

# ĐÁNH GIÁ HIỆU SUẤT CỦA ẢNH VỆ TINH SENTINEL 2A VÀ PLANETSCOPE TRONG PHÂN LOẠI THẨM PHỦ RỪNG TẠI VƯỜN QUỐC GIA TÀ ĐÙNG, ĐẮK NÔNG, VIỆT NAM

Phan Thị Hằng\*, Nguyễn Thị Thanh Hương

*Khoa Nông Lâm, Trường Đại học Tây Nguyên*

## TÓM TẮT

Trong nghiên cứu này, đã tiến hành phân tích và so sánh hiệu quả của hai loại ảnh vệ tinh, Sentinel 2A (SE-2A) và PlanetScope trong việc phân loại thảm phủ rừng tại Vườn Quốc gia Tà Đùng, Việt Nam dựa trên các mức độ tác động. Mục tiêu chính là để đánh giá độ chính xác và hiệu quả của hai loại ảnh này trong việc cung cấp dữ liệu về hiện trạng và sự phân bố của các thảm phủ rừng, hỗ trợ công tác quản lý bảo tồn tài nguyên rừng. Thuật toán SVM (Support Vector Machine) được sử dụng để phân loại cho cả hai nguồn ảnh vệ tinh. Kết quả cho thấy có sự chênh lệch về độ chính xác phân loại và ước lượng diện tích các loại thảm phủ rừng giữa hai nguồn dữ liệu. Tuy vậy, cả hai loại ảnh đều cho kết quả phân loại thảm phủ rừng có độ tin cậy cao, với tỷ lệ chính xác trên 90% cho rừng và các loại đất khác và trên 80% cho từng loại thảm phủ rừng (rừng bị tác động ít, rừng tác động trung bình và rừng tác động mạnh). Kết quả nghiên cứu chỉ ra, mặc dù có độ phân giải thấp hơn nhưng ảnh SE-2A vẫn có độ chính xác đáng tin cậy là 84,5% so với ảnh PlanetScope là 87,94%. PlanetScope có độ tin cậy cao nhưng phải tốn chi phí và số lượng band ảnh hạn chế với 4 band ảnh. Trong khi đó, SE-2A có số lượng band ảnh lớn hơn với 13 band ảnh, đồng thời dữ liệu được cung cấp miễn phí và cập nhật định kỳ. Do đó, việc lựa chọn nguồn dữ liệu vệ tinh cho nghiên cứu cần cân nhắc dựa trên nguồn ngân sách, mục tiêu nghiên cứu và đánh giá ưu nhược điểm của mỗi nguồn để đưa ra quyết định phù hợp.

**Từ khóa:** SE-2A, PlanetScope, SVM, phân loại thảm phủ rừng, độ chính xác phân loại, GIS và viễn thám

## EVALUATING THE PERFORMANCE OF SENTINEL 2A AND PLANETSCOPE SATELLITE IMAGING SYSTEMS IN FOREST COVER CLASSIFICATION AT TA DUNG NATIONAL PARK, DAK NONG, VIETNAM

Phan Thi Hang\*, Nguyen Thi Thanh Huong

*Faculty of Agriculture and Forestry, University of Tay Nguyen*

## ABSTRACT

In this study, we conducted an analysis and comparison of the effectiveness of two types of satellite imagery, Sentinel 2A (SE-2A) and PlanetScope, in classifying forest cover in Ta Dung National Park, Vietnam, based on impact levels. The primary objective was to evaluate the accuracy and efficacy of these two types of imagery in providing data on the status and distribution of forest cover, supporting the management and conservation of forest resources. The Support Vector Machine (SVM) algorithm was utilized for classification of both satellite imagery sources. The results revealed differences in classification accuracy and the estimation of the area of various forest cover types between the two data sources. Both types of imagery yielded high reliability in forest cover classification, with an accuracy rate above 90% for forests and other land types and over 80% for each forest cover type (minimally impacted forest, moderately impacted forest, and heavily impacted forest). The study findings indicate that despite its lower resolution, SE-2A imagery still provides a reliable accuracy of 84.5% compared to 87.94% for PlanetScope imagery. PlanetScope is highly reliable but incurs costs and is limited by the availability of only four bands of imagery. Meanwhile, SE-2A offers a larger number of bands, with 13 bands of imagery, and its data is provided free of charge and updated periodically. Therefore, the selection of satellite data sources for research should consider the budget, research objectives, and evaluate the advantages and disadvantages of each source to make an appropriate decision. Furthermore, integrating data from both types of satellite imagery is being explored as a new experimental direction to improve the quality of input data and enhance classification accuracy, thereby potentially increasing the effectiveness of natural resource conservation management, especially in the context of current climate change.

**Keywords:** SE-2A, PlanetScope, SVM, forest cover classification, GIS, remote sensing.

## I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong nghiên cứu và quản lý tài nguyên thiên nhiên, việc hiểu rõ và theo dõi các loại hình sử dụng đất và thảm phủ rừng có ý nghĩa hết sức quan trọng. Điều này không chỉ đóng vai trò cơ bản trong việc duy trì đa dạng sinh học và cân bằng sinh thái, mà còn là nhân tố then chốt trong việc quản lý sử dụng tài nguyên rừng bền vững, bảo tồn đất và nguồn nước, cũng như trong việc giảm thiểu và thích ứng với biến đổi khí hậu hiện nay (Asnake *et al.*, 2019). Phân khối rừng theo các hiện trạng đồng nhất sẽ giúp cung cấp các thông tin cụ thể của từng lớp thảm phủ riêng biệt như kiểu rừng, trạng thái, trữ lượng, phân bố,... Đây là các cơ sở dữ liệu thực tế quan trọng cho việc đề xuất kiến nghị các chiến lược và chính sách quản lý tài nguyên thiên nhiên bền vững và có hiệu quả (Nguyễn Thị Thanh Hương, 2022).

Trong bối cảnh hiện nay, khi tài nguyên rừng đang phải đối mặt với nhiều áp lực từ việc gia tăng dân số, chuyển đổi mục đích sử dụng đất, phát triển kinh tế,... thì việc sử dụng ảnh vệ tinh quang học trong phân loại thảm phủ rừng mang lại nhiều lợi ích đáng kể. Điểm nổi bật là khả năng cung cấp thông tin chính xác và liên tục về trạng thái và sự phân bố của thảm phủ trên diện rộng, một việc mà các phương pháp truyền thống như khảo sát trực tiếp trên mặt đất không thể thực hiện hoặc chỉ có thể thực hiện với chi phí cao và mất nhiều thời gian (Nguyễn Thị Thanh Hương, 2022). Vì vậy, nó đóng một vai trò quan trọng trong việc theo dõi sự thay đổi thảm phủ rừng theo thời gian, đánh giá tác động của con người và biến đổi khí hậu lên hệ sinh thái, giúp phát hiện sớm các dấu hiệu của sự suy giảm đa dạng sinh học, cũng như xác định các khu vực cần được bảo tồn và phục hồi, góp phần nâng cao hiệu quả công tác quản lý bảo tồn tài nguyên rừng (Smith *et al.*, 2021; Mohammed Yousif, 2024).

SE-2A là ảnh vệ tinh quang học phổ biến, có sẵn và miễn phí. Johnson và đồng tác giả (2022), đã nhấn mạnh tầm quan trọng của việc ứng dụng dữ liệu SE-2A để tạo ra bản đồ loại hình sử dụng đất chính xác và kịp thời, từ đó hỗ trợ cho việc đưa ra các quyết định quản lý tài nguyên hợp lý. Hiện tại, các ảnh vệ tinh quang học thương mại có độ phân giải không gian cao như QuickBird, WorldView và PlanetScope cũng đã được sử dụng nhiều trong các nghiên cứu (Moritz *et al.*, 2022).

Để chuyển thông tin từ ảnh vệ tinh thành thông tin hữu dụng trên mặt đất cần có các thuật toán phân loại ảnh phù hợp. Một trong những thuật toán hiện nay được đánh giá là có độ chính xác khá cao so với một số phương pháp truyền thống như Maximum Likelihood là SVM (Lowe and Kulkarni, 2015; Charlotte *et al.*, 2016; Nguyen Thi Thanh Huong *et al.*, 2020). Ngoài ra, SVM còn được đánh giá cao vì sự linh hoạt và khả năng xử lý dữ liệu phức tạp làm cho nó trở thành một phương pháp phân loại đáng tin cậy được nhiều nhà khoa học sử dụng (Vapnik, 1995; Burges, 1998; Foody và Mathur, 2004).

Vườn Quốc gia (VQG) Tà Đùng thuộc tỉnh Đắk Nông, Việt Nam, là một khu vực đa dạng sinh học phong phú và có giá trị bảo tồn cao, hệ thực vật với hơn 1.394 loài thực vật thuộc 769 chi, 191 họ, 85 bộ, 06 ngành thực vật. Trong đó có nhiều loài thực vật quý hiếm như: Xá xị (*Cinnamomum balansae* H. Lecomte), Sồi vàng (*Lithocarpus fenestratus*), Thông nạng (*Dacrycarpus imbricatus*), Thông tre (*Podocarpus neriifolius*)... (Phương án quản lý rừng bền vững VQG Tà Đùng, 2022). Sự phức tạp và đa dạng của hệ sinh thái tại đây tạo ra thách thức trong việc quản lý và bảo tồn tài nguyên thiên nhiên. Việc sử dụng ảnh vệ tinh quang học trong phân loại trạng thái thảm phủ

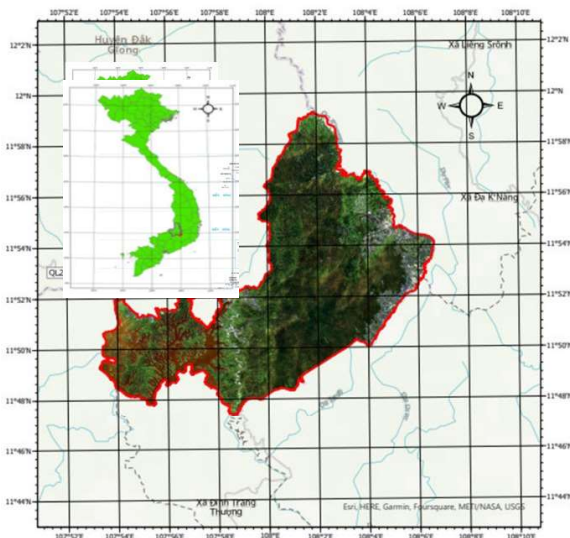
rừng tại VQG Tà Đùng sẽ giúp các nhà quản lý có thông tin toàn diện hơn về dữ liệu không gian và thuộc tính liên quan đến sự phân bố và trạng thái của thảm phủ rừng, đồng thời mang tính cập nhật từ đó đưa ra các phương pháp quản lý và bảo tồn hiệu quả.

Cho đến nay, chưa có nghiên cứu nào phân tích và so sánh hiệu quả của ảnh SE-2A và PlanetScope, trong việc phân loại thảm phủ rừng tại VQG Tà Đùng. Vì vậy, trong nghiên cứu này, đã sử dụng hai loại ảnh vệ tinh quang học là SE-2A và PlanetScope để phân loại trạng thái thảm phủ rừng tại VQG Tà Đùng với mục tiêu là so sánh hiệu quả của hai loại ảnh này trong việc cung cấp dữ liệu chính xác cho công tác phân loại và quản lý thảm phủ rừng.

## II. ĐỊA ĐIỂM, VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Địa điểm nghiên cứu Vườn Quốc gia Tà Đùng nằm trên địa giới hành chính xã Đắk Som, huyện Đắk G'long, tỉnh Đắk Nông.

Tọa độ: Từ 11047'27" đến 11059'20" vĩ độ Bắc; Từ 107053'10" đến 10806'32" kinh độ Đông.



Hình 1. Địa điểm khu vực nghiên cứu

### 2.2. Vật liệu

Bộ dữ liệu ảnh vệ tinh quang học được sử dụng để phân loại trong nghiên cứu này bao gồm: i) Dữ liệu ảnh SE-2A ngày 8/3/2023 được xử lý mây và hiệu chỉnh hình học trên Google Earth Engine (GEE) và ii) Ảnh vệ tinh PlanetScope, thu được vào ngày 2 tháng 5 năm 2023, đã được hiệu chỉnh cấp độ 3B. Quá trình này bao gồm việc điều chỉnh địa lý (georectification), cải thiện độ tương phản (contrast adjustment) và chuẩn hóa độ sáng (radiometric normalization), nhằm tăng cường chất lượng của ảnh để phục vụ tốt hơn cho các ứng dụng phân tích viễn thám (Smith *et al.*, 2021; Johnson & Lee, 2022). Ngoài ra, chỉ số thực vật chuẩn NDVI (Normalised Difference Vegetation Index) cũng được sử dụng nhằm tăng cường độ chính xác phân loại.

Chỉ số NDVI được tính toán dựa trên thông tin phổ cảm biến từ vùng đỏ (RED) và gần -infrared (NIR) của phổ quang (Rouse *et al.*, 1974). NDVI phản ánh mức độ phủ sóng của thảm thực vật, cung cấp thông tin về sức khỏe và phát triển của thực vật. Chỉ số này thường có giá trị nằm trong khoảng từ -1 đến 1; với các giá trị dương biểu thị sự phát triển mạnh mẽ của thảm thực vật, trong khi giá trị âm thường liên quan đến các khu vực nước hoặc bề mặt không phải thực vật (Tucker, 1979).

$$NDVI = \frac{\text{BandNIR} - \text{BandRED}}{\text{BandNIR} + \text{BandRED}} \quad (1)$$

Sự kết hợp giữa ảnh vệ tinh và chỉ số thực vật khác biệt chuẩn hóa mang lại khả năng phân loại chính xác và chi tiết đối với các lớp phủ khác nhau.

Bảng 1. Công thức tính Index Bands áp dụng cho từng ảnh vệ tinh

Các chỉ số	Công thức	PlanetScope	SE-2A
NDVI - Chỉ số thực vật khác biệt chuẩn hóa	$\frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}$	NIR : B5 RED : B4	NIR : B8 RED : B4

**2.3. Phương pháp nghiên cứu**

Quá trình xử lý và phân loại ảnh trong nghiên cứu này được triển khai qua bốn giai đoạn chính:

(1) Thu thập và tiền xử lý dữ liệu ảnh: Ảnh vệ tinh SE-2A được tải và tiền xử lý ảnh trên GEE và ảnh PlanetScope được lấy từ website <https://www.planet.com>. Quá trình tiền xử lý ảnh đóng vai trò thiết yếu trong việc bảo đảm chất lượng dữ liệu, giúp cải thiện độ chính xác và độ tin cậy của dữ liệu (Lillesand *et al.*, 2015; Kim *et al.*, 2023); Ngoài ra, để tăng cường sự phân biệt giữa các lớp thảm phủ, chỉ số thực vật khác biệt chuẩn hóa NDVI cũng được tính toán (Rouse *et al.*, 1974). NDVI là chỉ số chủ chốt trong việc xác định và đánh giá độ che phủ của rừng, góp phần quan trọng trong nghiên cứu (Kim *et al.*, 2023);

(2) Sử dụng phương pháp phân loại SVM để giải quyết các thách thức tại khu vực nghiên cứu như diện tích nhỏ, địa hình cao, phức tạp và đặc trưng của dữ liệu ảnh. Các nghiên cứu trước đây đã chứng minh hiệu quả của SVM trong việc xử lý phân loại tại các môi trường như địa hình phức tạp, khu vực nghiên cứu nhỏ (Smith *et al.*, 2021). Đặc biệt, khả năng của SVM trong việc xử lý dữ liệu ảnh đa dạng từ các nguồn khác nhau làm cho nó trở thành công cụ mạnh mẽ trong các ứng dụng viễn thám, nhất là trong các khu vực có điều kiện địa lý và môi trường đặc biệt (Foody và Mathur, 2004; Johnson *et al.*, 2022);

(3) Đánh giá độ chính xác của quá trình phân loại, bằng cách sử dụng bảng ma trận sai số (Congalton & Green, 2019);

(4) Thành lập bản đồ trạng thái thảm phủ rừng.

**+ Thu thập và tiền xử lý ảnh**

Ảnh SE-2A có 13 band ảnh, trong đó ở nghiên cứu này sử dụng 4 band ảnh: Band 2 (B2) - Blue: 490 nm; Band 3 (B3) - Green: 560 nm; Band 4 (B4) - Red: 665 nm; Band 8 (B8) - NIR: 842 nm. Ảnh SE-2A có độ phân giải 10×10 m được tải, xử lý mây và hiệu chỉnh hình học trên Google Earth Engine.

Ảnh PlanetScope được thu dưới dạng một dải liên tục các hình ảnh khung đơn được gọi là cảnh. Ảnh PlanetScope có độ phân giải không gian 3×3 m với các dải quang phổ: Blue: 450 - 515 nm; Band Green: 515 - 590 nm; Band Red: 590 - 670 nm; Band NIR: 780 - 860 nm. Ảnh PlanetScope tải về đã được xử lý hiệu chỉnh sẵn ở mức độ 3B để cung cấp các thông tin chính xác về các đối tượng bề mặt. Do đó, ảnh PlanetScope dùng cho nghiên cứu không cần phải thực hiện hiệu chỉnh hình học và phản xạ bề mặt. Cả 2 nguồn ảnh đều được đưa về đồng nhất hệ quy chiếu UTM Zone 49. Để đảm bảo thông tin của khu vực nghiên cứu, các ảnh có độ che phủ của mây dưới 20% sẽ được sử dụng (Moritz *et al.*, 2022). Thông tin chung của dữ liệu ảnh sử dụng trong nghiên cứu này được mô tả trong bảng 2.

**Bảng 2.** Thông tin dữ liệu ảnh vệ tinh quang học được sử dụng


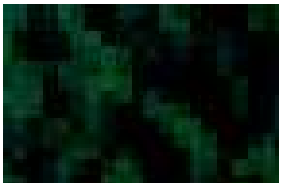



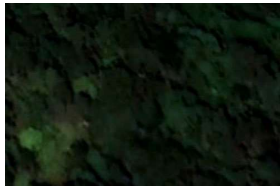
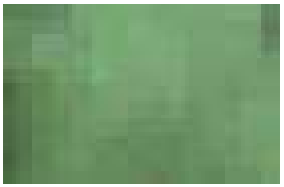


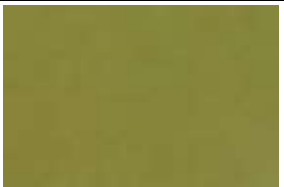
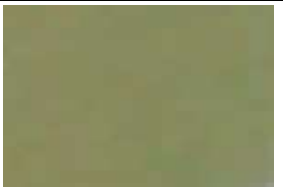
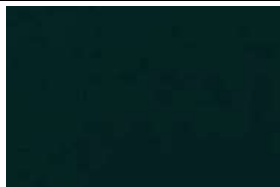
STT	Loại ảnh	Tên ảnh	Độ phân giải (m)	Band ảnh
1	SE-2A	S2A_20230308T030551_N0509_R075_T48PZU_20230308T074859	10	+ Band 2 (B2) - Blue: 490 nm + Band 3 (B3) - Green: 560 nm + Band 4 (B4) - Red: 665 nm + Band 8 (B8) - NIR: 842 nm
2	PlanetScope	20230502_021531_95_2423_3B_AnalyticMS_SR	3	+ Blue: 450 - 515 nm + Band Green: 515 - 590 nm + Band Red: 590 - 670 nm
		20230502_021534_07_2423_3B_AnalyticMS_SR		+ Band NIR: 780 - 860 nm

### + Thu thập điểm mẫu phân loại

Trong quá trình thu thập điểm mẫu phân loại, đã sử dụng phương pháp lấy mẫu ngẫu nhiên trên toàn bộ khu vực nghiên cứu, khoảng cách tối thiểu giữa 2 điểm là 200 m để tránh sự trùng lặp về điểm mẫu (Lillesand *et al.*, 2015). Đầu tiên sử dụng các bộ khóa giải đoán ảnh để xác định các khu vực rừng và đất khác, sau đó các lớp phủ rừng được tách biệt và phân loại thành các lớp thảm phủ rừng theo các mức độ tác động gồm có rừng tác động ít, rừng tác động trung bình và rừng tác động mạnh. Dữ liệu mẫu

dùng để phân loại được thu thập từ ba nguồn: dữ liệu thực địa, bản đồ hiện trạng và từ Google Earth Pro. Đây là các nguồn cung cấp thông tin địa lý chính xác (Congalton & Green, 2019). Điểm mẫu được phân bố ngẫu nhiên trên toàn bộ diện tích nghiên cứu, sau đó được phân chia thành 2 phần: 70% được sử dụng để phân loại (training samples); 30% số mẫu còn lại được sử dụng để đánh giá kết quả phân loại. Đây là để cơ sở đánh giá độ chính xác của phương pháp SVM (Vapnik, 1995; Nguyễn Thị Thanh Hương, 2022; Paula *et al.*, 2023).

**Bảng 3.** Đặc điểm nhận dạng các trạng thái rừng trên ảnh

STT	Lớp phủ	Trạng thái rừng	Mô tả	SE-2A	PlanetScope	Google Earth
1	Rừng	Rừng tác động ít	Màu xanh và đen đậm			
2		Rừng tác động trung bình	Màu xanh nhạt xen lẫn màu nâu			
3		Rừng tác động mạnh	Màu xanh nhạt xen lẫn với màu nâu nhạt			
4	Đất khác		Màu nâu vàng			

**Chú thích:**

*Rừng bị tác động ít:* Là các diện tích rừng có độ tàn che khoảng 0,6 - 0,8; cấu trúc khá ổn định với 3 - 5 tầng phân biệt rõ; số lượng cây có đường kính lớn nhiều.

*Rừng bị tác động trung bình:* Là các diện tích có cấu trúc tương đối ổn định, cũng tương tự như rừng bị tác động ít song các chỉ tiêu khác đều thấp hơn, như độ tàn che quan sát khoảng từ 0,5 - 0,6.

*Rừng bị tác động mạnh:* Là các diện tích bị khai thác quá mức trước đây, dây leo nhiều, cấu trúc bị phá vỡ, rất ít cây có đường kính lớn, thường xen với lỗ ô, độ tàn che phổ biến 0,3 - 0,4.

*Đất khác:* Các diện tích như đất nông nghiệp, đất trống, mặt nước, đất có rừng trồng chưa thành rừng.

Trong nghiên cứu này, phương pháp phân loại SVM đã được sử dụng dựa trên phần mềm ArcGIS 10.6.1 (Esri, 2018). Quy trình này được thực hiện qua ba giai đoạn chính: (i) Xây dựng bộ mẫu đại diện cho các lớp phân loại, (ii) Sử dụng tính năng 'Train Support Vector Machine Classifier' trong ArcGIS Spatial Analyst (Huang *et al.*, 2015) để huấn luyện mô hình SVM và (iii) Áp dụng mô hình SVM đã huấn luyện để phân loại dữ liệu raster. Việc phân loại đã tập trung vào việc xác định các lớp phủ khác nhau như rừng tác động ít, rừng tác động trung bình và rừng tác động mạnh và đất khác dựa trên phân tích bức xạ phản chiếu (Moritz *et al.*, 2022).

**+ Đánh giá độ chính xác từng lớp phủ**

- Theo Congalton and Green (1999), bảng ma trận là phương pháp hiệu quả nhất để đánh giá độ chính xác. Bảng ma trận là sai số giữa các pixel đã được phân loại và pixel trên thực tế, ma trận sai số là kết quả thống kê. Kết quả đánh giá dựa trên các chỉ tiêu độ chính xác chung (Overall accuracy), độ chính xác người sản xuất (Producer accuracy) và độ chính xác người sử dụng (Use accuracy)

- Độ chính xác toàn bộ (Overall Accuracy): là tỷ số giữa tổng số của tất cả các pixel được phân loại đúng so với tổng số tất cả các pixel được phân loại:

$$OA = \frac{\sum_{i=1}^r X_{ii}}{N} \times 100 \tag{2}$$

- Độ chính xác người sử dụng  $U_a$  (User's accuracy): Tỷ số pixel được phân loại chính xác so với tổng số pixel theo hàng, được hiểu là tỷ lệ số mẫu phân loại đúng của 1 loại thảm phủ so với tổng số mẫu thực địa (mẫu thực tế) của loại thảm phủ đó.

$$U_a = \frac{X_{ii}}{X_{i+}} \times 100 \tag{3}$$

- Độ chính xác người sản xuất  $P_a$  (Producer's accuracy): số pixel được phân loại chính xác so với tổng số pixel theo cột gọi là Producer's

accuracy ( $P_a$ ), được hiểu là tỷ lệ số mẫu phân loại đúng của 1 loại LULC so với tổng số mẫu kết quả phân loại (mẫu dự đoán) của loại LULC đó.

$$P_a = \frac{X_{ii}}{X_{+i}} \times 100 \tag{4}$$

- Ngoài ra, việc đánh giá mức độ quan hệ giữa thực tế và kết quả phân loại còn dựa vào chỉ số Kappa. Hệ số Kappa nằm trong phạm vi từ 0 đến 1 và biểu thị sự giảm theo tỷ lệ về sai số được thực hiện bằng một yếu tố phân loại hoàn toàn ngẫu nhiên.

$$\kappa = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \times x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \times x_{+i})} \tag{5}$$

Trong đó:

N: Tổng số pixel lấy mẫu;

r: Số lớp đối tượng phân loại;

$X_{ii}$ : Số pixel đúng trong lớp thứ  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, r$ );

$X_{i+}$ : Tổng pixel lớp thứ  $i$  của mẫu (loại thực tế/tổng giá trị theo hàng);

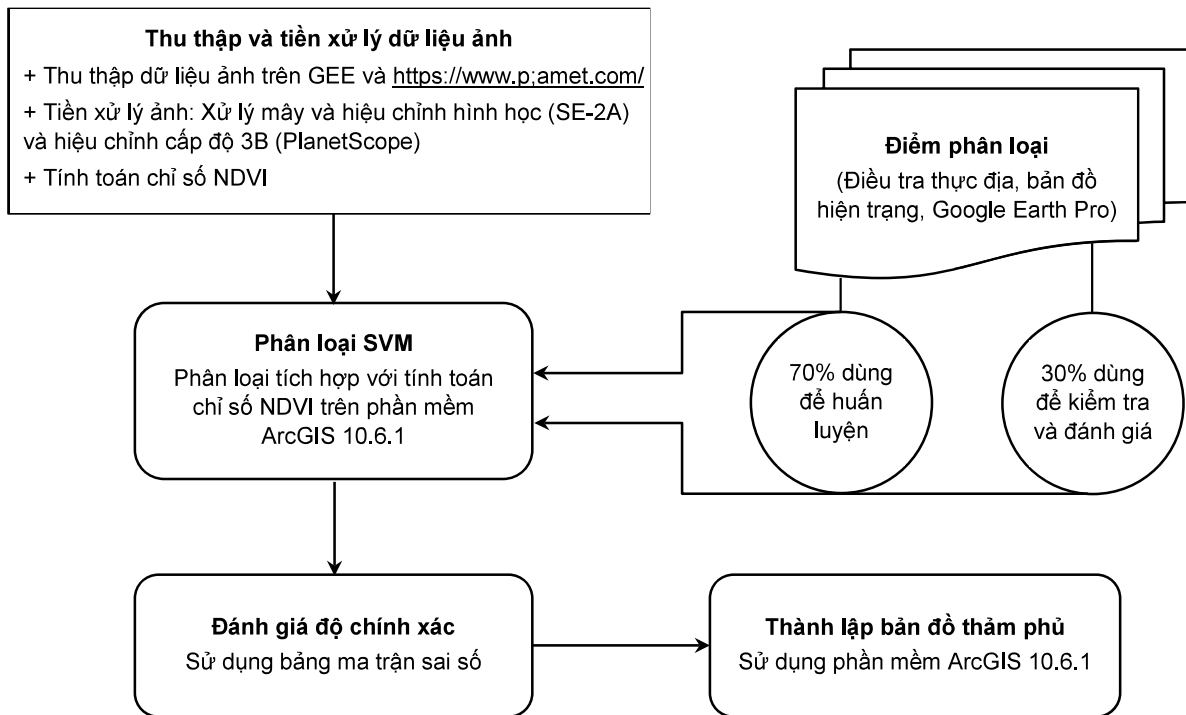
$X_{+i}$ : Tổng pixel của lớp thứ  $i$  sau phân loại (loại giải đoán/tổng giá trị theo cột)

**Bảng 4.** Giá trị mức độ chặt chẽ theo chỉ số Kappa

Giá trị K	Mức độ phân biệt
< 0,00	Thấp
0,00 - 0,20	Nhẹ
0,21 - 0,40	Vừa
0,41 - 0,60	Tương đối chặt
0,61 - 0,80	Chặt
0,81 - 1,00	Rất chặt

(Nguồn: Trích theo Nguyễn Thị Thanh Hương, 2015)

+ **Thành lập bản đồ trạng thái thảm phủ rừng:** Kết quả phân loại sau đó được sử dụng để thành lập bản đồ thảm phủ rừng dựa trên Arcgis 10.6.1. Tiếp cận nghiên cứu được sơ đồ hóa tại hình 2.



**Hình 2.** Sơ đồ tóm tắt quá trình nghiên cứu

### III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Phân tách rừng tự nhiên

Để phân loại trạng thái rừng, nghiên cứu tiến hành phân tách rừng tự nhiên thành các đối tượng rừng và đất khác. Bản đồ thảm phủ VQG Tà Đùng được xây dựng từ kết quả phân loại ảnh SE-2A và PlanetScope bằng phương pháp phân loại SVM. Tổng cộng có 326 điểm mẫu

được thu thập và phân loại theo các lớp đối tượng bao gồm: rừng (rừng tác động ít, rừng tác động trung bình, rừng tác động mạnh) và đất khác. Trong đó có 228 điểm mẫu được dùng để huấn luyện phân loại, phần còn lại 98 điểm được sử dụng để kiểm định kết quả của mô hình phân loại. Kết quả đánh giá độ chính xác phân loại với các tiêu chí UA, UP và OA được thể hiện trong bảng 5 và bảng 6.

**Bảng 5.** Đánh giá độ chính xác lớp phủ rừng tại VQG Tà Đùng từ ảnh SE-2A và PlanetScope

SE-2A	Rừng	Đất khác	Tổng	User's Accuracy (%)
Rừng	<b>151</b>	70	221	94,57
Đất khác	38	<b>67</b>	105	84,71
Tổng	189	137	<b>326</b>	
Producer's Accuracy (%)	82,72	95,18	Overall Accuracy: 91,5% Kappa Coefficient: 0,81	
Planetscope	Rừng	Đất khác	Tổng	User's Accuracy (%)
Rừng	<b>151</b>	70	221	97,64
Đất khác	38	<b>67</b>	105	90,24
Tổng	189	137	<b>326</b>	
Producer's Accuracy (%)	96	90	Overall Accuracy: 95,5%Kappa Coefficient: 0,85	

**Bảng 6.** So sánh kết quả phân loại rừng và đất khác từ ảnh SE-2A và PlanetScope

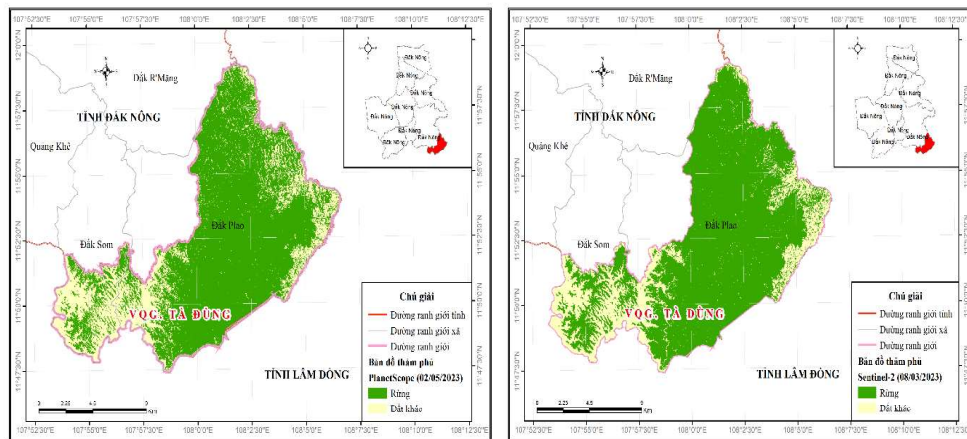
Các chỉ Số	PlanetScope	SE-2A
Overall Accuracy (%)	95,5	91,5
Kappa Coefficient	0,85	0,81
User's Accuracy (%)		
- Rừng	97,64	94,57
- Đất Khác	90,24	84,71
Producer's Accuracy (%)		
- Rừng	96	82,72
- Đất Khác	90	95,18

Kết quả đã chỉ ra, độ chính xác phân loại từ 2 loại ảnh đều cho kết quả khá cao (trên 90%). Điều này cho thấy kết quả phân loại có độ tin cậy cao và có thể sử dụng kết quả phân loại này cho các phân tích tiếp theo trong nghiên cứu.

So sánh kết quả giữa 2 ảnh có thể thấy, các lớp thảm phủ được phân loại từ dữ liệu ảnh PlanetScope đã thể hiện độ chính xác tổng thể và độ chính xác thành phần có độ tin cậy cao hơn so với dữ liệu từ ảnh SE-2A. Độ chính xác tổng thể có mức độ chênh lệch là 4% (91,5% đối với ảnh SE-2A và 95,5% đối với ảnh PlanetScope); Điều này là hợp lý vì độ phân giải không gian của ảnh PlanetScope cao hơn so với độ phân giải của ảnh SE-2A. Tuy nhiên, khi nhìn vào độ chính xác UA, SE-2A có sự vượt trội trong việc phân biệt đất khác với tỷ lệ chính xác 95,18% so với 90% của PlanetScope. Như vậy, mỗi loại ảnh sẽ có các ưu nhược điểm

riêng trong quá trình phân loại. Bên cạnh đó, phụ thuộc vào mục đích nghiên cứu, trong trường hợp này chỉ có 2 loại thảm phủ được phân loại là rừng và đất khác, vì vậy mức độ nhầm lẫn cũng sẽ đơn giản hơn. Kết quả này tương đồng với kết quả nghiên cứu của Nguyễn Thị Thanh Hương và đồng tác giả (2020-2021) tại VQG Tà Đùng.

Vì thế, để tối ưu hóa quá trình phân loại, việc xem xét độ chính xác là quan trọng nhưng cũng cần phải chú ý đến các yếu tố khác như điều kiện địa lý và môi trường tự nhiên của khu vực được nghiên cứu. Bên cạnh đó, đánh giá ưu nhược điểm của các loại ảnh cùng với việc xem xét mục tiêu của nghiên cứu cũng là yếu tố quan trọng để chọn lựa nguồn ảnh phù hợp nhằm đạt được kết quả nghiên cứu tốt nhất (Moritz *et al.*, 2022).



(a)

(b)

**Hình 3.** Bản đồ thảm phủ rừng VQG Tà Đùng:  
a) Từ nguồn ảnh PlanetScope; b) Từ nguồn ảnh SE-2A



Từ kết quả phân loại, diện tích của từng loại thảm phủ theo các loại ảnh được tính toán và tổng hợp trong bảng 7.

**Bảng 7.** Diện tích (ha) từng lớp phủ dựa theo dữ liệu vệ tinh PlanetScope và SE-2A

STT	LULC	PlanetScope		SE-2A	
		Diện tích (ha)	Tỷ lệ (%)	Diện tích (ha)	Tỷ lệ (%)
1	Rừng	17.268,25	79	16.334,35	74
2	Đất khác	4.657,47	21	5.591,48	26
3	Tổng cộng	21.926	100	21.926	100

Kết quả bảng 7 chỉ ra rằng, diện tích thảm phủ rừng và đất khác ước lượng từ PlanetScope lần lượt là 17.268,25 ha (79%) và 4.657,47 ha (21%) tương ứng. Trong khi đó, dữ liệu SE-2A chỉ ra diện tích cho cùng các lớp thảm phủ lần lượt là 16.334,35 ha (74%) và 5.591,48 ha (26%). Chênh lệch diện tích rừng và đất khác giữa ảnh PlanetScope và SE-2A lần lượt là 933,9 ha và 934,01 ha.

Sự khác biệt trong ước lượng diện tích giữa SE-2A và PlanetScope có thể được giải thích thông qua một số yếu tố chính. PlanetScope cung cấp hình ảnh có độ phân giải cao hơn, điều này có thể làm tăng khả năng phân biệt giữa các lớp thảm phủ khác nhau. Ngoài ra, góc chụp và điều kiện ánh sáng tại thời điểm

chụp cũng có thể ảnh hưởng đến kết quả (Johnson *et al.*, 2022) mặc dù thông thường những yếu tố này được hiệu chỉnh trước khi phân tích (Gorelick *et al.*, 2017).

Dữ liệu từ cả hai nguồn ảnh đều mang lại giá trị quan trọng và có thể được sử dụng để bổ sung cho nhau trong công tác quản lý tài nguyên thiên nhiên và bảo tồn đa dạng sinh học.

### 3.2. Phân loại thảm phủ rừng theo các mức độ tác động

Sau khi phân tách rừng tự nhiên, các lớp phủ rừng tiếp tục được tách biệt và phân loại thành các lớp thảm phủ rừng theo các mức độ tác động. Kết quả thể hiện tại bảng 8 và bảng 9.

**Bảng 8.** Đánh giá độ chính xác từng lớp phủ trạng thái rừng

SE-2A	Rừng tác động ít	Rừng tác động trung bình	Rừng tác động mạnh	Tổng	User's Accuracy (%)
Rừng tác động ít	40	45	50	135	93,14
Rừng tác động trung bình	45	31	40	116	79,22
Rừng tác động mạnh	30	20	25	75	61,9
Tổng	115	96	115	326	
Producer's Accuracy (%)	86,36	87,14	65	Overall Accuracy: 84,5% Kappa Coefficient: 0,73	
PlanetScope	Rừng tác động ít	Rừng tác động trung bình	Rừng tác động mạnh	Tổng	User's Accuracy (%)
Rừng tác động ít	40	45	50	135	90
Rừng tác động trung bình	45	31	40	116	85,9
Rừng tác động mạnh	30	20	25	75	85,71
Tổng	115	96	115	326	
Producer's Accuracy (%)	90,91	89,33	72	Overall Accuracy: 87,94% Kappa Coefficient: 0,8	

**Bảng 9.** So sánh kết quả phân loại trạng thái thảm phủ rừng từ ảnh SE-2A và ảnh PlanetScope

Chỉ số/Thảm phủ rừng	SE-2A	PlanetScope
Overall Accuracy (%)	84,5	87,94
Kappa Coefficient	0,73	0,8
User's Accuracy (%)		
- Rừng tác động ít	93,14	90
- Rừng tác động trung bình	79,22	85,9
- Rừng tác động mạnh	61,9	85,71
Producer's Accuracy (%)		
- Rừng tác động ít	86,36	90,91
- Rừng tác động trung bình	87,14	89,33
- Rừng tác động mạnh	65	72

Nhìn chung các chỉ số đánh giá kết quả phân loại đều cho thấy ảnh PlanetScope có độ chính xác cao vượt trội so với ảnh SE-2A với OA gần 88%, Kappa 0,8 so với SE-2A là 84,5 và 0,73 tương ứng. Tương tự như vậy, các lớp thảm phủ thành phần đều cho kết quả UA và PA cao hơn so với SE-2A (85,71% và 72% của PlanetScope so với 61,9% và 65% của SE-2A tương ứng).

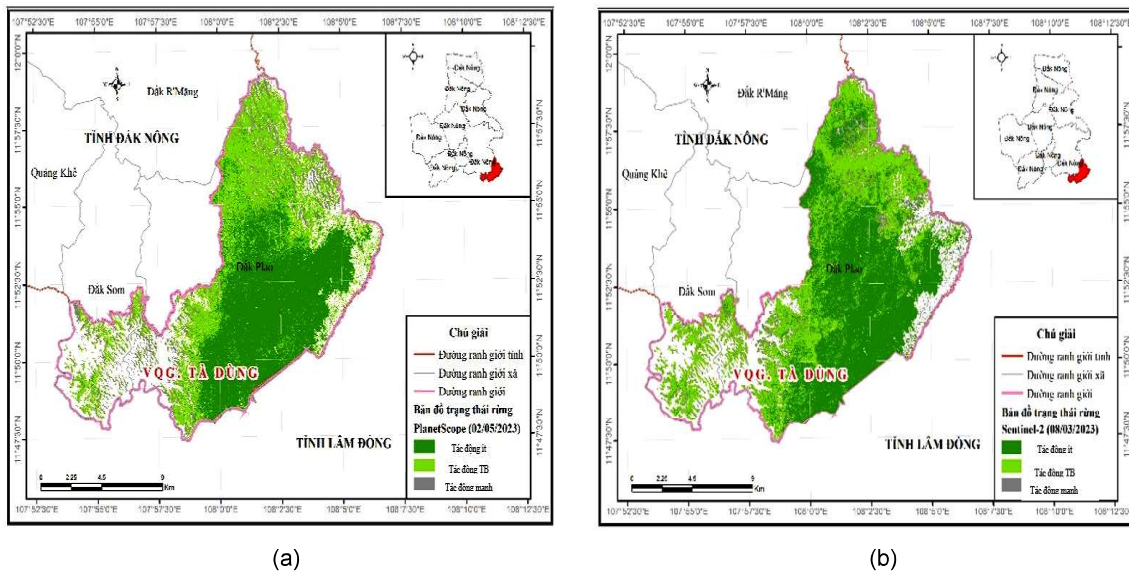
Trong nghiên cứu này, có thể thấy được sự khác biệt về hiệu suất phân loại của các loại thảm phủ rừng. Cụ thể, rừng bị tác động ít có hiệu suất phân loại cao hơn so với rừng tác động trung bình, rừng tác động mạnh. Điều này có thể được giải thích dựa trên một số yếu tố chính liên quan đến đặc điểm của thảm phủ rừng và khả năng phân giải của dữ liệu viễn thám. Rừng tác động ít thường có độ phong phú thực vật cao, với mật độ cây cối dày đặc và sự đa dạng về loài (Foody, 2002), từ đó, tạo ra một bức tranh rõ ràng hơn trong dữ liệu viễn thám, giúp tăng độ chính xác trong phân loại. Mặt khác, rừng tác động ít thường có đặc điểm phân xạ đặc trưng và đồng nhất hơn so với các loại rừng khác, giúp cho việc phân biệt với các loại thảm phủ khác trở nên dễ dàng hơn (Tesfaye *et al.*, 2022). Rừng tác động mạnh thường có đặc điểm phân xạ kém phân biệt do mật độ thấp của thực vật và sự hiện diện của các loại thực vật khác nhau, làm giảm khả năng phân biệt chính xác trong dữ liệu viễn thám (Lillesand *et al.*, 2015). Bên cạnh đó, rừng bị

tác động mạnh có thể bị ảnh hưởng bởi các yếu tố môi trường như đất trống hoặc đất bị suy thoái, điều này làm cho việc phân loại trở nên khó khăn hơn do sự phức tạp của cảnh quan và sự thay đổi độ che phủ rừng.

Tóm lại kết quả phân loại cho thấy cả hai loại ảnh đều cung cấp khả năng phân loại tốt, đáng tin cậy (độ chính xác tổng thể trên 80%). Tuy nhiên, ảnh PlanetScope cho thấy độ chính xác cao hơn kể cả độ chính xác tổng thể và thành phần so với ảnh SE-2A đã phản ánh mức độ chính xác và đồng nhất cao hơn trong quá trình phân loại (Foody, 2002; Jensen, 2015). Mặc dù sự chênh lệch này không quá lớn, song đã làm nổi bật ưu điểm của ảnh PlanetScope trong các ứng dụng cần đến độ tin cậy cao và độ chính xác tốt hơn. Do đó, tùy theo mục tiêu cụ thể của từng dự án nghiên cứu và yêu cầu chi tiết trong công tác quản lý bảo tồn tài nguyên, việc lựa chọn đầu tư vào ảnh PlanetScope có thể được xem xét như một lựa chọn hiệu quả, dựa trên sự cân nhắc về chi phí và lợi ích (Paula *et al.*, 2023).

### 3.3. Xây dựng bản đồ trạng thái thảm phủ tại VQG Tà Đùng

Từ kết quả phân loại trên, bản đồ thảm phủ đã được biên tập như hình 4 và thống kê diện tích của các loại thảm phủ theo 2 nguồn ảnh được trình bày trong bảng 10.



**Hình 4.** Bản đồ trạng thái thảm phủ rừng tại VQG Tà Đùng  
 ((a) Bản đồ thảm phủ từ ảnh PlanetScope; (b) Bản đồ thảm phủ từ ảnh SE-2A)

**Bảng 10.** Ước tính diện tích (ha) từng lớp phủ trạng thái rừng

STT	Phân loại thảm phủ rừng	PlanetScope		SE-2A		Diện tích chênh lệch giữa PlanetScope và SE-2A
		Diện tích (ha)	Tỷ lệ (%)	Diện tích (ha)	Tỷ lệ (%)	Diện tích (ha)
1	Rừng tác động ít	5.501,44	31,86	5.250,21	32,1	251,23
2	Rừng tác động trung bình	8.601,53	49,81	8.350,69	51,1	250,84
3	Rừng tác động mạnh	3.165,18	18,33	2.733,45	16,7	431,73
4	Tổng cộng	17.268,15	100	16.334,35	100	

Kết quả từ bảng 10 đã chỉ ra sự chênh lệch trong việc ước lượng các loại thảm phủ rừng khi sử dụng dữ liệu từ ảnh vệ tinh là PlanetScope và SE-2A. Cả hai nguồn dữ liệu đều cung cấp thông tin hữu ích về phân bố và diện tích các loại thảm phủ rừng, mặc dù có những khác biệt nhất định về diện tích cho từng loại rừng. Cụ thể, rừng tác động ít là 31,86% (5.501,44 ha, PlanetScope) và 32,1% (5.250,21 ha, SE-2A); rừng tác động trung bình chiếm 49,81% (8.601,53 ha, PlanetScope) so với 51,1% (8.350,69 ha, SE-2A); rừng tác động mạnh với ảnh PlanetScope và SE-2A lần lượt là 18,33% (3.165,18 ha) và 16,7% (2.733,45 ha). Diện tích chênh lệch giữa PlanetScope và

SE-2A lần lượt là 251,23 ha, 250,84 ha và 431,73 ha đối với rừng tác động ít, rừng tác động trung bình, rừng tác động mạnh. Việc phối hợp linh hoạt dữ liệu từ cả hai nguồn vệ tinh có thể cung cấp một cái nhìn toàn diện và chính xác hơn về trạng thái tự nhiên của rừng (Jensen, 2015; Lillesand *et al.*, 2015). Điều này không chỉ hỗ trợ trong việc đưa ra các quyết định quản lý và bảo tồn tài nguyên rừng một cách chính xác, mà còn nâng cao hiệu quả trong việc ứng dụng các chiến lược quản lý dựa trên dữ liệu (Foody, 2002; Wulder *et al.*, 2019). PlanetScope cho thấy hiệu suất tốt hơn nhưng SE-2A với khả năng cung cấp dữ liệu miễn phí, tần suất cập nhật cao và đa dạng về băng tần

với 13 band ảnh từ dải ánh sáng nhìn thấy và cận hồng ngoại đến hồng ngoại sóng ngắn với các độ phân giải không gian khác nhau (<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides>; <https://gisgeography.com/sentinel-band>) vẫn là một lựa chọn giá trị cho các ứng dụng quy mô lớn và dài hạn (Drusch *et al.*, 2012; Roy *et al.*, 2014; Gorelick *et al.*, 2017). Trong khi đó, các hạn chế của PlanetScope bao gồm tổn phí với giá khoảng 6,49 USD/km<sup>2</sup> cho dữ liệu được cập nhật theo tháng, (<https://www.vidagis.com/vi/planet/>); số lượng băng ảnh hạn chế (4 band ảnh) và khó khăn trong phân tích trên khu vực rộng lớn (Planet, 2020). Vì vậy, để quyết định lựa chọn nguồn dữ liệu ảnh viễn thám, các nhà quản lý rừng cần cân nhắc giữa độ chính xác, độ phân giải, tần suất cập nhật, chi phí và mục tiêu cụ thể của từng nhiệm vụ và yêu cầu chi tiết trong công tác quản lý bảo tồn tài nguyên rừng. Trong nhiều trường hợp, việc kết hợp dữ liệu từ cả hai nguồn có thể cung cấp cái nhìn toàn diện hơn về các hiện tượng đang được nghiên cứu (Gorelick *et al.*, 2017).

#### IV. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy cả hai loại ảnh PlanetScope và SE-2A đều cho hiệu quả cao trong phân loại thảm phủ rừng (độ tin cậy trên 90% đối với rừng và đất khác; trên 80% đối với từng loại thảm phủ: rừng tác động ít, rừng tác

động trung bình và rừng tác động mạnh). Mặc dù ảnh PlanetScope cung cấp độ phân giải cao và hiệu suất tin cậy cao hơn so với SE-2A nhưng nó lại đi kèm với chi phí đáng kể và số lượng band ảnh hạn chế. Mức độ chênh lệch về độ tin cậy của PlanetScope trong phân loại thảm phủ rừng so với SE-2A là khoảng 3%; mặc dù có độ phân giải ảnh thấp hơn nhưng SE-2A lại có lợi ích về sự miễn phí và đa dạng band ảnh, dữ liệu được cập nhật định kỳ đã mở ra khả năng ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực khác nhau. Tuy vậy, với ảnh PlanetScope có phân giải không gian cao (3×3 m) đã cho ra kết quả khá cao, điều đó cũng giảm rủi ro trong sai số về diện tích giúp cho những công việc yêu cầu độ chính xác cao, chi tiết hơn.

Tóm lại cả 2 loại ảnh đều có những ưu nhược điểm riêng, do vậy người sử dụng cần xem xét yêu cầu của công việc, bối cảnh thực tế mà lựa chọn loại ảnh nào để thích hợp cho những yêu cầu được đặt ra.

Nghiên cứu này cũng chỉ sử dụng ảnh SE-2A với band phổ có độ phân giải 10×10 m và ảnh PlanetScope kết hợp thêm với band NDVI, các thông tin khác như địa hình, các band chỉ số chưa được thử nghiệm, do vậy trong các nghiên cứu tiếp theo có thể bổ sung các thông tin này nhằm nâng cao độ chính xác phân loại cũng là một trong những hướng cần quan tâm.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Amy E. Frazier and Benjamin L. Hemingway, 2021. "A Technical Review of Planet Smallsat Data: Practical Considerations for Processing and Using PlanetScope Imagery" *Remote Sensing*, 13(19), 3930.
2. Asnake Yimam Yesuph and Amare Bantider Dagne, 2019. "Land use/cover spatiotemporal dynamics, driving forces and implications at the Beshillo catchment of the Blue Nile Basin, North Eastern Highlands of Ethiopia", *Environmental Systems Research* Volume 8, Article number: 21.
3. Burges, C. J. C., 1998. "A Tutorial on Support Vector Machines for Pattern Recognition". *Data Mining and Knowledge Discovery*, 2(2), 121-167.
4. Congalton, R. G., 1991. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*, 37(1), 35-46.
5. Congalton, R. G., & Green, K., 2019. *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices* (3rd ed.). CRC Press.

6. Conchedda, G., 2008. "An Improved Method for the Assessment of Map Accuracy in Ecological Land Cover Studies". *Environmental Management*, vol. 42, no. 4, pp. 709-718.
7. Cristianini, N., & Shawe-Taylor, J., 2000. "An Introduction to Support Vector Machines and Other Kernel-based Learning Methods", Cambridge University Press, <https://doi.org/10.1017/CBO9780511801389>
8. Charlotte Pelletier, 2016. "Assessing the robustness of Random Forests to map land cover with high resolution satellite image time series over large areas", *Remote Sensing of Environment*, 187(1), p. 156-168.
9. Drusch, M., Del Bello, U., Carlier, S., Colin, O., Fernandez, V., Gascon, F. & Meygret, A., 2012. Sentinel-2: ESA's Optical High-Resolution Mission for GMES Operational Services. *Remote Sensing of Environment*, 120, 25-36.
10. Foody, G. M., & Mathur, A., 2004. "A relative evaluation of multiclass image classification by support vector machines". *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 42(6), 1335-1343.
11. Foody, G. M., 2002. "Status of land cover classification accuracy assessment". *Remote Sensing of Environment*, 80(1), 185-201.
12. Anju Asokan, J. Anitha, Monica Ciobanu, Andrei Gabor, Antoanela Naaji and D. Jude Hemanth, 2020. Image Processing Techniques for Analysis of Satellite Images for Historical Maps Classification. *MPDI, Appl. Sci.* 2020. 10(12), 4207; <https://doi.org/10.3390/app10124207>.
13. Ferran Gascon, Catherine Bouzinac, Olivier Thépaut, Mathieu Jung, Benjamin Francesconi, Jérôme Louis, Vincent Lonjou, Bruno Lafrance, Stéphane Massera, Angélique Gaudel-Vacaresse, Florie Languille, Bahjat Alhammoud, Françoise Viallefont, Bringfried Pflug, Jakub Bieniarz, Sébastien Clerc, Laëtitia Pessiot, Thierry Trémas, Enrico Cadau, Roberto De Bonis, Claudia Isola, Philippe Martimort and Valérie Fernandez, 2017. "Copernicus Sentinel-2A Calibration and Products Validation Status". *Remote Sensing*, 9(6), 584.
14. Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R., 2017. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202, 18-27.
15. Chih-Wei Hsu, Chih-Chung Chang, and Chih-Jen Lin, 2003. "A Practical Guide to Support Vector Classification", Last updated: April 15, 2010, National Taiwan University, Taipei 106, Taiwan.
16. Huang, C., Davis, L. S., & Townshend, J. R. G., 2002. "An assessment of support vector machines for land cover classification". *International Journal of Remote Sensing*, 23(4), 725-749.
17. Jensen, J. R., 2015. "Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective". Pearson Education.
18. Johnson, D. E., & Lee, Y. O., 2022. Contrast Adjustment Techniques in Satellite Imagery. *Satellite Imaging Technology Review*, 12(2), 145-158.
19. Johnson, K. L., Gupta, A., & Kumar, M., 2022. Evaluating the Performance of SVM Classifiers in Remote Sensing Imagery Analysis. *Journal of Geographical Information Systems*. <http://dx.doi.org/10.1117/12.2532577>
20. Kim J., Park, S., & Lee, H., 2023. The Impact of Image Preprocessing on Deep Learning Models: A Comprehensive Study. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*.
21. Lee, C. S., & Yeh, H. T., 2018. "Enhancing Vegetation Index Accuracy Using Multispectral Satellite Data." *Remote Sensing Review*, vol. 36, no. 4, pp. 456-469.
22. Lillesand, T., Kiefer, R. W., & Chipman, J., 2015. *Remote Sensing and Image Interpretation* (7th ed.). Wiley.
23. Lowe B. and Kulkarni A., 2015. "Multispectral Image Analysis Using Random Forest". *International Journal on Soft Computing (IJSC)* Vol.6 (No. 1), February 2015.
24. Mountrakis, G., Im, J., & Ogole, C., 2011. Support vector machines in remote sensing: A review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 66(3), 247-259.
25. Muster, S., 2020. "Evaluating the Accuracy of Satellite Remote Sensing in Land Classification: A Comparative Study of Sentinel 2A and PlanetScope." *Journal of Remote Sensing*, 34(3), 1123-1138.
26. Moritz Rösch, Ruth Sonnenschein, Sebastian Buchelt and Tobias Ullmann, 2022. Comparing PlanetScope and Sentinel-2 Imagery for Mapping Mountain Pines in the Sarntal Alps, Italy. *Journal of Remote Sensing*, 14(13), 3190; <https://doi.org/10.3390/rs14133190>.
27. Mohammed J Yousif, 2024. Enhancing The Accuracy of Image Classification Using Deep Learning and Preprocessing Methods, <https://doi.org/10.52098/airdj.2023348>.

28. Nguyễn Thị Thanh Hương, 2022. “Phương pháp ứng dụng viễn thám và GIS trong lâm nghiệp”, Nhà xuất bản Đại học Huế.
29. Nguyễn Thị Thanh Hương, Châu Thị Như Quỳnh, Nguyễn Đức Định, Phan Thị Hằng, Cao Thị Hoài, Nguyễn Thế Hiển, Đặng Ngọc Trí, Ngô Thế Sơn, Đoàn Minh Trung, Hồ Đình Bảo, Ngô Thị Thùy Phương, Nguyễn Công Tài Anh, Võ Hùng và Hoàng Trọng Khánh, 2018. “Thử nghiệm định lượng đa dạng loài thực vật thân gỗ tại tỉnh Đắk Nông dựa vào ảnh vệ tinh”, Tạp chí Khoa học, chuyên đề khoa học và công nghệ, Trường Đại học Sư phạm Thành phố Hồ Chí Minh, 15(11b), tr 54 - 62.
30. Nguyễn Thị Thanh Hương, Nguyễn Đức Định, Châu Thị Như Quỳnh, Nguyễn Thế Hiển, Phan Thị Hằng, Cao Thị Hoài, Hồ Đình Bảo, 2019. “Đa dạng loài thực vật thân gỗ của kiểu rừng lá rộng thường xanh tại Vườn Quốc gia Tà Đùng, tỉnh Đắk Nông”, Đại học Tây Nguyên
31. Huong Thi Thanh Nguyen, Trung Minh Doan, Erkki Tomppo and Ronald E. McRoberts, 2020. “Land Use/Land Cover Mapping Using Multitemporal Sentinel-2 Imagery and Four Classification Methods-A Case Study from Dak Nong, Vietnam”, Remote Sens. 12(9), 1367; <https://doi.org/10.3390/rs12091367>
32. Planet., 2020. “PlanetScope: High-Resolution Imaging with Rapid Revisit Rates”. Retrieved from Planet's official website.
33. Paula Rivas-Fandiño, Carolina Acuña-Alonso, Ana Novo, Fernando António Leal Pacheco, Xana Álvarez, 2023. “Assessment of high spatial resolution satellite imagery for monitoring riparian vegetation”, Environ Monit Assess Volume 195, article number 81, <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10667-8>
34. Richards, J. A., & Jia, X., 2006. Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction (4th ed.). Springer.
35. Roy, D. P., Wulder, M. A., Loveland, T. R., Woodcock, C. E., Allen, R. G., Anderson, M. C., Helder, D., Irons, J. R., Johnson, D. M., Kennedy, R., Scambos, T. A., Schaaf, C. B., Schott, J. R., Sheng, Y., Vermote, E. F., Belward, A. S., Bindschadler, R., Cohen, W. B., Gao, F., Hipple, J. D., Hostert, P., Huntington, J., Justice, C. O., Kilic, A., Kovalsky, V., Lee, Z. P., Lymburner, L., Masek, J. G., McCorkel, J., Shuai, Y., Trezza, R., Vogelmann, J., Wynne, R. H., & Zhu, Z., 2014. Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research. Remote Sensing of Environment, 145, 154-172.
36. Schölkopf, B., & Smola, A. J., 2002. “Learning with Kernels: Support Vector Machines, Regularization, Optimization, and Beyond”. MIT Press.
37. Smith, J. A., Nguyen, H. T., & Patel, S. K., 2021. Advanced Techniques in Satellite Image Processing. Journal of Remote Sensing Applications, 35(4), 256-274. <https://doi.org/10.1234/jrsa.2021.112233>
38. Tesfaye Adugna, Wenbo Xu and Jinlong Fan, 2022. Comparison of Random Forest and Support Vector Machine Classifiers for Regional Land Cover Mapping Using Coarse Resolution FY-3C Images. Remote Sens. 2022, 14(3), 574; <https://doi.org/10.3390/rs14030574>
39. Stehman, S. V., 1997. “Selecting and Interpreting Measures of Thematic Classification Accuracy.” Remote Sensing of Environment, vol. 62, no. 1, pp. 77-89.
40. Sonam Wangyel Wang, Belay Manjur Gebru, Munkhnasan Lamchin, Rijan Bhakta Kayastha and Woo-Kyun Lee, 2020. “Land Use and Land Cover Change Detection and Prediction in the Kathmandu District of Nepal Using Remote Sensing and GIS.”, MPDI, Sustainability 2020, 12(9), 3925; <https://doi.org/10.3390/su12093925>
41. Tucker, C. J., 1979. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. Remote Sensing of Environment, 8(2), 127-150.
42. Vapnik, V., 1995. The Nature of Statistical Learning Theory. Springer-Verlag.
43. Wulder, M. A., Loveland, T. R., Roy, D. P., Crawford, C. J., Masek, J. G., Woodcock, C. E., & Herold, M, 2019. “Current Status of Landsat Program Science and Applications”. Remote Sensing of Environment, 225, 127-147.

**Email tác giả liên hệ:** pthang@ttn.edu.vn

**Ngày nhận bài:** 11/04/2024

**Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa:** 14/04/2024

**Ngày duyệt đăng:** 19/04/2024