

Bài báo khoa học

Đánh giá hiệu quả ứng dụng ảnh Sentinel-1 và Sentinel-2 xác định mất rừng: Thí điểm khu vực huyện Đam Rông, tỉnh Lâm Đồng

Nguyễn Vinh Phú¹, Phạm Thị Làn^{2*}

¹ Quỹ Bảo vệ và Phát triển rừng tỉnh Lâm Đồng; vinhphubvr@gmail.com

² Đại học Mở - Địa chất; phamthilan@humg.edu.vn

*Tác giả liên hệ: phamthilan@humg.edu.vn; Tel.: +84-983321882

Ban Biên tập nhận bài: 17/4/2024; Ngày phản biện xong: 20/5/2024; Ngày đăng bài: 25/10/2024

Tóm tắt: Mất rừng là thách thức toàn cầu, làm ảnh hưởng đến là phổi xanh của trái đất và làm mất đi môi trường sống của sinh vật. Do vậy, giám sát mất rừng là cần thiết để có biện pháp chiến lược cho việc bảo vệ rừng trong tương lai. Nghiên cứu sử dụng các chỉ số NDVI, RFI và NBCI được tính từ ảnh Sentinel-1, Sentinel-2 trong xác định diện tích mất rừng của năm 2021 so với năm 2020. Chỉ số NDVI được tính từ ảnh Sentinel-2, và chỉ số RFI tính từ sự khác biệt giá trị tán xạ phản hồi của rừng đối với kênh phân cực VH trên ảnh Sentinel-1. Trong khi đó, chỉ số NBCI được kết hợp kênh NDVI với kênh VH. Kết quả chứng minh được rằng chỉ số NBCI đem lại độ chính xác cao nhất trong xác định mất rừng, đạt 79,53%. Trong khi đó, chỉ số KB - chỉ số khác biệt NDVI và chỉ số RFI đạt lần lượt là 55,83% và 14,85%. Với chỉ số NBCI, rừng ở khu vực Đam Rông được xác định là mất 50,51ha. Hiệu quả của việc kết hợp Sentinel-1 và Sentinel-2 đã định hướng cho các nhà quản lý một giải pháp thích hợp trong việc kiểm kê rừng hàng năm.

Từ khóa: Mất rừng; Sentinel-1; Sentinel-2.

1. Mở đầu

Năm 2022, diện tích rừng của Việt Nam chiếm xấp xỉ 40% diện tích tự nhiên, bao phủ khoảng 14,8 triệu ha [1]. Rừng có đóng góp đáng kể đối với tăng trưởng kinh tế của đất nước. Như báo cáo của World Bank [2], năm 2017, doanh thu từ việc xuất khẩu gỗ và các thành phẩm được chế biến từ gỗ đã đạt 8 tỷ USD, chiếm gần 4% tổng sản phẩm quốc nội (GDP). Rừng còn giúp bảo vệ đất, chống xói mòn, cung cấp ô xi, điều hòa khí hậu, bảo vệ đời sống và là nơi cư trú của các loài sinh vật. Thêm nữa, rừng cũng là nguồn cung cấp dược liệu, thực phẩm phục vụ dân sinh địa phương. Sự phân bố diện tích rừng không cố định mà luôn thay đổi. Rừng bị thay đổi cả về không gian và chất lượng đều do ảnh hưởng bởi 2 nhóm nhân tố là tự nhiên và con người [3]. Mất rừng do các sự gia tăng dân số, thay đổi cơ cấu kinh tế và trầm trọng hơn là vấn đề khai thác rừng như khai thác gỗ thương mại, sản xuất nông nghiệp, khai thác rừng làm nhiên liệu [4]. Mất rừng làm gia tăng hiệu ứng nhà kính, xói mòn đất và biến đổi khí hậu. Việc cung cấp thông tin về phạm vi và mức độ mất rừng, suy thoái rừng là yêu cầu cần thiết để trợ giúp các chính sách về rừng trong tương lai [5]. Do vậy, việc cần thiết là cần những phương pháp hiệu quả, thiết thực để giám sát mất rừng và suy thoái rừng.

Viễn thám là phương pháp hiệu quả ứng dụng trong việc quan trắc, giám sát tài nguyên và môi trường [6], đặc biệt trong quan trắc hệ sinh thái rừng [7]. Với ưu điểm nổi trội của công nghệ viễn thám và nguồn dữ liệu ảnh vệ tinh luôn được cập nhật, việc theo dõi diện tích mất rừng là hiệu quả và kịp thời [8]. Ở giai đoạn đầu, các nghiên cứu chỉ tập chung sử dụng viễn thám trong nghiên cứu mất rừng nhiệt đới do cháy rừng [9, 10]. Những năm gần đây, *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2024**, 766, 53-64; doi:10.36335/VNJHM.2024(766).53-64 <http://tapchikttv.vn/>

các nghiên cứu về mất rừng phổ biến hơn. Các nghiên cứu sử dụng ảnh có độ phân giải trung bình kết hợp với GIS trong nghiên cứu mất rừng [11–13]. Ví dụ như nghiên cứu biến động rừng toàn cầu hàng năm đã được xây dựng bản đồ từ ảnh Landsat giai đoạn 2000-2012. Bản đồ này chỉ ra rằng trên toàn thế giới có 1,5 triệu km² diện tích rừng đã bị mất [14]. Ảnh vệ tinh Landsat cũng được lựa chọn để nghiên cứu mất rừng ở công viên quốc gia Gunung Palung, bao gồm ảnh Landsat TM, ETM và OLI [15]. Như vậy, dữ liệu ảnh Landsat là nguồn thông tin cần thiết trong việc giám sát sự biến động diện tích rừng [15]. Bên cạnh đó, ảnh có độ phân giải cao hơn, ảnh Sentinel-2 cũng có ý nghĩa quan trọng trong việc nghiên cứu mất rừng. Các kênh 4 và kênh 11 của ảnh Sentinel-2, kết hợp với chỉ số NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) và chỉ số cháy rừng NBR (*Normalized Burn Ratio*) được sử dụng để định lượng tình trạng mất rừng [16]. Các nghiên cứu đều cho thấy ảnh quang học là tư liệu hiệu quả trong xác định mất rừng. Tuy nhiên, vẫn còn tồn tại giới hạn trong việc sử dụng tư liệu ảnh quang học là các thuật toán xác định mất rừng với chuỗi thời gian [17, 18] như là: (1) ảnh ở các thời điểm khác nhau đối với thông số hiệu chỉnh; (2) ảnh quang học bị tác động bởi điều kiện thời tiết và mùa vụ của thời điểm chụp ảnh. Để khắc phục hạn chế này, ảnh Radar tổng hợp là tư liệu bổ trợ tốt trong công tác giám sát mất rừng nhờ khả năng xuyên qua mây [19] và gần như không phụ thuộc vào tình trạng thời tiết và điều kiện khí quyển [20]. Hiện nay, hầu hết các vệ tinh SAR có tần suất chụp ảnh với thời gian ngắn nên phù hợp cho việc cảnh báo hiệu quả quá trình chặt phá rừng [21]. Có một vài nghiên cứu đã ứng dụng ảnh SAR để thành lập bản đồ suy thoái rừng [22–25].

Huyện Đam Rông, tỉnh Lâm Đồng có hệ sinh thái chủ yếu là đồi thấp và núi trung bình với độ cao trên 500 m [26]. Điều kiện tự nhiên của Đam Rông phù hợp trong phát triển lâm nghiệp, với diện tích rừng chiếm chủ yếu so với diện tích đất tự nhiên của toàn huyện. Nằm trong xu thế chung của tỉnh Lâm Đồng, diện tích rừng của huyện Đam Rông cũng bị suy giảm do tình trạng phá rừng, chuyển đổi đất rừng làm nông nghiệp [27]. Vì vậy, việc tìm ra giải pháp hiệu quả để giám sát mất rừng đối với huyện Đam Rông là cần thiết. Các nghiên cứu kể trên đã chỉ ra rằng ảnh vệ tinh quang học và ảnh SAR đều đã được ứng dụng trong theo dõi mất rừng và kết quả được đánh giá là đáng tin cậy trong. Khu vực Đam Rông, nơi bị che phủ nhiều mây, việc theo dõi mất rừng bằng ảnh quang học còn nhiều hạn chế. Do vậy, kết hợp với ảnh SAR sẽ bù đắp được những thông tin thiếu hụt ở thời điểm mà ảnh quang học không thu nhận được. Nghiên cứu này nhấn mạnh việc nghiên cứu hiệu quả khi sử dụng kết hợp ảnh Sentinel-1 và Sentinel-2 trong tính toán chỉ số nhằm xác định mất rừng cho huyện Đam Rông, tỉnh Lâm Đồng. Đây sẽ là cơ sở mở ra giải pháp mới trong việc đánh giá kiểm kê rừng cho những khu vực thuộc cao nguyên.

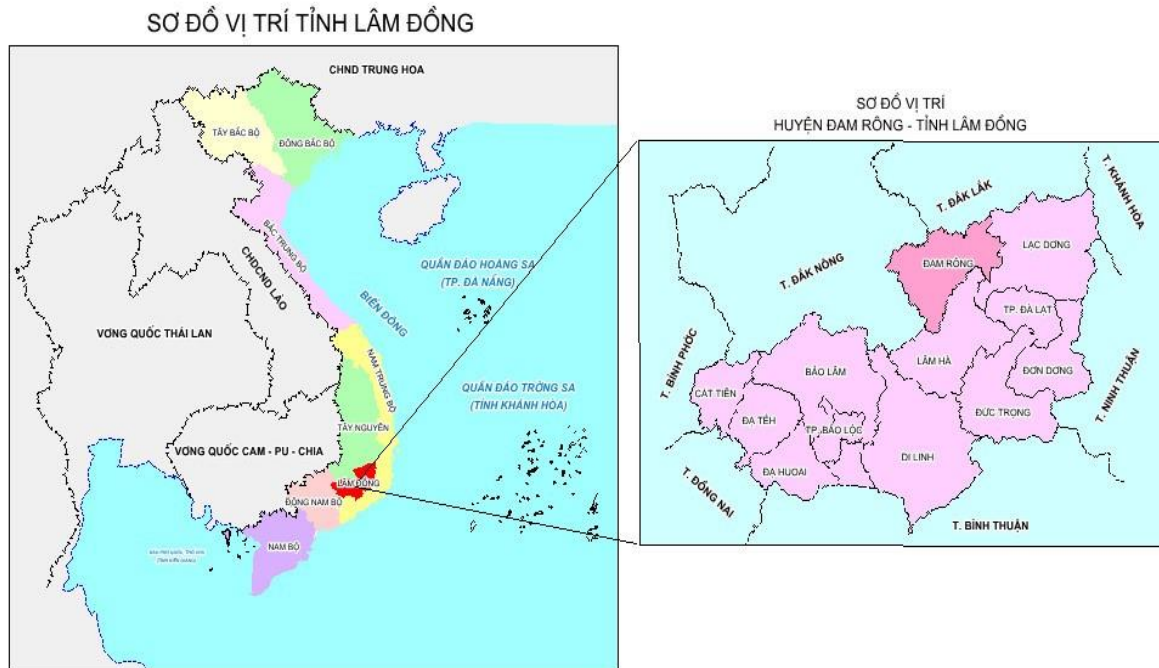
2. Phương pháp nghiên cứu và dữ liệu

2.1. Khu vực nghiên cứu và dữ liệu

Huyện Đam Rông thuộc khu vực phía Tây Bắc tỉnh Lâm Đồng (Hình 1). Huyện Đam Rông có vị trí địa lý nằm giữa các huyện Bảo Lâm, Di Linh và Đơn Dương của tỉnh Lâm Đồng. Về phía Đông Bắc, huyện Đam Rông tiếp giáp với tỉnh Khánh Hòa. Với vị trí hiện tại, Đam Rông được xem như là cửa ngõ phía đông của vùng cao nguyên Đà Lạt. Huyện Đam Rông có địa hình gồm núi và thung lũng đã tạo nên sự đa dạng và phong phú của cảnh quan sinh thái. Trong đó, rừng là một hệ sinh thái chiếm diện tích lớn ở khu vực này (56.580,5 ha), với độ che phủ lên tới 64,84% [28]. Một phần lớn diện tích của Đam Rông vẫn là rừng nguyên sinh (49.636,58 ha), với đa dạng loài cây và động vật. Tuy nhiên, rừng ở Đam Rông đang phải chịu áp lực từ việc phá rừng, khai thác gỗ trái pháp luật làm suy giảm diện tích rừng.

Dữ liệu được sử dụng trong nghiên cứu bao gồm: ảnh Sentinel-1, Sentinel-2 và PlanetScope. Ảnh Sentinel-1, chụp trong 2 giai đoạn: từ ngày 03/01/2020 đến ngày 28/03/2020 sử dụng 32 ảnh và; từ 03/01/2021 đến 28/03/2021 có 34 ảnh. Ảnh Sentinel-2 cũng sử dụng giai đoạn tương ứng với 36 ảnh cho giai đoạn năm 2020 và 39 ảnh cho giai

đoạn 2021. Dữ liệu ảnh Sentinel-1 và Sentinel-2A được sử dụng trên nền tảng điện toán đám mây Google Earth Engine. Ảnh Sentinel-1 được xử lý mức độ 1C với các kênh phân cực VH và VV. Ảnh Sentinel-2 gồm 2 vệ tinh là Sentinel-2A và Sentinel_2B đã nắn chỉnh hình học và hiệu chỉnh khí quyển. Bên cạnh đó, ảnh PlanetScope chụp ngày 07/3/2021 với độ phân giải 3 m, được sử dụng kết hợp với thực địa trong đánh giá độ chính xác về vị trí và diện tích mất rừng.



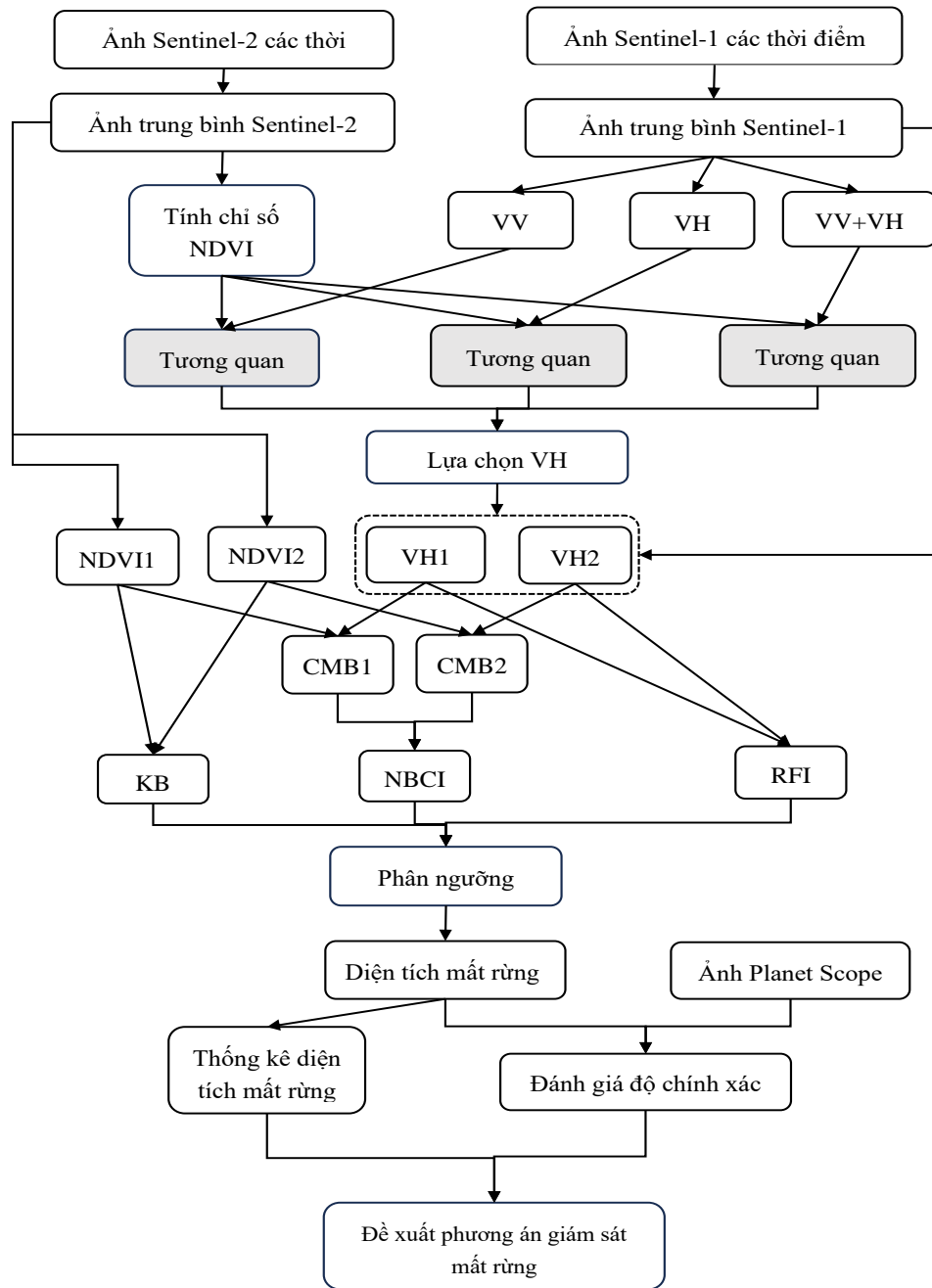
Hình 1. Vị trí khu vực huyện Đam Rông, tỉnh Lâm Đồng.

2.2. Quy trình nghiên cứu

Việc xác định mất rừng bằng các chỉ số viễn thám trên ảnh Sentinel-1 và Sentinel-2 trong nghiên cứu này được cụ thể như sơ đồ sau đây (Hình 2). Ảnh Sentinel-1 và Sentinel-2 là ảnh trung bình của các thời điểm trong khoảng thời gian nghiên cứu, nhằm giảm tối đa sự ảnh hưởng bởi mây. Các ảnh trung bình này được tính bằng hàm median trên nền tảng điện toán đám mây Google Earth Engine. Ảnh trung bình có hai thời điểm tương ứng là ảnh trung bình của năm 2020, thời điểm chưa mất rừng và ảnh trung bình của năm 2021, thời điểm sau mất rừng. Chỉ số thực vật khác biệt chuẩn hóa NDVI là chỉ số phổ biến trong việc xác định thực vật nói chung và lớp phủ rừng nói riêng, được tính từ ảnh Sentinel-2.

Để kết hợp ảnh Sentinel-1 trong việc quan trắc mất rừng, nghiên cứu này sử dụng các kênh VV, VH và VV+VH. Giá trị tán xạ ngược VV và VH trên ảnh Sentinel-1 thể hiện khu vực càng sáng thì lớp phủ thực vật càng phát triển và ngược lại, khi VV và VH có giá trị phản hồi thấp thì khu vực càng tối và thể hiện đối với vùng thực vật bị suy giảm hoặc biến mất [29]. Bên cạnh đó, kênh phân cực kết hợp (VV+VH) cũng được xác định là có quan hệ tương quan cao với chỉ số thực vật [30]. Do vậy, nghiên cứu này sử dụng các kênh ảnh Sentinel-1 để đánh giá tương quan với chỉ số NDVI nhằm lựa chọn kênh phân cực của ảnh Sentinel-1 tốt nhất trong nghiên cứu mất rừng.

Việc xác định khu vực mất rừng trong nghiên cứu này ứng dụng các chỉ số KB, KRB và NBCI lần lượt được tính toán khác biệt tương ứng với chỉ số NDVI từ ảnh Sentinel-2, kênh phân cực VH của Sentinel-1 và chỉ số kết hợp các kênh phổ (CMB). Chỉ số CMB là chỉ số kết hợp kênh NDVI với kênh VH. Độ tin cậy của diện tích mất rừng được đánh giá so với ảnh có độ phân giải cao PlanetScope (3 m). Cuối cùng, hiệu quả của các chỉ số viễn thám trong xác định mất rừng sẽ là cơ sở đề xuất phương án quan trắc thường xuyên trong nhiệm vụ quản lý tài nguyên rừng.



Hình 2. Quy trình giám sát mất rừng sử dụng kết hợp Sentinel-1 và Sentinel-2.

2.3. Chỉ số viễn thám của ảnh Sentinel-2 trong nghiên cứu mất rừng

Chỉ số NDVI được tính từ ảnh Sentinel 2 trung bình ở 2 giai đoạn. Giai đoạn chưa mất rừng, tương ứng với NDVI1 tính từ ảnh trung bình Sentinel-2 của năm 2020; giai đoạn sau mất rừng, tương ứng với NDVI2 được tính từ ảnh trung bình Sentinel-2 của năm 2021.

Nghiên cứu dùng ảnh Sentinel-2 để tính chỉ số tương đối (KB) trong xác định diện tích mất rừng [31]. Chỉ số KB được tính như công thức (1).

$$KB = 100 \times (NDVI1 - NDVI2) / NDVI1 \quad (1)$$

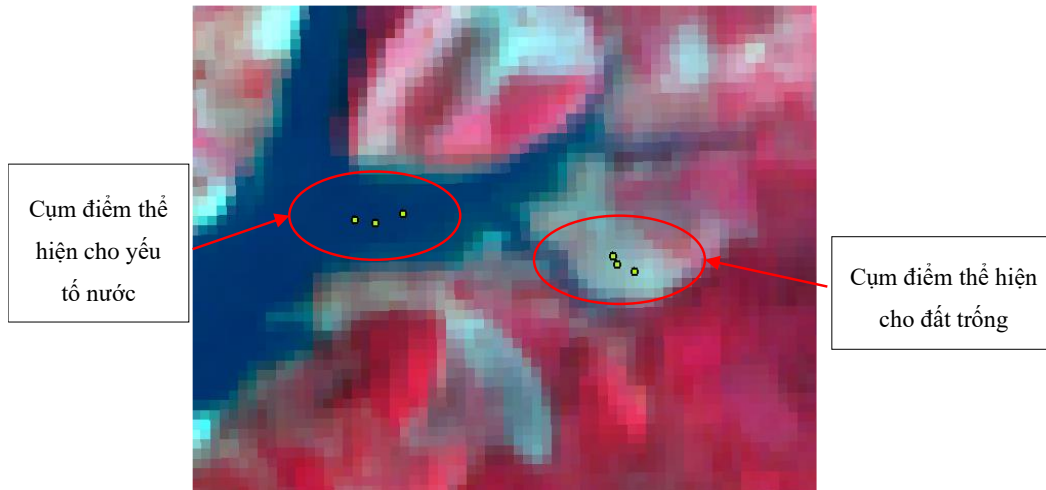
Trong đó NDVI1 và NDVI2 được tính bằng công thức (2).

$$NDVI = \frac{(Band_{NIR} - Band_{RED})}{(Band_{NIR} + Band_{RED})} \quad (2)$$

Trong đó BandNIR tương ứng với Band 8 và BandRED tương ứng Band 4.

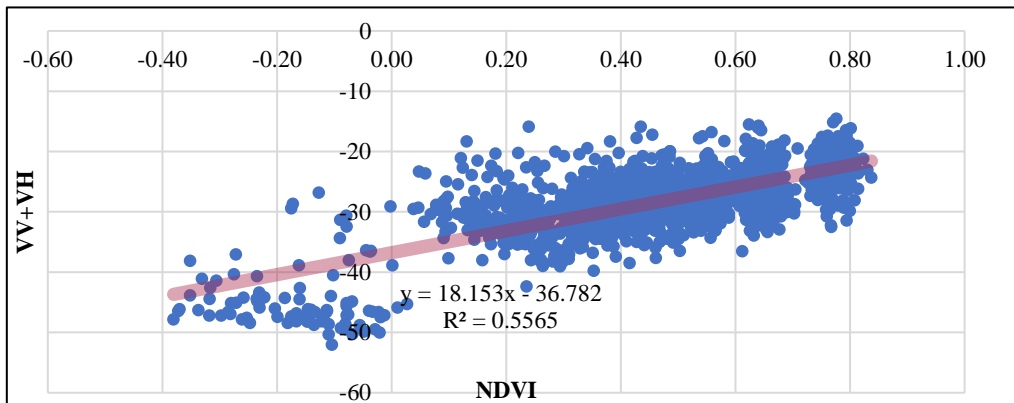
2.4. Lựa chọn kênh phân cực trên ảnh Sentinel-1 trong nghiên cứu mất rừng

Để lựa chọn kênh phân cực của ảnh Sentinel-1 trong nghiên cứu mất rừng, nghiên cứu này đánh giá tương quan giữa chỉ số NDVI với các kênh phân cực cùng thời điểm. Để đánh giá tương quan, nghiên cứu sử dụng các cụm điểm với tổng số điểm là 2342 điểm mẫu. Mỗi cụm điểm gồm 3 điểm nằm trong phạm vi của một đối tượng (Hình 3) và các cụm điểm được lấy đặc trưng cho mỗi một yếu tố trên ảnh Sentinel-2, phân bố đều trên toàn huyện Đam Rông, tỉnh Lâm Đồng.

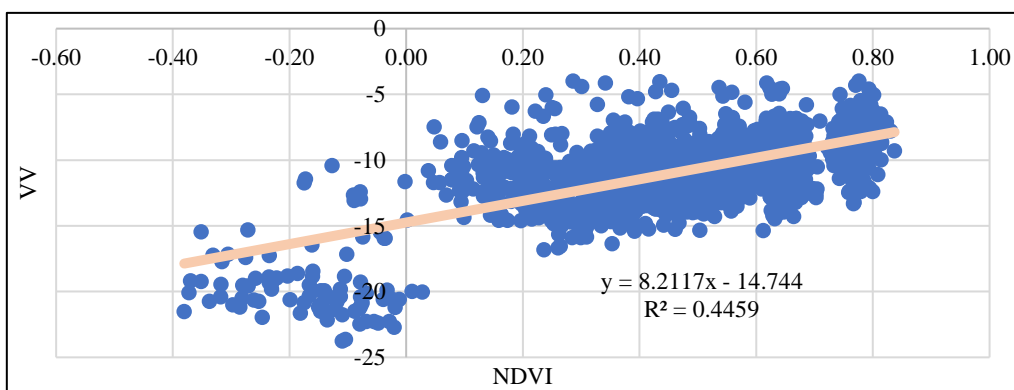


Hình 3. Điểm mẫu sử dụng trong đánh giá tương quan NDVI với kênh phân cực.

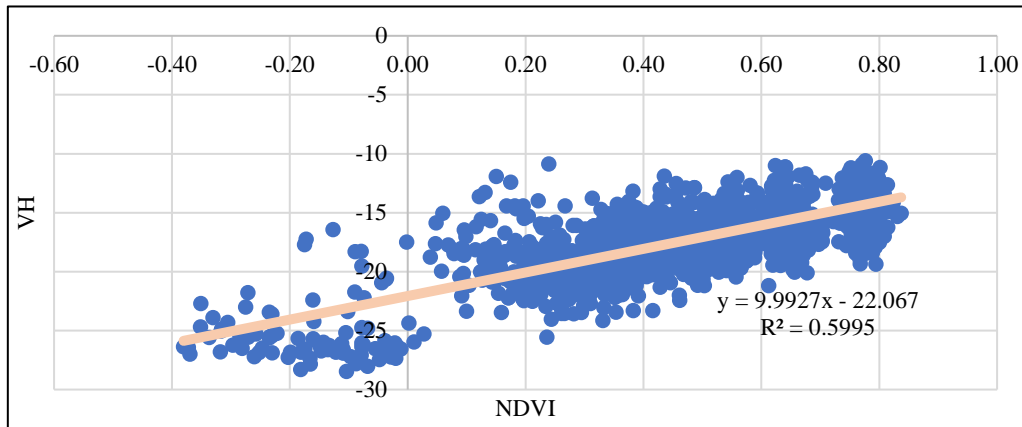
Các hình dưới đây thể hiện quan hệ tương quan của NDVI với các kênh phân cực VV, VH và VH+VV. Mức độ tương quan mạnh, trung bình hay yếu được thể hiện bằng hệ số tương quan R.



Hình 4. Sơ đồ thể hiện tương quan giữa NDVI và kênh VV+VH.



Hình 5. Sơ đồ tương quan giữa NDVI và kênh VV.



Hình 6. Sơ đồ tương quan giữa NDVI và kênh VH.

Hình 4, Hình 5 và Hình 6 được tổng hợp theo hệ số tương quan R như Bảng 1. Bảng 1 trên chỉ ra rằng giá trị tương quan R đều nằm trong phạm vi tương quan mạnh. Trong đó VH có hệ số tương quan với NDVI là cao nhất (0,7743) được lựa chọn là kênh sử dụng trong xác định mật rừng. Chỉ số RFI (Radar Forest Index) là chỉ số xác định mật rừng được tính từ ảnh Sentinel-1 đối với kênh VH.

Bảng 1. Bảng thống kê hệ số tương quan.

TT	Cặp kênh tương quan	R ²	R
1	NDVI và VH+VV	0,5565	0,7460
2	NDVI và VV	0,4459	0,6678
3	NDVI và VH	0,5995	0,7743

$$RFI = 100 \times (VH1 - VH2) / VH1 \tag{3}$$

Trong đó VH1 là giá trị tán xạ ngược của kênh VH được tính từ ảnh trung bình Sentinel-1 năm 2020; VH2 là giá trị tán xạ ngược của kênh VH được tính từ ảnh trung bình Sentinel-1 năm 2021.

2.5. Chỉ số viễn thám tích hợp ảnh Sentinel-1 và Sentinel-2 trong nghiên cứu mật rừng

Nghiên cứu sử dụng chỉ số kết hợp các kênh phổ (CMB) bằng cách kết hợp chỉ số NDVI của Sentinel-2 với giá trị tán xạ phản hồi kênh phân cực VH của ảnh Sentinel-1 trong xác định lớp phủ rừng. Chỉ số CMB được tính theo công thức sau đây [32]:

$$CMB = \frac{(NDVI + VH^{-1})}{2} \text{ hay } CMB = \frac{NDVI \times VH^{-1}}{2 \times VH} \tag{4}$$

Sự thay đổi lớp phủ rừng được thể hiện bằng chỉ số thay đổi các kênh phổ kết hợp NBCI thông qua công thức sau đây [32]:

$$NBCI = \frac{CMB1 - CMB2}{CMB1} \times 100 \tag{5}$$

Trong đó CMB1 là giá trị của chỉ số kết hợp giữa NDVI1 và VH1 tại thời điểm trước mất rừng; CMB2 là giá trị của chỉ số kết hợp giữa NDVI2 và VH2 tại thời điểm sau mất rừng.

2.6. Xác định ngưỡng mật rừng

Trên ảnh Sentinel-2, chỉ số thực vật NDVI có giá trị tăng dần khi thực vật tăng dần. Do vậy chỉ số KB sẽ có giá trị dương khi xuất hiện hiện tượng mất rừng và âm khi tái sinh rừng. Trong nghiên cứu [32], chỉ số KB lớn hơn 42,6 được xác định là khu vực mất rừng. Trong

khi đó, trên ảnh Sentinel-1, giá trị tán xạ phản hồi của kênh phân cực VH có giá trị âm, giá trị này phụ thuộc vào độ ẩm, cấu trúc bề mặt và độ điện lý. Do vậy, với khu vực càng nhiều thực vật thì mức giá trị tán xạ phản hồi càng cao. Với cơ sở đó, chỉ số RFI và NBCI có giá trị âm thể hiện cho mất rừng, giá trị âm càng cao thì thể hiện càng rõ sự biến mất của rừng. Nghiên cứu [32] xác định ngưỡng mất rừng với chỉ số NBCI < -37,9.

Cùng với nguyên lý về phản xạ và tán xạ phản hồi của ảnh, nghiên cứu này còn kết hợp với kiến thức thực tế về tình trạng mất rừng của khu vực, kết hợp các số liệu báo cáo, thống kê và quan sát ảnh có độ phân giải cao (PlanetScope) để xác định ngưỡng mất rừng, cụ thể như Bảng 2.

Bảng 2. Bảng ngưỡng mất rừng.

Chỉ số	Mất rừng	Rừng ổn định hoặc phát triển
KB	>30	<30
RFI	Từ - 80 đến -15	>-15
CBCI	Từ -80 đến -15	>-15

3. Kết quả và thảo luận

Với ngưỡng mất rừng đã được xác định ở mục 2.6 trên, các khoanh vi mất rừng được thể hiện đối với từng chỉ số là có những vị trí trùng nhau và những vị trí khác nhau. Bảng 3 thể hiện diện tích mất rừng đối với từng chỉ số. Trong đó, có 25 vị trí mất rừng trùng nhau trên cả 3 chỉ số, có 94 điểm mất rừng trùng nhau trên chỉ số KB và chỉ số NBCI và các điểm còn lại không khớp nhau trên các chỉ số. Như vậy, câu hỏi đặt ra là chỉ số nào có hiệu quả nhất trong quy trình giám sát mất rừng.

Để đánh giá hiệu quả của từng chỉ số đó, nghiên cứu đánh giá mức độ cậy của các vị trí và khoanh vi diện tích mất rừng trên từng ảnh chỉ số so với kết quả xác định mất rừng từ ảnh PlanetScope chụp ngày 07/3/2021, kết hợp khảo sát thực tế. Các điểm sử dụng trong đánh giá độ chính xác bao gồm 140 điểm trên ảnh PlanetScope cho đánh giá độ chính xác lần lượt của ảnh KB, RFI và NBCI. Bên cạnh đó, các khoanh vi mất rừng cũng được xác định trên ảnh PlanetScope để đánh giá độ tin cậy về phần trăm diện tích của các khoanh vi mất rừng được xác định trên ảnh chỉ số KB, RFI và NBCI. Bảng 3 là kết quả độ chính xác về điểm và phần trăm diện tích của việc xác định mất rừng.

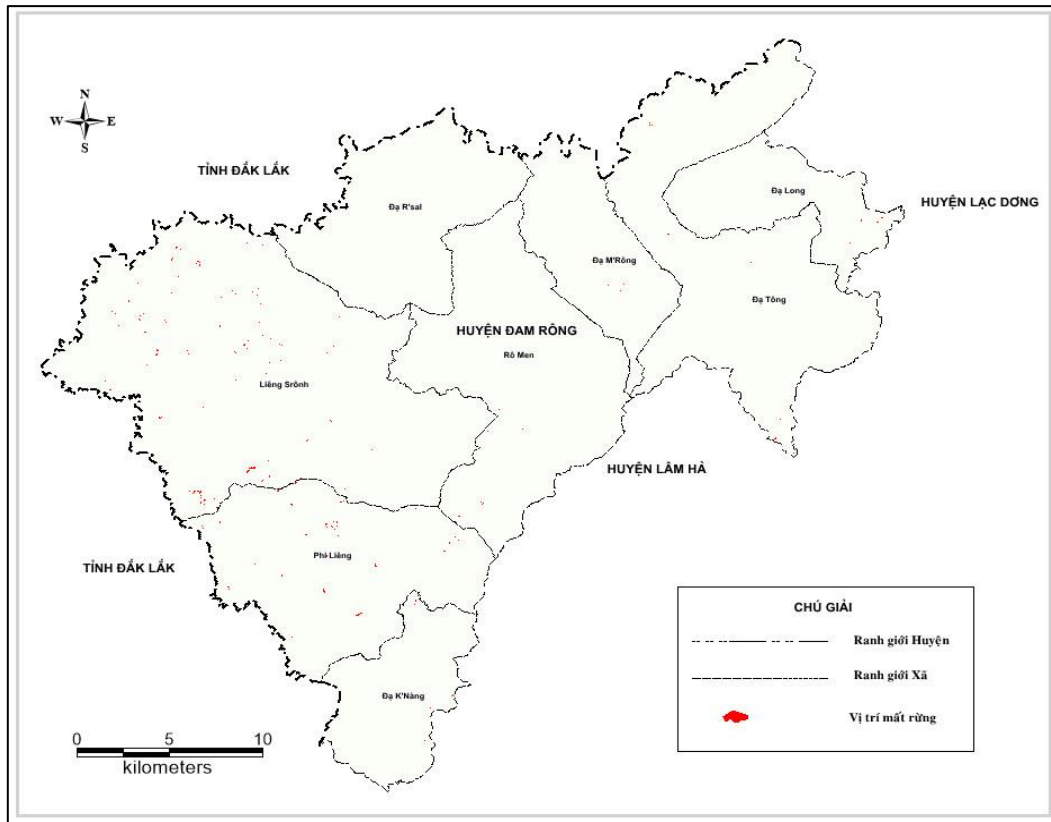
Bảng 3. Kết quả độ chính xác về mặt xác định vị trí mất rừng.

STT	Ảnh và chỉ số tương ứng	Số điểm chính xác phát hiện mất rừng	Độ chính xác theo diện tích (%)
1	Ảnh Sentinel-2, KB	94/138	55,83
2	Ảnh Sentinel-1, RFI	25/138	14,85
3	Kết hợp ảnh Sentinel-2, Ảnh Sentinel-1, NBCI	128/138	79,53

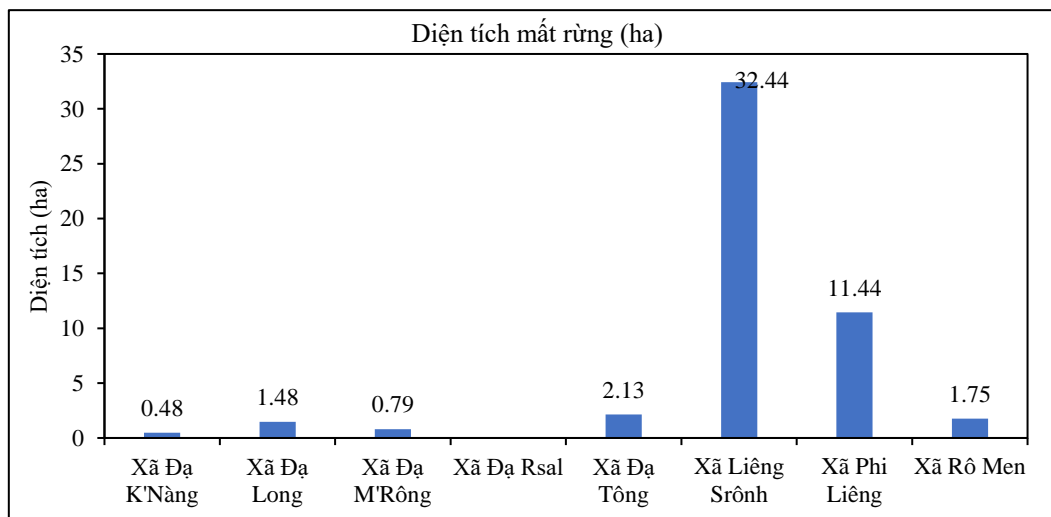
Bảng 3 chỉ ra rằng, chỉ số RFI tính từ ảnh Sentinel-1 có độ chính xác thấp nhất, chỉ đạt xấp xỉ 15%. Trong khi đó, chỉ số KB được tính từ ảnh Sentinel-2 có độ chính xác trung bình, đạt gần 56%. Độ chính xác cao nhất khi xác định diện tích mất rừng là chỉ số NBCI sử dụng ảnh kết hợp Sentinel-1 và Sentinel-2, lên tới 79,53%. Hình 7 là kết quả thể hiện các khoanh vi mất rừng được xác định từ chỉ số NCBI.

Tổng diện rừng bị mất trong giai đoạn 2021 so với 2020 ở huyện Đam Rông, tỉnh Lâm Đồng là 50,51 ha và phân bố ở các xã khác nhau (Hình 8). Trong đó, mất rừng ở xã Liêng Srônh chiếm diện tích lớn nhất, lên tới 64,22% diện tích mất rừng của toàn huyện. Tiếp đến là xã Đạ Tông cũng bị mất rừng với diện tích tương đối lớn (11,44 ha), chiếm 22,65%. Trong khi đó, xã bị mất rừng với diện tích không đáng kể, chỉ khoảng 0,48 ha, chiếm chưa đến 1% diện tích mất rừng trên toàn khu vực (Hình 9). Như vậy, diện tích mất rừng tập trung chủ yếu

ở phía Tây của huyện, nơi có địa hình đồi núi chia cắt, phần lớn là diện tích rừng tự nhiên, lại là nơi tiếp giáp với tỉnh Đắk Lắk và Đắk Nông làm cho công tác quản lý và bảo vệ rừng còn gặp khó khăn. Trong khi đó, ở phía Đông huyện Đam Rông có Vườn quốc gia Bidoup - Núi Bà là cơ sở tốt trong việc bảo vệ rừng, giảm thiểu tối đa việc mất rừng và khai thác rừng bừa bãi.



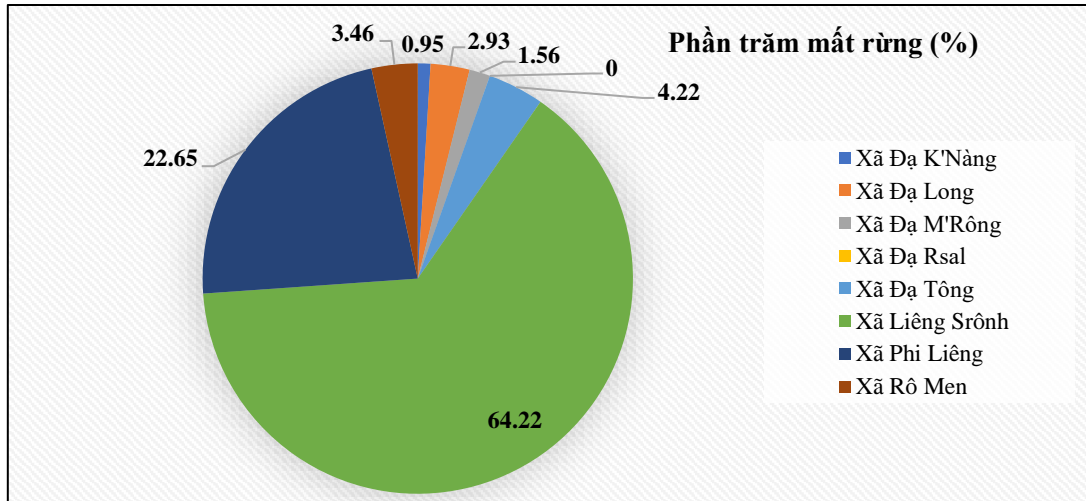
Hình 7. Phân bố các vị trí mất rừng huyện Đam Rông, Lâm Đồng chiết xuất từ chỉ số viễn thám kết hợp ảnh Sentinel-1 và Sentinel-2.



Hình 8. Biểu đồ thể hiện diện tích mất rừng (ha).

Nhìn chung, diện tích rừng ở Đam Rông bị mất do một số nguyên nhân như phá rừng để trồng cây ăn quả và cây nông nghiệp [33] và phá rừng lấy gỗ trái pháp luật. Để kiểm chứng kết quả nghiên cứu, Bảng 4 đã tổng hợp thống kê mất rừng năm 2020 và 2021 của UBND tỉnh Lâm Đồng và Chi cục Kiểm lâm Đam Rông, rừng của huyện bị mất lên tới 51,53 ha. Theo kế sử dụng đất của UBND tỉnh Lâm Đồng, năm 2020 huyện Đam Rông sẽ chuyển đổi

khoảng 14,43 ha diện tích đất rừng sang đất nông nghiệp và phi nông nghiệp. Trong đó phân bổ ở các xã Phi Liêng, Xã Liêng Srôn, Xã Đạ Long, Xã Đạ Tông và xã Rô Men [34]. Bên cạnh đó, hiện tượng mất rừng còn do các hoạt động chặt gỗ trái phép làm mất 5,1ha rừng. Sang đến năm 2021, diện tích rừng bị chuyển đổi mục đích là 12 ha. Bên cạnh đó, thống kê cũng cho thấy diện tích rừng bị mất khoảng gần 10 ha.



Hình 9. Biểu đồ thể hiện phần trăm mất rừng (%).

Bảng 4. Bảng thống kê mất rừng năm 2020, 2021 của huyện Đam Rông, tỉnh Lâm Đồng [34-37].

TT	Năm 2020		Năm 2021		Tổng
	Chuyển đổi sang đất nông nghiệp	Phá rừng trái phép	Chuyển đổi sang đất nông nghiệp	Phá rừng trái phép	
Nguyên nhân mất rừng	14,43	5,1	12	10	51,53
Diện tích (ha)					

Tài nguyên rừng nói chung và rừng của huyện Đam Rông nói riêng có quan hệ sâu sắc tới yếu tố kinh tế - xã hội. Do vậy, việc giám sát hiện trạng mất rừng hàng năm đã được quan tâm, nhằm đề xuất những giải pháp hiệu quả trong giám sát và quản lý tài nguyên rừng. Viễn thám được cho là giải pháp tốt trong giám sát hiện trạng rừng khi sử dụng dữ liệu đa thời gian [38].

4. Kết luận

Việc xác định mất rừng bằng việc kết hợp ảnh Sentinel-1 với ảnh Sentinel-2 đã trở thành phương pháp hiệu quả đối với những khu vực đồi núi và cao nguyên, nơi điều kiện thời tiết nhiều mây. Do vậy, phương pháp kết hợp ảnh Sentinel-1 và Sentinel-2 nên được sử dụng trong giám sát và bảo vệ rừng đối với các vùng đồi núi nói chung và vùng Tây Nguyên nói riêng. Bên cạnh đó, việc giám sát mất rừng trong tương lai cũng nên tận dụng các dữ liệu ảnh quang học và ảnh SAR miễn phí, mã nguồn mở và những ảnh có độ phân giải cao hơn như ảnh PlanetScope, ảnh Lidar.

Bên cạnh những đạt được của nghiên cứu, nghiên cứu còn hạn chế chưa xác định được việc mất rừng tính theo cây gỗ mà không có sự mất đi thảm thực phủ như cây gỗ nhỏ, cây bụi, cây dây leo. Để khắc phục được hạn chế này, các nghiên cứu sâu hơn ở tương lai cần phân ngưỡng các chỉ số ở nhiều cấp độ để có thể thấy được sự thay đổi của rừng như là: rừng phát triển, suy thoái rừng, rừng ổn định và mất rừng.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: N.V.P., P.T.L.; Thu thập, xử lý số liệu: N.V.P., P.T.L.; Phân tích kết quả: N.V.P., P.T.L.; Viết bản thảo bài báo: N.V.P., P.T.L.; Chính sửa bài báo: N.V.P., P.T.L.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Statista Research Department. Total forest area in Vietnam from 2011 to 2022. 2023.
2. Bank, T.W. Country Forest Note Vietnam. International Bank for Reconstruction and Development 1818 H Street NW, Washington, DC 20433, 2019.
3. Blanc, L.; Gond, V.; Minh, D.H.T. Remote Sensing and Measuring Deforestation. *Land Surf. Remote Sens.* **2016**, 27–53.
4. FAO. Manual on deforestation, degradation, and fragmentation using remote sensing and GIS. 2007.
5. FAO. Assessing forest degradation, towards the development of globally applicable guidelines Working paper 177. <http://www.fao.org/3/a-i2479e.pdf>. 2011.
6. Tarazona, Y.; Zabala, A.; Pons, X.; Broquetas, A.; Nowosad, J.; Zurqani, H.A. Fusing Landsat and SAR Data for Mapping Tropical Deforestation through Machine Learning Classification and the PVts- β Non-Seasonal Detection Approach. *Can. J. Remote Sens.* **2021**, 47(5), 677–696.
7. Adarme, O.M.; Prieto, J.D.; Feitosa, R.Q.; De Almeida, C.A. Improving deforestation detection on tropical rainforests using Sentinel-1 data and convolutional neural networks. *Remote Sens.* **2022**, 14(14), 3290.
8. Sano, E.E.; Rizzoli, P.; Koyama, C.N.; Watanabe, M.; Adami, M.; Shimabukuro, Y.E.; Bayma, G.; Freitas, D.M. Comparative analysis of the global forest/non-forest maps derived from SAR and optical sensors. Case studies from Brazilian Amazon and Cerrado Biomes. *Remote Sens.* **2021**, 13(3), 367.
9. Asner, G.P.; Knapp, D.E.; Broadbent, E.N.; Oliveira, P.J.; Keller, M.; Silva, J.N. Selective logging in the Brazilian Amazon. *Science* **2005**, 310(5747), 480–482.
10. Souza, J.C.; Siqueira, J.; Sales, M.; Fonseca, A.; Ribeiro, J.; Numata, I.; Cochrane, M.; Barber, C.; Roberts, D.; Barlow, J. Ten-year landsat classification of deforestation and forest degradation in the Brazilian Amazon. *Remote Sens.* **2013**, 5(11), 5493–5513.
11. Miranda-Castro, W.; Barrios, R.A.; Guerrero, M.; Guzmán, K.; de Gorostizaga, S. Assessing forest cover loss using landsat images and GIS: A case study in Colombian protected area. *J. Sustainable For.* **2022**, 42(8), 831–847.
12. Borges, J.; Higginbottom, T.P.; Cain, B.; Gadiye, D.E.; Kisingo, A.; Jones, M.; Symeonakis, E.; Disney, M.; Levick, S. Landsat time series reveal forest loss and woody encroachment in the Ngorongoro Conservation Area, Tanzania. *Remote Sens. Ecol. Conserv.* **2022**, 8(6), 808–826.
13. Dangbo, F.A.; Gardi, O.; Adjonou, K.; Hlovor, A.K.D.; Blaser, J.; Kokou, K. An analytical assessment of forest cover changes over the last 30 Years in the semi-deciduous forest zone of Togo. *J. Horticult. For.* **2020**, 12(2), 70–83.
14. Hansen, M.C.; Potapov, P.V.; Moore, R.; Hancher, M.; Turubanova, S.A.; Tyukavina, A.; Thau, D.; Stehman, S.V.; Goetz, S.J.; Loveland, T.R.; Kommareddy, A.; Egorov, A.; Chini, L.; Justice, C.O.; Townshend, J.R. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science* **2013**, 342(6160), 850–853.
15. Fawzi, N.I.; Husna, V.N.; Helms, J.A. Measuring deforestation using remote sensing and its implication for conservation in Gunung Palung National Park, West Kalimantan, Indonesia. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* **2018**, 149, 012038.
16. Candra, D.S. Deforestation detection using multitemporal satellite images. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* **2020**, 500(1), 012037.
17. Verbesselt, J.; Zeileis, A.; Herold, M. Near real-time disturbance detection using satellite image time series. *Remote Sens. Environ.* **2012**, 123, 98–108.

18. Zhu, Z.; Woodcock, C.E. Object-based cloud and cloud shadow detection in Landsat imagery. *Remote Sens. Environ.* **2012**, *118*, 83–94.
19. Joshi, N.; Baumann, M.; Ehammer, A.; Fensholt, R.; Grogan, K.; Hostert, P.; Jepsen, M.; Kuemmerle, T.; Meyfroidt, P.; Mitchard, E.; Reiche, J.; Ryan, C.; Waske, B. A review of the application of optical and radar remote sensing data fusion to land use mapping and monitoring. *Remote Sens.* **2016**, *8(1)*, 70.
20. Danklmayer, A.; Doring, B.J.; Schwerdt, M.; Chandra, M. Assessment of atmospheric propagation effects in SAR Images. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* **2009**, *47(10)*, 3507–3518.
21. Watanabe, M.; C.N. Koyama; M. Hayashi; I. Nagatani, and M. Shimada. Early-Stage Deforestation Detection in the Tropics With L-band SAR. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*. 2018, *11(6)*, 2127–2133.
22. Ortega, M.X.; Feitosa, R.Q.; Bermudez, J.D.; Happ, P.N.; De Almeida, C.A. Comparison of optical and SAR data for deforestation mapping in the Amazon rainforest with fully convolutional networks. *Proceeding of the 2021 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium IGARSS*. 2021, pp. 3769–3772.
23. Karaman, K.; Garnot, V.S.F.; Wegner, J.D. Deforestation detection in the Amazon with Sentinel-1 Sar Image Time Series. *ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.* **2023**, *X-1/W1-2023*, 835–842.
24. Almeida-Filho, R.; Shimabukuro, Y.E.; Rosenqvist, A.; Sánchez, G.A. Using dual-polarized ALOS PALSAR data for detecting new fronts of deforestation in the Brazilian Amazônia. *Int. J. Remote Sens.* **2009**, *30(14)*, 3735–3743.
25. Zeng, T.; Dong, X.; Quegan, S.; Hu, C.; Uryu, Y. Regional tropical deforestation detection using ALOS PALSAR 50 m mosaics in Riau province, Indonesia. *Electron. Lett.* **2014**, *50(7)*, 547–549.
26. Thám, N.; Ba, L.H.H. Đánh giá điều kiện tự nhiên phục vụ phát triển Nông - Lâm nghiệp huyện Đam Rông, tỉnh Lâm Đồng. *Tap chí Khoa học, Trường Đại học Sư phạm, Đại học Huế* **2019**, *3(51)*, 152–159.
27. Bảo, T.Q.; Khang, L.N.; Doanh, L.S.; Thị, N.V.; Duẩn, P.V.; Oanh, T.L.K.; Chính, P.Q. Giải pháp phục hồi rừng trên đất lâm nghiệp hiện đang trồng cây nông nghiệp: trường hợp nghiên cứu điển tại huyện Di Linh, tỉnh Lâm Đồng. *Tap chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp* **2021**, *6*, 81–91.
28. UBND huyện Đam Rông. Quyết định Phê duyệt kết quả theo dõi diễn biến rừng, đất lâm nghiệp và công bố hiện trạng rừng, đất lâm nghiệp năm 2021, Số /QĐ-UBND. 2022.
29. Anh, N.Đ.; Tuấn, V.A.; Hằng, N.T.; Bình, N.T. Ứng dụng kết hợp ảnh Sentinel-1 và tỷ số Radar Change Ratio trong nghiên cứu biến động diện tích rừng với khu vực thử nghiệm tại xã Quảng Sơn, huyện Đắk Glong - tỉnh Đắk Nông. *Tap chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ* **2019**, *41*, 57–64.
30. Thị, N.V.; Dương, N.Đ.; Bảo, T.Q. Quan hệ giữa tán xạ ngược của ảnh Radar Sentinel-1 với chỉ số thực vật NDVI của ảnh quang học Sentinel-2: trường hợp nghiên cứu cho đối tượng rừng Khộp tại tỉnh Đắk Lắk. *Tap chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp* **2018**, *3*, 167–176.
31. Huy, N.Q.; Dương, K.T.; Tuấn, T.A.; Thị, N.V. Ứng dụng ảnh vệ tinh Landsat 8 để xây dựng bản đồ biến động rừng ở tỉnh Bắc Giang. *Tap chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp* **2021**, *3*, 77–85.
32. Thị, N.V.; Bảo, T.Q.; Doanh, L.S.; Duẩn, P.V.; Hải, N.N.; Hòa, T.X. Nghiên cứu kết hợp ảnh vệ tinh quang học Sentinel-2 và Radar Sentinel-1 trong phát hiện mất rừng ở tỉnh Gia Lai. *Tap chí Nông nghiệp và phát triển nông thôn* **2020**, *1*, 105–112.

33. Ban tuyên giáo Huyện ủy Đam Rông. Đam Rông giải tỏa dứt điểm diện tích rừng bị tái lấn chiếm. Báo cáo tổng hợp công tác báo chí, số 115-BC/BTGHU. 2022.
34. UBND tỉnh Lâm Đồng. Quyết định số 347/QĐ-UBND về việc phê duyệt kế hoạch sử dụng đất năm 2020 huyện Đam Rông, tỉnh Lâm Đồng. 2020.
35. Chi cục Kiểm lâm tỉnh Lâm Đồng. Thông báo số 26/TB-KL. Kết luận của Chi cục trưởng chi cục Kiểm lâm Lâm Đồng tại cuộc họp giao ban tháng 5 năm 2021. 2021.
36. Hạt Kiểm lâm Đam Rông. Báo cáo số 101/BC-KL về Kết quả kiểm tra, rà soát hiện trạng các vụ phá rừng, lấn chiếm đất lâm nghiệp xảy ra trên địa bàn huyện trong năm 2021 và 9 tháng đầu năm 2022. 2022.
37. Hạt Kiểm lâm Đam Rông. Báo cáo số 135/BC-KL về Kết quả kiểm tra, rà soát hiện trạng các vụ phá rừng xảy ra trên địa bàn huyện Đam Rông trong 11 tháng năm 2021. 2021.
38. UBND tỉnh Lâm Đồng. Quyết định số 372/QĐ-UBND về việc phê duyệt kế hoạch sử dụng đất năm 2021 huyện Đam Rông, tỉnh Lâm Đồng. 2021.
39. Masek, J.G.; Hayes, D.J.; Hughes, M.J.; Healey, S.P.; Turner, D.P. The role of remote sensing in process-scaling studies of managed forest ecosystems. *For. Ecol. Manage.* **2015**, *355*, 109–123.

Assessment of the effectiveness of Sentinel-1 and Sentinel-2 images forest lost detection: A case study in Dam Rong district, Lam Dong province

Nguyen Vinh Phu¹, Pham Thi Lan^{2*}

¹ Lam Dong Forest Protection and Development Fund (Lam Dong FPDF);
vinhphuqbvr@gmail.com

² Hanoi University of Mining and Geology; phamthilan@hmg.edu.vn

Abstract: Forest loss is a global challenge, impacting the earth's green lungs, and jeopardizing the habitats of various species. Therefore, monitoring forest loss is necessary to formulate strategic measures for forest protection in the future. of the paper utilizes NDVI, RFI, and NBCI indices calculated from Sentinel-1 and Sentinel-2 images to determine the extent of forest loss in 2021 compared to 2020. The NDVI index calculated from Sentinel-2 and the RFI index is calculated from the difference in backscatter values of forests for the VH polarization band in Sentinel-1 images. The NBCI index combines the NDVI with the VH band. The results indicate that the NBCI index achieves the highest accuracy in forest loss determination, reaching 79.53%. Meanwhile, the KB index - the difference between NDVI and RFI indices - achieves accuracies of 55.83% and 14.85% respectively. With the NBCI index, forest loss in the Dam Rong area is identified as 50.51 hectares. The effectiveness of combining Sentinel-1 and Sentinel-2 has provided guidance for managers towards a suitable solution in annual forest inventory.

Keywords: Forest loss; Sentinel-1; Sentinel-2.