

## SỬ DỤNG CHỈ SỐ VIỄN THÁM PHÁT HIỆN MẮT RỪNG TRÊN ẢNH SENTINEL-2 TẠI TỈNH THỪA THIÊN - HUẾ

Vũ Văn Thái<sup>1</sup>, Nguyễn Hải Hòa<sup>2</sup>, Lê Thị Quỳnh Hoa<sup>1</sup>,  
Nguyễn Minh Ngọc<sup>3</sup>, Tống Phước Hoàng Hiếu<sup>4</sup>, Nguyễn Duy Liêm<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Công ty TNHH Tư vấn và Phát triển Đồng Xanh

<sup>2</sup>Trường Đại học Lâm nghiệp

<sup>3</sup>Viện Công nghệ Vũ trụ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

<sup>4</sup>Chi cục Kiểm lâm tỉnh Thừa Thiên - Huế

<sup>5</sup>Trường Đại học Nông Lâm Thành phố Hồ Chí Minh

### TÓM TẮT

Nghiên cứu này đã xây dựng một ứng dụng phát hiện mất rừng bằng chỉ số viễn thám từ ảnh vệ tinh Sentinel-2 thông qua nền tảng trực tuyến Google Earth Engine. Các lô rừng bị mất giữa kì đầu và kì sau được phát hiện thông qua việc kết hợp ngưỡng có rừng, không có rừng và mất rừng theo hai chỉ số Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) và Normalized Burn Ratio (NBR) cho địa bàn tỉnh Thừa Thiên - Huế. Đối với NDVI, các giá trị lần lượt là NDVI kì đầu  $\geq 0,59$ , NDVI kì sau  $< 0,59$  và chênh lệch NDVI giữa kì sau so với kì đầu  $\leq -0,28$ . Đối với NBR, các giá trị lần lượt là NBR kì đầu  $\geq 0,61$ , NBR kì sau  $< 0,61$  và chênh lệch NBR giữa kì sau so với kì đầu  $\leq -0,51$ . Kết quả kiểm chứng trong khoảng thời gian từ tháng 3/2020 đến tháng 5/2020 cho thấy tỉ lệ phát hiện đúng lô mất rừng trên 70%, sai số tuyệt đối trung bình về diện tích dưới 1 ha. Những kết quả đạt được nêu trên đã và đang hỗ trợ hiệu quả cho công tác theo dõi, cập nhật diễn biến rừng góp phần ngăn chặn phá rừng, khai thác rừng trái phép trên địa bàn tỉnh Thừa Thiên - Huế. Ngoài ra, ứng dụng này có thể được nhân rộng cho các địa phương khác ở Việt Nam.

**Từ khóa:** Google Earth Engine, NBR, NDVI, phát hiện mất rừng, Sentinel-2, Thừa Thiên - Huế.

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Theo Quỹ Nông Lương Liên hợp quốc (FAO, 2015), mất rừng là sự chuyển đổi rừng sang các trạng thái sử dụng khác hoặc là sự suy giảm độ che phủ rừng xuống dưới ngưỡng tối thiểu 10% trong một khoảng thời gian dài. Tại Việt Nam, Luật Lâm nghiệp 2017 chỉ đề cập đến khái niệm về rừng và suy thoái rừng mà chưa đưa ra định nghĩa về mất rừng. Do vậy, trong phạm vi của nghiên cứu này, mất rừng được hiểu là sự chuyển đổi từ trạng thái đất có rừng (rừng tự nhiên và rừng trồng) sang trạng thái đất trống.

Viễn thám là một phương pháp hiện đại được sử dụng trong giám sát diễn biến rừng, đặc biệt tại các khu vực rộng lớn và khó tiếp cận. Để phát hiện động thái rừng dựa trên ảnh viễn thám đa thời gian, chỉ số viễn thám là cách tiếp cận phổ biến. Chỉ số viễn thám là thuật toán chuyển đổi dữ liệu đa phổ thành một thành phần duy nhất. So với các kênh phổ, chỉ số viễn thám có ưu điểm là nó có thể tăng cường các hiệu ứng quan tâm (ví dụ, thay đổi trạng thái của thực vật) hoặc giảm thiểu các đặc điểm không mong muốn

(chẳng hạn như nhiễu khí quyển và địa hình). Có rất nhiều chỉ số viễn thám được sử dụng để phát hiện mất rừng. Meng và cộng sự (2016) sử dụng ảnh MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) đa thời gian để phát hiện mất rừng tại rừng mưa Amazon, Brazil. Watanabe và cộng sự (2017) phát triển thuật toán phát hiện sớm mất rừng tại bang Ucayali và vùng phụ cận ở Peru bằng việc sử dụng chuỗi dữ liệu PALSAR-2/ScanSAR (Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar) và Landsat. Saleh và cộng sự (2019) sử dụng bộ ảnh vệ tinh SPOT-4, 5 và 6 (Satellite pour l'Observation de la Terre) phát hiện mất rừng tại tỉnh Tây Kalimantan, Indonesia trong các năm 2007, 2012, 2014 thông qua ba chỉ số NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), GNDVI (Green-Normalized Difference Vegetation Index) và NRGVI (Normalized Green-Red Vegetation Index). Mozgovoy và cộng sự (2019) sử dụng bộ ảnh Landsat-7, 8, Sentinel-2 và Terra ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) phân tích các chỉ số NDVI, EVI

(Enhanced Vegetation Index), ARVI (Atmospherically Resistant Vegetation Index), SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) để phát hiện mất rừng tại tỉnh Akmola, Kazakhstan. Reinisch và cộng sự (2020) sử dụng kết hợp ảnh đa phổ với ảnh radar để phát hiện khu vực bị mất rừng tại dãy núi Jemez, Hoa Kỳ.

Tại Việt Nam, Nguyễn Thanh Hoàn và cộng sự (2017) sử dụng phương pháp phân tích vector thay đổi đa biến trên ảnh Landsat-8 để xác định vị trí mất rừng tại hai huyện Tuy Đức và Đắk Song thuộc tỉnh Đắk Nông. Nguyễn Văn Thị và cộng sự (2018) đã kết hợp ảnh viễn thám quang học và radar trong giám sát rừng thông qua nghiên cứu quan hệ giữa tán xạ ngược trên ảnh Sentinel-1 và chỉ số NDVI từ ảnh Sentinel-2 cho rừng khộp tại tỉnh Đắk Lắk. Phùng Văn Khoa và cộng sự (2019) sử dụng ảnh Landsat 8 và nền tảng Google Earth Engine (GEE) phát hiện mất rừng, suy thoái rừng ở tỉnh Đắk Nông.

Theo kết quả công bố hiện trạng rừng tỉnh Thừa Thiên - Huế năm 2020 (Quyết định số 439/QĐ-UBND ngày 27/02/2021), diện tích rừng tự nhiên và rừng trồng có trữ lượng toàn tỉnh là 288.401,82 ha, tỉ lệ che phủ rừng đạt 57,38%. Diện tích rừng lớn, phân bố trên địa bàn 9 huyện, thành phố và trải dài từ dãy núi Trường Sơn đến tận Biển Đông gây trở ngại cho công tác quản lý, bảo vệ rừng, phòng cháy - chữa cháy rừng trên địa bàn tỉnh Thừa Thiên - Huế. Thêm vào đó, tình trạng phá rừng lấy gỗ, lâm sản và đất sản xuất trái phép diễn ra phức tạp cùng với vấn nạn cháy rừng luôn thường trực do điều kiện thời tiết nắng nóng của mùa khô và các tác nhân như đốt xử lý thực bì, đốt hương, vàng mã là các mối đe dọa đã và đang gây ra mất rừng trên địa bàn tỉnh. Chính vì vậy, cần thiết phải ứng dụng khoa học công nghệ trong phát hiện sớm mất rừng nhằm góp phần tiết kiệm thời gian, công sức cho hoạt động tuần tra, giám sát tài nguyên rừng cũng như nâng cao hiệu quả quản lý, bảo vệ rừng, phòng cháy - chữa cháy rừng.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi phát triển

một ứng dụng phát hiện mất rừng bằng chỉ số viễn thám thông qua nền tảng trực tuyến GEE cho tỉnh Thừa Thiên - Huế. Trước tiên, các chuỗi ảnh vệ tinh quang học Sentinel-2 được thu thập, loại bỏ mây, ghép ảnh. Sau đó, các ngưỡng có rừng, không có rừng và mất rừng được xác định dựa trên chỉ số NDVI, NBR (Normalized Burn Ratio) tính từ chuỗi ảnh Sentinel-2 tại các khu vực có rừng, không có rừng và mất rừng trên bản đồ diễn biến rừng. Cuối cùng, đánh giá độ chính xác phát hiện mất rừng dựa trên so sánh các lô rừng phát hiện trên ảnh vệ tinh với các lô rừng bị mất trên thực tế từ dữ liệu khảo sát thực địa.

## **2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU**

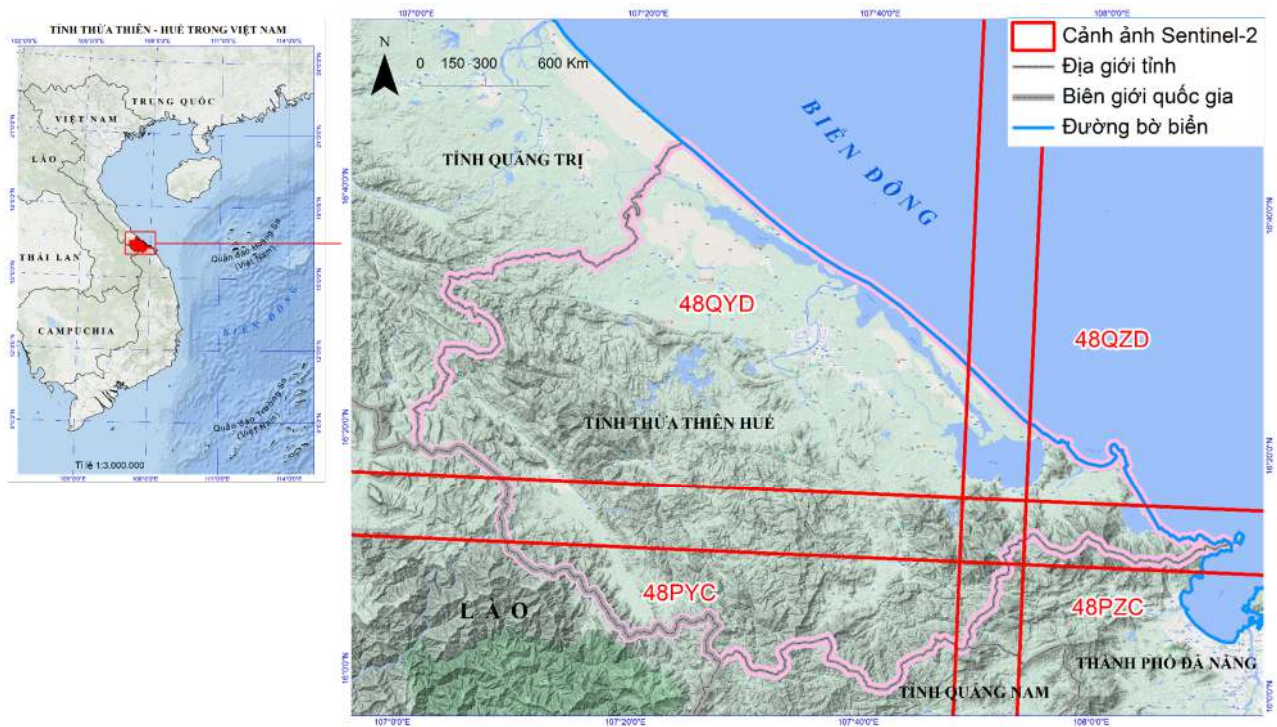
### **2.1. Dữ liệu**

Bộ dữ liệu ảnh vệ tinh Sentinel-2, ở mức xử lý 1C (đã được hiệu chỉnh khí quyển và nắn chỉnh hình học) ghi nhận trong các tháng 4/2017, 4/2018, 5/2020 và năm 2019 cho tỉnh Thừa Thiên - Huế với 4 cảnh ảnh (48PYC, 48PZC, 48QYD, 48QZD) như Hình 1. Sentinel-2 bao gồm hai vệ tinh Sentinel-2A, 2B chuyển động theo quỹ đạo gần cực ở độ cao 786 km, được đưa lên quỹ đạo lần lượt vào ngày 23/6/2015 và 7/3/2017. Độ rộng vệt quét lớn (290 km) và chu kì chụp ảnh cao (10 ngày tại xích đạo cho từng vệ tinh và 5 ngày tại xích đạo khi kết hợp hai vệ tinh). Phạm vi quan sát từ 84° vĩ độ Nam đến 84° vĩ độ Bắc. Vệ tinh có khả năng thu nhận ảnh đa phổ ở độ phân giải bức xạ 12 bit với 13 kênh (0,443 - 2,190  $\mu\text{m}$ ) bao gồm: 4 kênh có độ phân giải không gian 10 m, 6 kênh có độ phân giải không gian 20 m và 3 kênh có độ phân giải không gian 60 m (Bảng 1).

Các vùng mẫu có rừng, không có rừng, mất rừng được trích xuất từ bản đồ diễn biến rừng của tỉnh Thừa Thiên - Huế (FRMS - <http://frms.vnforest.gov.vn/>). Ngoài ra, để đánh giá độ chính xác phát hiện mất rừng dựa trên ảnh vệ tinh Sentinel-2, nghiên cứu sử dụng bộ dữ liệu khảo sát thực địa các lô rừng bị mất từ tháng 3/2020 đến tháng 5 năm 2020 của Chi cục Kiểm lâm Thừa Thiên - Huế.

**Bảng 1. Đặc điểm kênh phổ của ảnh Sentinel-2**

Kênh	Bước sóng (µm)	Độ phân giải không gian (m)	Mô tả
Band 1 - Coastal aerosol	0,443	60	Sol khí
Band 2 - Blue	0,490	10	Lam
Band 3 - Green	0,560	10	Lục
Band 4 - Red	0,665	10	Đỏ
Band 5 - Vegetation red edge	0,705	20	Cận đỏ
Band 6 - Vegetation red edge	0,740	20	Cận đỏ
Band 7 - Vegetation red edge	0,783	20	Cận đỏ
Band 8 - NIR	0,842	10	Cận hồng ngoại
Band 8A - Vegetation red edge	0,865	20	Cận đỏ
Band 9 - Water vapour	0,945	60	Hơi nước
Band 10 - SWIR – Cirrus	1,375	60	Mây
Band 11 - SWIR	1,610	20	Hồng ngoại sóng ngắn
Band 12 - SWIR	2,190	20	Hồng ngoại sóng ngắn



**Hình 1. Sơ đồ cảnh ảnh vệ tinh Sentinel-2 tại khu vực tỉnh Thừa Thiên - Huế**

**2.2. Phương pháp xác định lô rừng bị mất**

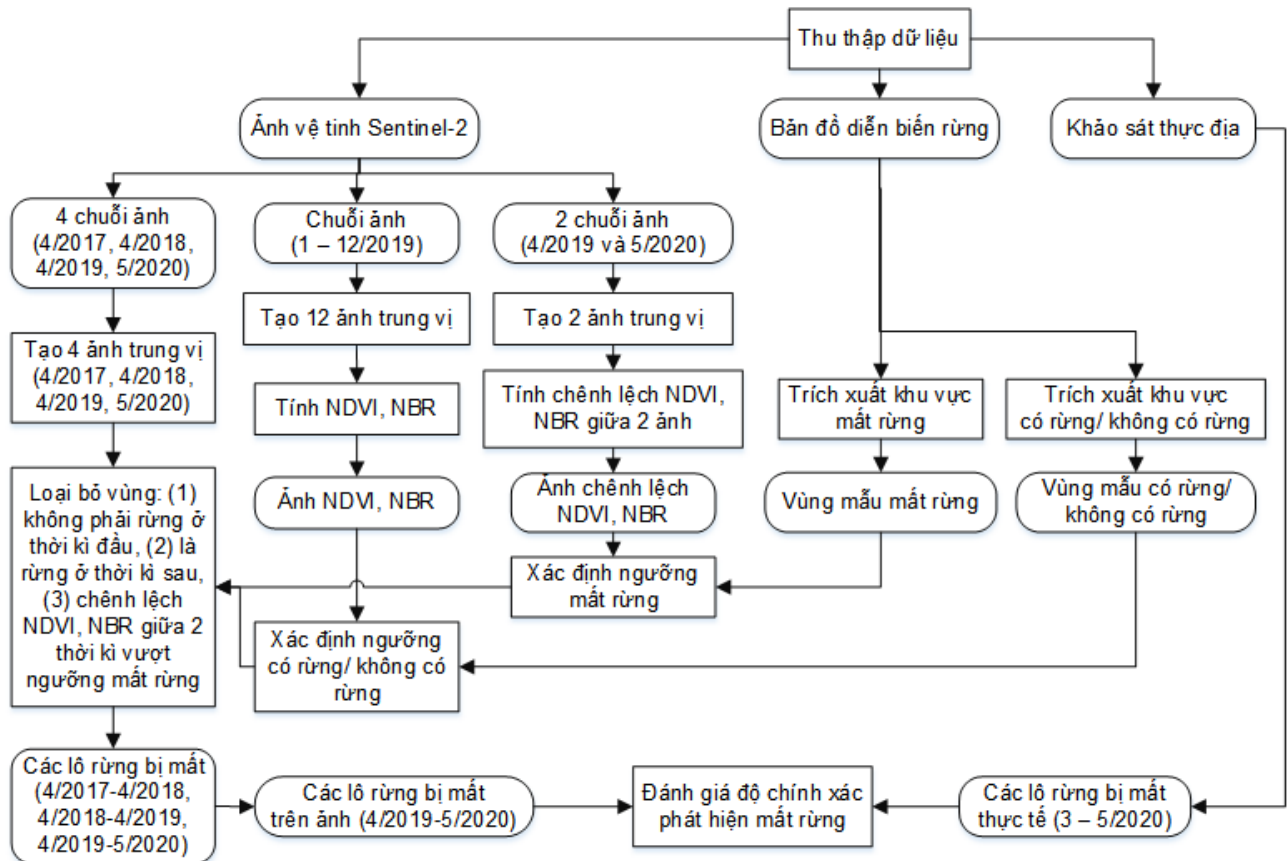
Phương pháp xác định lô rừng bị mất dựa trên việc áp dụng các ngưỡng có rừng, không phải rừng, mất rừng theo các chỉ số NDVI, NBR. Sau khi loại bỏ các lô nằm ngoài ba loại rừng, diện tích còn lại là các lô mất rừng. Tiến trình phát hiện mất rừng được mô tả theo hình 2.

Từ tập ảnh vệ tinh Sentinel-2 đã thu thập, tiến hành loại bỏ mây, ghép ảnh. Có nhiều cách để loại bỏ mây trên ảnh Sentinel-2. Một trong số đó là phương pháp sử dụng ảnh đa thời gian, bù

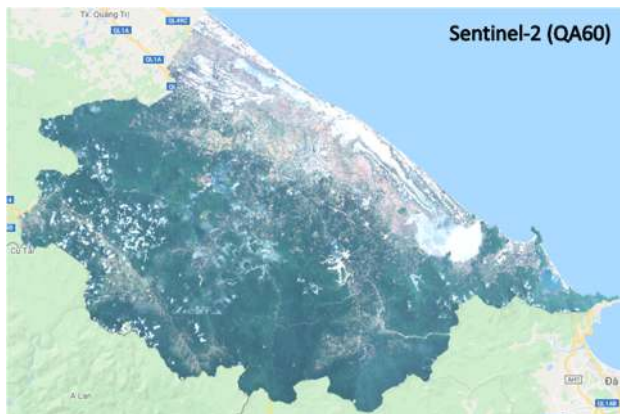
trừ mây dựa trên kênh ảnh “QA60” (Meng và cs, 2016). Nghiên cứu này sử dụng các ảnh Sentinel-2 đa thời gian và loại bỏ mây dựa trên kênh ảnh “Probability” (Elena và cs, 2020). Sau khi loại mây theo thời gian, các ảnh này được ghép lại thành một ảnh bằng hàm *median()* trên GEE. Trong bốn thời điểm tháng 4/2017, 4/2018, 4/2019, 5/2020, có tổng cộng 42 kỳ ảnh, 210 cảnh ảnh với tỉ lệ mây bình quân 40,36% đã được thu thập. Trong tháng 4/2017, có 6 kỳ ảnh và 30 cảnh ảnh. Trong các tháng 4/2018, 4/2019 và 5/2020, mỗi tháng đều có 12 kỳ ảnh và 60

cảnh ảnh. Một ảnh trung vị đại diện cho từng thời điểm được tạo ra dựa trên ghép chuỗi ảnh ghi nhận trong thời điểm tương ứng. Sau đó, ảnh trung vị được loại mây bằng hai phương pháp dựa trên kênh ảnh “QA60” (Hình 3) và “Probability” (Hình 4). Kết quả cho thấy phương pháp thứ hai đạt hiệu quả tốt hơn. Trong năm 2019, có 139 kỉ ảnh, 701 cảnh ảnh với tỉ lệ mây bình quân 54,74% đã được thu thập. Riêng

các tháng 1, 7, 8, 9 và 12, lượng mây bình quân/cảnh ảnh lớn nhất, dao động từ 69% trở lên. Các tháng 2, 3 và 4 có lượng mây bình quân/cảnh ảnh thấp nhất, dưới 35%. Một ảnh trung vị đại diện cho từng tháng được tạo ra dựa trên ghép chuỗi ảnh ghi nhận trong tháng đó. Sau đó, các ảnh trung vị đã loại mây bằng phương pháp dựa trên kênh ảnh “Probability” được đưa vào các bước xử lý tiếp theo.



Hình 2. Phương pháp phát hiện mất rừng dựa vào chỉ số viễn thám NDVI, NBR



Hình 3. Ảnh Sentinel-2 trung vị của tháng 5/2020 sau khi loại bỏ mây sử dụng kênh “QA60”



Hình 4. Ảnh Sentinel-2 trung vị của tháng 5/2020 sau khi loại bỏ mây sử dụng kênh “Probability”

Hai chỉ số viễn thám NDVI và NBR được trích xuất từ các bộ ảnh Sentinel-2 trung vị. Chỉ số NDVI được tính bằng cách sử dụng kênh 8 (NIR - cận hồng ngoại) và kênh 4 (RED - đỏ) thông qua hàm (normalizedDifference(['B8','B4'])) trên GEE, tương ứng với công thức:

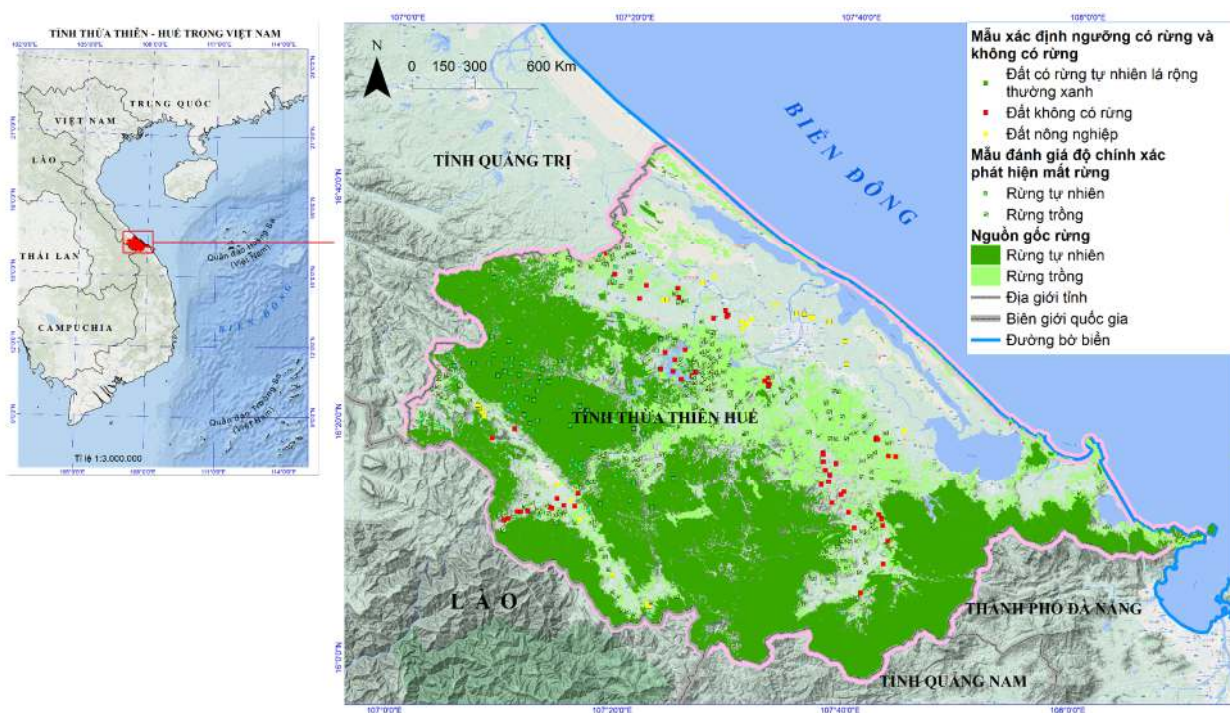
$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \quad (\text{Emre và cs, 2020})$$

Chỉ số NBR được tính bằng cách sử dụng kênh 8 (NIR - cận hồng ngoại) và kênh 12 (SWIR - kênh hồng ngoại sóng ngắn) thông qua hàm (normalizedDifference(['B8','B12'])) trên GEE, tương ứng với công thức:

$$NBR = \frac{NIR-SWIR}{NIR+SWIR} \quad (\text{Alfonso, 2016})$$

Hai ngưỡng có rừng và không có rừng được xác định dựa trên chỉ số NDVI, NBR của các

ảnh Sentinel-2 ghi nhận trong 12 tháng của năm 2019 tại các khu vực có rừng, không có rừng trên bản đồ diễn biến rừng. Trước tiên, nghiên cứu lựa chọn ngẫu nhiên 179 mẫu (Hình 5), bao gồm: 89 mẫu đất có rừng tự nhiên lá rộng thường xanh (rừng tự nhiên giàu, trung bình, nghèo và phục hồi), 60 mẫu đất không có rừng (đất trống và mặt nước) và 30 mẫu đất nông nghiệp. Các trạng thái rừng có diện tích nhỏ như rừng tre nứa, rừng lá kim hoặc không có diện tích như rừng rụng lá không được lấy mẫu. Sau đó, tính giá trị NDVI, NBR trên 12 ảnh Sentinel-2 trung vị của 12 tháng trong năm 2019 cho các vùng mẫu này. Ngưỡng có rừng, không có rừng được xác định theo giá trị NDVI, NBR trung bình nhỏ nhất của trạng thái có rừng.



**Hình 5. Vị trí các vùng mẫu trên khu vực nghiên cứu**

Ngưỡng mất rừng được xác định dựa trên chênh lệch chỉ số NDVI, NBR trên ảnh Sentinel-2 giữa tháng 4/2019 và tháng 5/2020 tại các khu vực mất rừng trên bản đồ diễn biến rừng. Cụ thể, nghiên cứu sử dụng 50 vùng mất rừng trong tháng 5/2020 so với tháng 4/2019 tại khu vực nghiên cứu. Sau đó, tính chênh lệch giá trị NDVI, NBR giữa hai ảnh Sentinel-2 trung vị

của hai thời điểm trên cho các vùng mẫu này. Ngưỡng mất rừng được xác định theo giá trị chênh lệch NDVI, NBR trung bình giữa hai thời điểm trên.

Ba cặp thời điểm kì trước, kì sau được xem xét bao gồm tháng 4/2017 - 4/2018, tháng 4/2018 - 4/2019, tháng 4/2019 - 5/2020. Đối với từng cặp thời điểm, áp dụng ngưỡng có rừng,

không có rừng, mất rừng để loại bỏ những vùng không phải rừng ở thời kì đầu hoặc là rừng ở kì sau hoặc có giá trị chênh lệch NDVI, NDR giữa hai kì vượt ngưỡng mất rừng; phần còn lại là các lô rừng bị mất.

Độ chính xác phát hiện mất rừng được đánh giá dựa trên so sánh các lô rừng phát hiện trên ảnh vệ tinh trong giai đoạn tháng 4/2019 - 5/2020 với các lô rừng bị mất trên thực tế trong giai đoạn tháng 3/2020 - 5/2020 từ dữ liệu khảo sát thực địa. Trước tiên, nghiên cứu lựa chọn ngẫu nhiên 45 mẫu mất rừng bao gồm 15 mẫu rừng tự nhiên và 30 mẫu rừng trồng trong khoảng thời gian từ tháng 3/2020 đến tháng 5/2020 tại tỉnh Thừa Thiên - Huế (Hình 5). Sau đó, sử dụng phần mềm QGIS Desktop để chồng lớp mất rừng thực tế với lớp mất rừng phân loại trên ảnh vệ tinh. Tiếp theo, thống kê số lượng lô mất rừng trên thực tế được phát hiện và chưa được phát hiện trên ảnh vệ tinh cũng như diện tích lô mất rừng trên thực tế và phân loại trên ảnh vệ tinh. Cuối cùng, đánh giá độ chính xác phát hiện mất rừng dựa trên hai chỉ số là tỉ lệ phát hiện đúng lô mất rừng (TPR) và sai số tuyệt đối trung bình về diện tích (MAE) được tính theo công thức:

$$TPR = \frac{TP}{TP + FN}$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |O_i - P_i|}{n}$$

Trong đó, TPR là tỉ lệ phát hiện đúng lô mất rừng, TP là số lô mất rừng phân loại trên ảnh vệ

tinh đúng với thực tế, FN là số lô không mất rừng phân loại trên ảnh vệ tinh nhưng trên thực tế là lô mất rừng, MAE là sai số tuyệt đối trung bình về diện tích (ha),  $O_i$  là diện tích lô mất rừng thứ  $i$  trên thực tế (ha),  $P_i$  là diện tích lô mất rừng thứ  $i$  phân loại trên ảnh vệ tinh (ha),  $n$  là tổng số lô mất rừng trên thực tế.

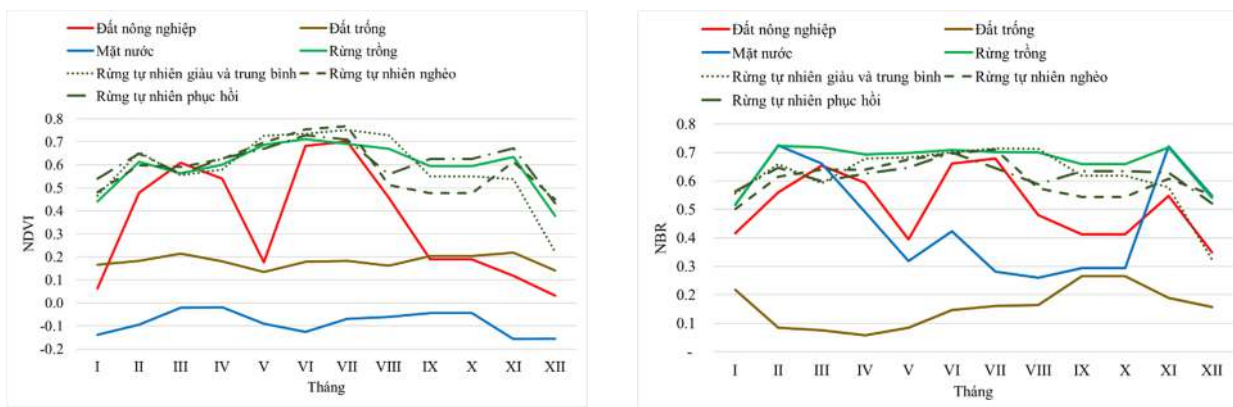
### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Ngưỡng có rừng và không có rừng

Các giá trị trung bình, độ lệch chuẩn của từng loại đất loại rừng theo từng chỉ số NDVI, NBR trong năm 2019 được thể hiện như Bảng 2. Theo đó, giá trị NDVI và NBR trung bình thấp nhất của trạng thái có rừng đều thuộc về rừng nghèo với giá trị tương ứng là 0,59 ( $\mp$  0,05) và 0,61 ( $\mp$  0,04). Các trạng thái đất không có rừng bao gồm đất nông nghiệp, đất trống và mặt nước có giá trị NDVI và NBR trung bình lần lượt không vượt quá 0,35 ( $\mp$  0,13) và 0,51 ( $\mp$  0,09). Xét về sự biến thiên của NDVI, NBR giữa các tháng trong năm 2019 (xem Hình 6), có thể thấy các trạng thái có rừng đều có giá trị cao và ít biến đổi hơn so với các trạng thái không có rừng. Trạng thái đất nông nghiệp biến động theo mùa vụ rõ rệt khi NDVI, NBR cao từ tháng 2 đến tháng 4 và từ tháng 6 đến tháng 8. Với các đặc trưng về giá trị trung bình và mức độ biến thiên theo tháng như trên, nghiên cứu chọn ngưỡng phân biệt trạng thái có rừng là 0,59 ( $\mp$  0,05) cho NDVI và 0,61 ( $\mp$  0,05) cho NBR.

**Bảng 2. Giá trị thống kê của NDVI, NBR cho các loại đất loại rừng trong năm 2019**

Loại đất loại rừng	NDVI		NBR	
	Giá trị trung bình	Độ lệch chuẩn	Giá trị trung bình	Độ lệch chuẩn
Đất nông nghiệp	0,35	0,06	0,51	0,08
Đất trống	0,18	0,13	0,16	0,09
Mặt nước	-0,08	0,05	0,46	0,05
Rừng trồng	0,60	0,05	0,67	0,05
Rừng tự nhiên giàu và trung bình	0,59	0,05	0,62	0,03
Rừng tự nhiên nghèo	0,59	0,05	0,61	0,04
Rừng tự nhiên phục hồi	0,62	0,05	0,62	0,04



Hình 6. Giá trị trung bình của NDVI (bên trái), NBR (bên phải) cho các loại đất loại rừng trong 12 tháng của năm 2019

### 3.2. Ngưỡng mất rừng

Các giá trị chênh lệch trung bình, độ lệch chuẩn của các vùng mất rừng theo từng chỉ số NDVI, NBR trong tháng 5/2020 so với tháng

4/2019 được thể hiện như bảng 3. Theo đó, nghiên cứu chọn ngưỡng phân biệt mất rừng là -0,28 ( $\mp$  0,10) cho chênh lệch NDVI và -0,51 ( $\mp$  0,15) cho chênh lệch NBR.

Bảng 3. Giá trị thống kê của chênh lệch NDVI, NBR cho các vùng mất rừng

Chỉ số	Giá trị trung bình	Độ lệch chuẩn
Chênh lệch NDVI	-0,28	0,10
Chênh lệch NBR	-0,51	0,15

### 3.3. Độ chính xác phát hiện mất rừng

Trong tổng số 45 mẫu mất rừng ghi nhận từ tháng 3/2020 đến tháng 5/2020, số lô mất rừng được phát hiện trên ảnh vệ tinh dựa vào chỉ số NDVI, NBR lần lượt là 37 và 32, tương đương với tỉ lệ phát hiện đúng lô mất rừng là 82,22% và 71,11% (Bảng 4). Diện tích của các mẫu mất rừng dao động trong khoảng 0,10 ÷ 23,97 ha với giá trị trung bình là 2,46 ha. Các lô mất rừng được phát hiện trên ảnh vệ tinh dựa vào chỉ số

NDVI có diện tích biến thiên từ 0,26 đến 20,86 ha với giá trị trung bình là 2,39 ha. Trong khi đối với chỉ số NBR, diện tích biến thiên nhỏ hơn từ 0,27 đến 20,31 ha với giá trị trung bình là 2,41 ha. Sai số tuyệt đối trung bình về diện tích là 0,41 và 0,38 ha tương ứng với chỉ số NDVI và NBR. Như vậy, có thể thấy phương pháp phát hiện mất rừng dựa vào chỉ số NDVI cho kết quả tốt hơn so với chỉ số NBR.

Bảng 4. Độ chính xác phát hiện mất rừng trên ảnh vệ tinh theo hai chỉ số NDVI và NBR

Thông số	NDVI	NBR
Số lô mất rừng phân loại trên ảnh vệ tinh đúng với thực tế	37/45	32/45
Tỉ lệ phát hiện đúng lô mất rừng (%)	82,22	71,11
Diện tích của các lô mất rừng (ha)	0,26 ÷ 20,86 (2,39)*	0,27 ÷ 20,31 (2,41)*
Sai số tuyệt đối về diện tích (ha)	0,02 ÷ 3,11 (0,41)*	0,01 ÷ 3,66 (0,38)*

\*Giá trị thứ nhất, thứ hai lần lượt là giá trị nhỏ nhất, lớn nhất. Giá trị trong dấu ngoặc đơn là giá trị trung bình.

### 3.4. Thảo luận

Theo kết quả công bố hiện trạng rừng tỉnh Thừa Thiên - Huế năm 2020 (Quyết định số

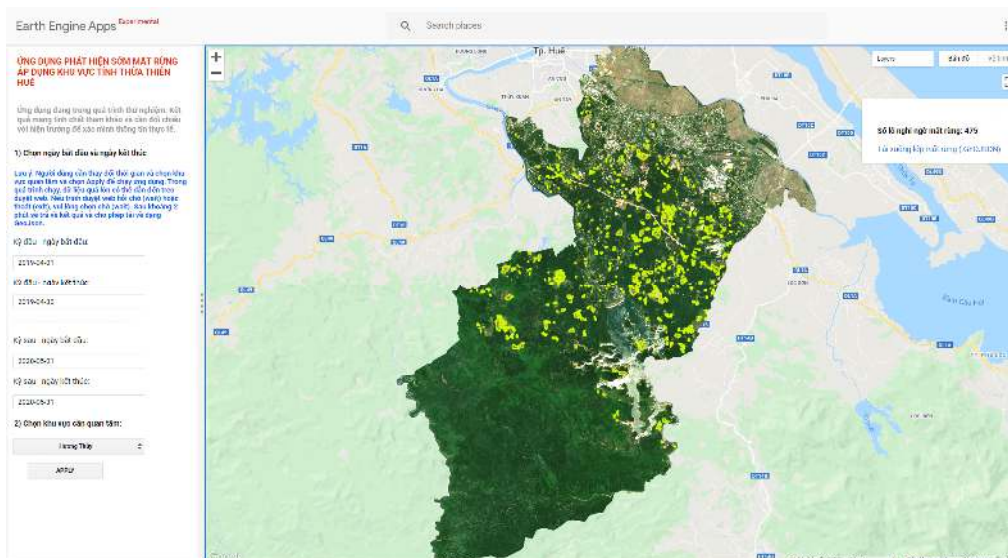
439/QĐ-UBND ngày 27/02/2021), bốn nguyên nhân chủ yếu gây mất rừng tự nhiên trên địa bàn tỉnh bao gồm: (1) chuyển mục đích sử dụng

rừng do phát triển cơ sở hạ tầng như mở các tuyến giao thông, xây dựng hồ thủy điện, thủy lợi; (2) sạt lở; (3) phá rừng trái pháp luật, lấn chiếm rừng; (4) cháy rừng. Trong khi đó, tình trạng suy giảm diện tích rừng trồng bắt nguồn từ năm nguyên nhân chính: (1) khai thác rừng; (2) chuyển mục đích sử dụng rừng; (3) cháy rừng; (4) sạt lở; (5) phá rừng trái pháp luật, lấn chiếm rừng. Các tác nhân mất rừng phần lớn diễn ra vào mùa khô trong năm là điều kiện thuận lợi cho việc ứng dụng ảnh vệ tinh quang học Sentinel-2 miễn phí với phạm vi phủ trùm rộng 290 km/cảnh ảnh, độ phân giải không gian cao 10 m, chu kỳ chụp ảnh ngắn 5 ngày, trong giám sát diễn biến rừng, phát hiện mất rừng trên địa bàn tỉnh.

Các lô rừng bị mất giữa kì đầu và kì sau trên địa bàn nghiên cứu được phát hiện thông qua việc kết hợp ngưỡng có rừng, không có rừng và mất rừng theo hai chỉ số NDVI và NBR. Đối với NDVI, các giá trị lần lượt là NDVI kì đầu  $\geq 0,59$ , NDVI kì sau  $< 0,59$  và chênh lệch NDVI giữa kì sau so với kì đầu  $\leq -0,28$ . Đối với NBR, các giá trị lần lượt là NBR kì đầu  $\geq 0,61$ , NBR kì sau  $< 0,61$  và chênh lệch NBR giữa kì sau so với kì đầu  $\leq -0,51$ . Phần lớn diện tích rừng trên địa bàn tỉnh Thừa Thiên - Huế thuộc kiểu rừng lá rộng thường xanh nên việc áp dụng các ngưỡng trên là phù hợp khi tỉ lệ phát hiện đúng lô mất rừng trên 70%, sai số tuyệt đối trung bình

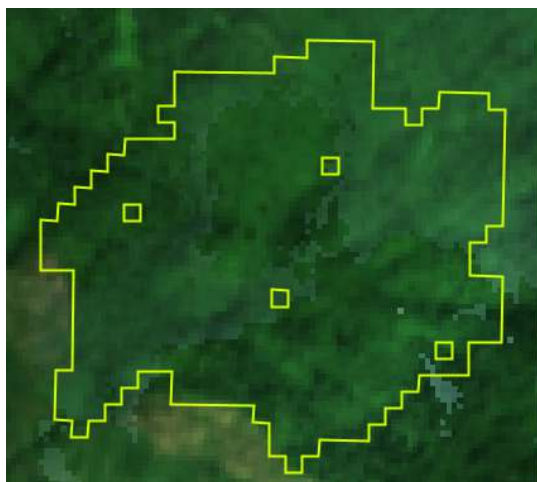
về diện tích dưới 1 ha. Tuy nhiên, nếu áp dụng các ngưỡng trên cho các khu vực có kiểu rừng rụng lá hoặc nửa rụng lá thì cần phải lấy mẫu bổ sung cho các kiểu rừng này, kéo theo thay đổi các giá trị ngưỡng cho phù hợp với điều kiện thực tế.

Thừa Thiên - Huế là tỉnh đầu tiên tại nước ta sử dụng các dữ liệu ảnh vệ tinh để quản lý và bảo vệ rừng. Việc khảo sát thực địa kết hợp với ứng dụng viễn thám kể từ năm 2013 đã giúp lực lượng kiểm lâm kịp thời phát hiện, ngăn chặn các vụ phá rừng trái pháp luật, lấn chiếm rừng. Trong bối cảnh đó, nghiên cứu này đã đưa các ngưỡng giá trị có rừng, không có rừng và mất rừng vào GEE để xây dựng ứng dụng phát hiện mất rừng tự động tại địa chỉ <https://ninhbinhquetoit.users.earthengine.app/view/detectdeforestationth> (Hình 7). Người dùng chỉ cần khai báo kì đầu, kì sau và khu vực cần phát hiện mất rừng. Ứng dụng sẽ tự động tính toán và trả về kết quả là các lô nghi ngờ mất rừng giữa hai kì (Hình 8). Trong năm 2020, cán bộ kiểm lâm tại Chi cục Kiểm lâm Thừa Thiên - Huế và các huyện đã sử dụng ứng dụng này để xác minh hiện trạng và cập nhật diễn biến rừng. Kết quả ứng dụng đã hỗ trợ cập nhật diễn biến rừng hàng năm, góp phần nâng cao hiệu quả quản lý, bảo vệ rừng của lực lượng kiểm lâm tỉnh Thừa Thiên - Huế.

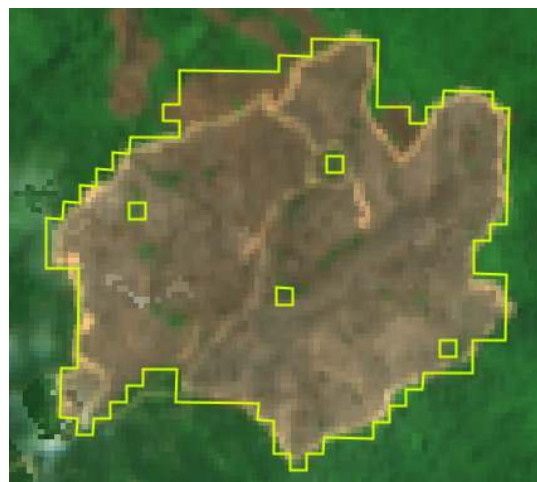


Hình 7. Ứng dụng phát hiện mất rừng thử nghiệm tại tỉnh Thừa Thiên - Huế





(a) Tháng 4/2019



(b) Tháng 5/2020

Hình 8. Ảnh Sentinel-2 tổ hợp màu thật của một lô rừng (đường bao màu lục) trước (a) và sau (b) khi bị mất

#### 4. KẾT LUẬN

Tỉnh Thừa Thiên - Huế có tỉ lệ che phủ rừng lớn, xếp thứ hai tại khu vực Bắc Trung Bộ sau Nghệ An. Tuy số vụ và diện tích rừng bị phá mỗi năm trên địa bàn tỉnh có giảm nhưng tình trạng phá rừng, khai thác rừng trái phép tại những khu rừng tự nhiên, rừng giáp ranh vẫn diễn ra. Nghiên cứu này đã phát triển ứng dụng phát hiện mất rừng trên địa bàn tỉnh Thừa Thiên - Huế dựa trên ảnh vệ tinh quang học Sentinel-2 sử dụng nền tảng trực tuyến GEE. Việc sử dụng ngưỡng có rừng, không có rừng và mất rừng theo hai chỉ số viễn thám NDVI và NBR chứng minh tính phù hợp và hiệu quả khi tỉ lệ phát hiện đúng lô mất rừng trên 70%, sai số tuyệt đối trung bình về diện tích dưới 1 ha. Trong năm 2020, ứng dụng này đã được triển khai thực tế tại Chi cục Kiểm lâm Thừa Thiên - Huế và mang lại hiệu ứng tích cực cho công tác theo dõi, cập nhật diễn biến rừng, tạo tiền đề cho việc hình thành mô hình quản lý và bảo vệ rừng thông qua ảnh viễn thám. Với khả năng tùy biến dễ dàng, miễn phí của mình, ứng dụng này có triển vọng cao để áp dụng cho các địa phương khác có điều kiện tương đồng.

Việc áp dụng chỉ số viễn thám trên ảnh Sentinel-2 để phát hiện mất rừng sẽ phát huy hiệu quả tốt vào các thời điểm mùa khô. Đối với

mùa mưa, do mây thường xuyên che phủ nên khả năng áp dụng của phương pháp này sẽ bị hạn chế. Để khắc phục nhược điểm trên, có thể sử dụng kết hợp ảnh quang học Sentinel-2 với ảnh radar như Sentinel-1.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Thanh Hoàn, Phạm Văn Duẩn, Lê Sỹ Doanh và Nguyễn Văn Dũng (2017), Xác định vị trí mất rừng bằng phương pháp phân tích véc tơ thay đổi đa biến (MCVA) trên tư liệu vệ tinh Landsat-8, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp*. Số 4/2017, 96-105.
2. Phùng Văn Khoa, Nguyễn Quốc Hiệu và Nguyễn Quang Huy (2019), Sử dụng ảnh Landsat 8 và Google Earth Engine để phát hiện mất rừng, suy thoái rừng khu vực Tây Nguyên: Trường hợp ở tỉnh Đắk Nông, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp*. Số 5 - 2019.
3. Nguyễn Văn Thị, Nguyễn Đình Dương và Trần Quang Bảo (2018), Quan hệ giữa tán xạ ngược của ảnh radar Sentinel-1 với chỉ số NDVI của ảnh quang học Sentinel-2: trường hợp nghiên cứu cho đối tượng rừng khộp tại tỉnh Đắk Lắk, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp*. Số 3/2018, 167 - 176.
4. Alfonso Fernandez-manso, Oscar Fernández-Manso and C. Quintano (2016), SENTINEL-2A red-edge spectral indices suitability for discriminating burn severity, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 50, 170-175.
5. Meng Lu, Edzer Pebesma, Alber Sanchez and Jan Verbesselt (2016), Spatio-temporal change detection from multidimensional arrays: Detecting deforestation from MODIS time series, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 117.

6. Mozgovoy Dmitry, Svnarenko Dmytro, Leong Y., Zhigalov K., Tsarev Roman, Yamskikh Tatiana and Bystrova N., (2019), Automated detection of deforestation based on multi-spectrum satellite data, *Journal of Physics: Conference Series*. 1399, 044101.

7. Elena Reinisch, Amanda Ziemann, Eric Flynn, James Theiler (2020), *Combining multispectral imagery and synthetic aperture radar for detecting deforestation*, SPIE Defense + Commercial Sensing, Vol. 11392, SPIE.

8. FAO (2015). The Forest Resource Assessment (FRA): Terms and Definitions.

9. Saleh Muhammad Jaya, I Nengah Santi, Nitya Sutrisno, Dewayany Carolita, Ita Yuxing, Zhang Xuenjun

and Wang Qian Liu (2019), Algorithm for detecting deforestation and forest degradation using vegetation indices, *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)*. 17, 2335.

10. Watanabe Manabu, Christian Koyama, Hayashi Masato, Kaneko Yutaka and Shimada Masanobu (2017), *Development of early-stage deforestation detection algorithm (advanced) with PALSAR-2/ScanSAR for JICA-JAXA program (JJ-FAST)*, 2446-2449.

11. Emre Çolak and Filiz Sunar (2020), Evaluation of forest fire risk in the Mediterranean Turkish forests: A case study of Menderes region, Izmir, *International Journal of Disaster Risk Reduction*. 45, 101479.

## USING SPECTRAL INDICES DERIVED FROM SENTINEL-2 IMAGERY TO DETECT FOREST LOSS IN THUA THIEN - HUE PROVINCE, VIETNAM

**Vu Van Thai<sup>1</sup>, Nguyen Hai Hoa<sup>2</sup>, Le Thi Quynh Hoa<sup>1</sup>,  
Nguyen Minh Ngoc<sup>3</sup>, Tong Phuoc Hoang Hieu<sup>4</sup>, Nguyen Duy Liem<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Greenfield Consulting and Development Company Limited

<sup>2</sup>Vietnam National University of Forestry

<sup>3</sup>Space Technology Institute, Vietnam Academy of Science and Technology

<sup>4</sup>Forest Protection Department of Thua Thien - Hue Province

<sup>5</sup>Nong Lam University – Ho Chi Minh City

### SUMMARY

This study developed a Google Earth Engine application to detect forest loss by using spectral indices derived from Sentinel-2 imagery. The plots of forest loss between the early and later periods were detected based on the thresholds of forested, non-forested and deforested which were determined by Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and Normalized Burn Ratio (NBR) for Thua Thien - Hue province. For NDVI, the value of the early period is greater than or equal to 0.59, the value of the later period is less than 0.59, and the difference between the later and early periods is less than or equal to -0.28. For NBR, the value of the early period is greater than or equal to 0.61, the value of the later period is less than 0.61, and the difference between the later and early periods is less than or equal to -0.51. Accuracy assessment in the period from March to May of 2020 showed that the correct detection rate of forest loss plots was over 70%, the mean absolute error was less than one hectare. These results contribute to monitoring and updating changes in forest resources as well as promptly preventing deforestation and illegal logging in Thua Thien - Hue province. In addition, the application developed in this study can be implemented with minimum effort in other provinces in Vietnam.

**Keywords:** forest loss detection, Google Earth Engine, Normalized Burn Ratio, Normalized Difference Vegetation Index, Sentinel-2, Thua Thien Hue.

Ngày nhận bài : 30/6/2021

Ngày phản biện : 29/7/2021

Ngày quyết định đăng : 11/8/2021