây xanh. Cả hai hướng III và IV đều tập trung ở vùng đệm, nơi có sự chuyển đổi rõ nét giữa các loại lớp phủ.



Hình 5. Bản đồ Vector biến động giai đoạn 2016-2024 tại Vườn Quốc gia

3.2. Hiện trạng lớp phủ rừng tại vùng đệm Vườn quốc gia Tà Đùng

Bản đồ hiện trạng lớp phủ của VQG Tà Đùng giai đoạn 2016-2024 được thành lập từ kết quả phân loại ảnh Sentinel-2A năm 2016 và năm 2024. Hình 6 cho thấy rằng diện tích rừng chiếm phần lớn và có xu hướng giảm, năm 2016 là 77.77% và năm 2024 giảm còn 75.33%. Trong khi diện tích trồng các loại cây ăn quả, cà phê, điều,.. là những cây lâu năm lại có xu hướng tăng lên, từ 20.52% đến 22.94%. Bên cạnh đó, phần diện tích đất xây dựng (ở, đất khu công nghiệp hay giao thông) cũng được mở rộng thêm. Phân khu bảo vệ nghiêm ngặt có gần như toàn bộ diện tích là rừng, chỉ có một vài điểm nhỏ lẻ là loại lớp phủ khác không phải rừng (đất trống). Phân khu hành chính dịch vụ thì chủ yếu là diện tích mặt nước của hồ thủy điện sông Đòng Nai 3 và phần diện tích rừng trên các đảo trong hồ. Sự biến động phức tạp nhất của các loại lớp phủ diễn ra phần lớn là ở phân khu phục hồi sinh thái và vùng đệm. Đây là khu vực có dân cư sinh sống nên các hoạt động để phát triển kinh tế đã tác động đến sự thay đổi của các loại lớp phủ đất.



Hình 6. Bản đồ hiện trạng lớp phủ VQG Tà Đùng năm 2016 và 2024

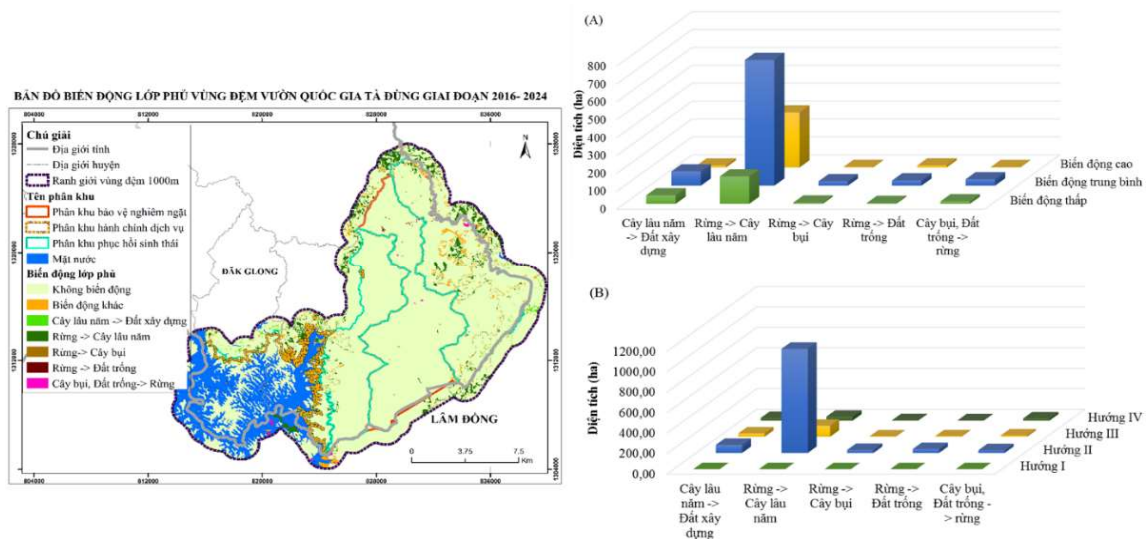
3.3. Biến động lớp phủ rừng ở Vườn Quốc gia Tà Đùng

Bảng 1 đưa ra chi tiết về diện tích chuyển đổi giữa các loại lớp phủ giai đoạn 2016-2024 của Vườn Quốc gia Tà Đùng. Diện tích rừng ngày càng có xu hướng giảm đi và phần lớn là bị chuyển đổi thành cây lâu năm với 1.164,34ha, chuyển thành đất trống là 44,79ha. Bên cạnh đó, một phần diện tích cây bụi và đất trống được phát triển và tái sinh thành rừng với diện tích tương ứng là 35,10 ha và 25,50ha. Sự thay đổi này chủ yếu diễn ra ở các đảo trên hồ thủy điện Đòng Nai 3. Phân khu bảo vệ nghiêm ngặt mặc dù là nơi được bảo tồn và bảo vệ chặt chẽ, nhưng ở vài nơi nhỏ lẻ vẫn diễn ra quá trình

chuyển đổi từ lớp phủ rừng sang đất trồng hoặc cây bụi (hình 7). Vùng đệm là khu vực có sự biến động rõ rệt nhất và phức tạp nhất. Dưới tác động của người dân địa phương, sự chuyển đổi các loại lớp phủ được thể hiện rõ nét nhất, từ rừng thành cây trồng lâu năm, từ diện tích trồng cây lâu năm sang đất xây dựng và các loại biến động khác.

Bảng 1. Diện tích biến động hiện trạng lớp phủ giai đoạn 2016-2024 (ha)

	Cây lâu năm	Rừng	Cây bụi	Cây hàng năm	Đất xây dựng	Đất trồng
Cây lâu năm	4.885,23	475,26	18,57	13,18	138,42	4,86
Rừng	1.164,34	19.700,99	35,23	1,04	10,62	44,79
Cây bụi	94,75	35,10	4,03		3,22	
Cây hàng năm	13,13	0,07		5,60	2,26	
Đất xây dựng	24,14	6,00	2,88	0,05	106,84	
Đất trồng	24,16	25,50	9,47		3,62	29,17



Hình 7. Bản đồ biến động lớp phủ với cường độ biến động (A) và hướng biến động (B).

Bản đồ biến động lớp phủ rừng được chồng xếp với bản đồ Vector biến động để cung cấp những thông tin về bản chất biến động ở Vườn Quốc gia Tà Đùng giai đoạn 2016-2024 (hình 7a và 7b). Cường độ biến động và hướng biến động đều tập trung ở khu vực có sự chuyển đổi từ rừng sang cây lâu năm. Phần đất chuyển đổi này nổi bật nhất với cường độ biến động trung bình, có diện tích là 702,76ha, và hướng tập trung nhiều nhất là hướng II: 1017,94ha. Hướng này liên quan đến sự gia tăng của chỉ số BSI và suy giảm của NDVI, được nhấn mạnh thông qua sự mở rộng của diện tích cây lâu năm. Diện tích khu vực đất xây dựng được gia tăng do chuyển từ cây lâu năm sang ở cường độ biến động trung bình là 79,73ha (diện tích lớn thứ hai). Vùng này vẫn là hướng II chiếm ưu thế và tập trung ở vùng đệm của Vườn. Ngoài ra, khu vực rừng tăng lên do phát triển từ cây bụi và đất trồng có diện tích lớn thứ 3 với mức biến động trung bình. Trong khi, hướng I (cả BSI và NDVI đều tăng) có diện tích rất thấp ở tất cả các khu vực chuyển đổi. Hướng III và hướng IV cũng không có sự chênh lệch lớn giữa các vùng biến động. Như vậy, sự tích hợp giữa các thành phần Vector biến động với sự chuyển đổi lớp phủ đã chỉ ra được vị trí, bản chất cũng như định lượng được diện tích của những khu vực rừng bị thay thế bởi các lớp phủ khác, và ở cả những nơi rừng được tái sinh.

4. Kết luận

Việc định lượng sự biến động bằng Vector phổ thông qua cường độ biến động và hướng biến động bằng cặp ảnh Sentinel-2A đã đạt được hiệu quả. Cặp ảnh này có cùng cảm biến và cùng thời điểm chụp là điều kiện đảm bảo cho việc phân tích sự thay đổi



bức xạ để khai thác thông tin biến động có độ tin cậy cao [4]. Bên cạnh đó, việc sử dụng hai chỉ số NDVI và BSI để đại diện cho các hướng biến động là phù hợp thay vì phân tích từng cặp kênh phổ của ảnh rất phức tạp và khó phân biệt. Như vậy, phương pháp định lượng Vector biến động với hai thành phần NDVI và BSI đã cho thấy tính hiệu quả và chỉ ra được bản chất của biến động rừng một cách nhanh chóng ở khu vực Vườn Quốc gia Tà Đùng giai đoạn 2016-2024.

Kết quả của phương pháp phân tích sau phân loại cho thấy rằng lớp phủ rừng của VQG có xu hướng giảm trong giai đoạn 2016-2024, và thay vào đó là các loại lớp phủ khác như cây lâu năm, đất trống và cây bụi. Vùng đệm là khu vực có sự biến động phức tạp nhất, chúng được đặc trưng bởi cường độ biến động cao với sự đi xuống của chỉ số NDVI. Bởi đây là nơi có dân cư sinh sống nên các hoạt động của người dân tác động đến lớp phủ rừng, làm cho rừng có sự xáo trộn rõ nét. Như vậy, phương pháp tích hợp phân tích CVA và sau phân loại cho thấy tính hiệu quả của việc phát hiện nhanh chóng sự biến động. Và đây sẽ là phương pháp tiềm năng có thể áp dụng cho nghiên cứu biến động hiện trạng sử dụng đất/lớp phủ khác trên nhiều nguồn dữ liệu ảnh viễn thám khác nhau.

Lời cảm ơn

Các số liệu và dữ liệu sử dụng trong nghiên cứu này được cung cấp từ đề tài: “Nghiên cứu phương pháp phân tích Vector biến động phục vụ theo dõi biến động lớp phủ rừng từ dữ liệu ảnh Sentinel-2” mã số CNVT 2024.CS02, thuộc cấp Viện Công nghệ vũ trụ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, do thạc sỹ Tống Thị Huyền Ái làm chủ nhiệm.

Cam kết của các tác giả

Tất cả các tác giả có tên trong bài báo cam kết sự đồng thuận và không có xung đột lợi ích trong công bố khoa học tại bài báo này.

Tài liệu tham khảo

- [1] K. Nackaerts, K. Vaesen, B. Muys, and P. Coppin, “Comparative performance of a modified change vector analysis in forest change detection,” *Int. J. Remote Sens.*, vol. 26, no. 5, pp. 839–852, 2005, doi: 10.1080/0143116032000160462.
- [2] Ban quản lý Vườn quốc gia Tà Đùng, “Giới thiệu về vườn quốc gia Tà Đùng.” <https://vuonquocgiatadung.vn/gioi-thieu.html>.
- [3] P. R. Coppin and M. E. Bauer, “Processing of Multitemporal Landsat TM Imagery to Optimize Extraction of Forest Cover Change Features,” *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, vol. 32, no. 4, pp. 918–927, 1994, doi: 10.1109/36.298020.
- [4] J. Chen, P. Gong, C. He, R. Pu, and P. Shi, “Land-use/land-cover change detection using improved change-vector analysis,” *Photogramm. Eng. Remote Sensing*, vol. 69, no. 4, pp. 369–379, 2003, doi: 10.14358/PERS.69.4.369.
- [5] P. Coppin, I. Jonckheere, K. Nackaerts, B. Muys, and E. Lambin, “Digital change detection methods in ecosystem monitoring: A review,” *Int. J. Remote Sens.*, vol. 25, no. 9, pp. 1565–1596, 2004, doi: 10.1080/0143116031000101675.
- [6] W. A. Malila, “Change Vector Analysis: an Approach for Detecting Forest Changes With Landsat,” *Mach. Process. Remote. Sensed Data Symp.*, pp. 326–336, 1980.
- [7] A. R. Huete, “Vegetation Indices, Remote Sensing and Forest Monitoring,” *Geography*, vol. 6, no. 9, 2012.
- [8] C. L. M. Tovar, “NDVI as indicator of degradation,” *Unasylva*, vol. 62, pp. 39–46, 2011.
- [9] A. Rikimaru, “Tropical forest cover density mapping,” *Trop. Ecol.*, vol. 43, no. 1, pp. 39–47, 2002.

