

Bài báo khoa học

Giám sát và kiểm kê phát thải khí nhà kính (CO₂ tương đương) trên cơ sở phân loại lớp phủ bằng ảnh Sentinel 1 tỉnh Quảng Bình

Doãn Hà Phong^{1*}, Nguyễn Huệ²

¹ Viện khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu; doanhaphong@gmail.com;

² Sở Tài nguyên và Môi trường Quảng Bình; nghue66@gmail.com

*Tác giả liên hệ: doanhaphong@gmail.com; Tel.: +84-913212325

Ban Biên tập nhận bài: 2/12/2021; Ngày phản biện xong: 28/1/2022; Ngày đăng bài: 25/3/2022

Tóm tắt: Các-bon dioxide (CO₂) là một trong những khí nhà kính quan trọng có tác động mạnh mẽ và góp phần lớn trong việc biến đổi khí hậu, việc theo dõi xu hướng phát thải khí nhà kính là hết sức cần thiết để có cái nhìn tổng thể nhằm có giải pháp ứng phó biến đổi khí hậu tốt hơn. Ước tính trữ lượng CO₂ trong khí quyển bằng vệ tinh viễn thám là một nghiên cứu khoa học được phát triển nhanh chóng, từ đó có những cơ sở nhất định về chu trình cacbon trên toàn cầu và cung cấp cái nhìn sâu sắc về sự hiện diện của CO₂ trên bề mặt của Trái Đất. Trong nghiên cứu, từ dữ liệu vệ tinh Ra-đa Sentinel 1 tác giả sẽ tiến hành giải đoán lớp phủ và phân tách được riêng lớp phủ rừng. Sau đó sử dụng phần mềm tính toán AFOLU để tính được tổng CO₂ tương đương cho lớp phủ rừng tỉnh Quảng Bình. Đánh giá độ chính xác thảm phủ rừng từ Sentinel-1 có độ chính xác từ nhà sản xuất và độ chính xác từ người dùng lần lượt là 95.83 và 82.14 % cho thấy khả thi trong việc sử dụng ảnh Sentinel 1 để giải đoán rừng. Đến năm 2021, theo tính toán từ AFOLU, nếu thực hiện tốt các biện pháp cải tạo, bảo vệ rừng, Quảng bình tạo ra khoảng trên 68 triệu tấn CO₂ (bao gồm cả giảm phát thải và tăng hấp thụ các-bon rừng) trong thời gian thực hiện đề án từ 2018–2025 và ước đạt trên 400 triệu tấn CO_{2e} vào năm 2025.

Từ khóa: Lớp phủ rừng; CO_{2t}; Sentinel-1; AFOLU; Quảng Bình.

1. Đặt vấn đề

Biến đổi khí hậu (BĐKH) bắt nguồn từ sự phát thải ngày càng dư thừa của khí nhà kính vào khí quyển. Báo cáo khoa học lần thứ 4 (2007) của Ban liên Chính phủ về BĐKH (IPCC) cho thấy nồng độ khí CO₂ đã lên tới 379 ppm (phần triệu thể tích) vào năm 2005 với độ tăng trung bình là 1,4ppm mỗi năm vào thời kỳ 1960–2005 và 1,9ppm vào 10 năm 1995–2005. Lượng phát thải KNK do nhiên liệu hóa thạch hàng năm từ 6,4 tỷ tấn C mỗi năm trong thập kỷ 90 đã lên tới 7,2 tỷ tấn vào giai đoạn 2000–2005. Ngoài ra, nồng độ CH₄ và N₂O từ 715 và 270ppb (phần tỷ thể tích) thời kỳ tiền công nghiệp lên đến 1774 và 319ppb vào năm 2005. Hiệu ứng nhà kính là một trong những nguyên nhân gây nên BĐKH, các chất gây nên hiệu ứng nhà kính bao gồm CO₂, CH₄, N₂O, trong đó CO₂ là nguyên nhân chính gây ra hiệu ứng nhà kính, chiếm 50% trong cơ cấu các chất gây hiệu ứng nhà kính. Vì vậy, việc theo dõi xu hướng phát thải và hấp thụ của các loại khí nhà kính này đều vô cùng cần thiết.

Theo tính toán của các chuyên gia, nếu Quảng Bình bảo vệ rừng tự nhiên tốt và tăng cường trồng rừng gỗ lớn, chuyển đổi rừng gỗ nhỏ sang gỗ lớn và tái sinh rừng tự nhiên hiệu quả thì tỉnh giảm phát thải ròng 2.063.288 tấn CO₂ (sau khi trừ 25% không chắc chắn); đóng góp 10,5% giảm phát thải, hưởng lợi ròng 7.334.233 USD, đứng thứ nhì toàn vùng sau Nghệ An [1]. Trước đây, nhiều quốc gia đã xây dựng các trạm quan trắc mặt đất, các trạm đo này được bố trí ở nhiều địa điểm khác nhau tại những nước khác nhau, sau đó số liệu sẽ được tổng

hợp quản lý theo từng vùng, miền hoặc cả nước, cách thức quản lý này tốn nhiều thời gian và chi phí. Cùng với sự phát triển của khoa học công nghệ, các vệ tinh viễn thám được ứng dụng trong quan trắc các chất khí gây hiệu ứng nhà kính. Các vệ tinh viễn thám có khả năng quan sát trực tiếp sự thay đổi của khí nhà kính trong khí quyển như vệ tinh GOSAT (*Greenhouse Gases Observing Satellite*) của JAXA (*Aerospace Exploration Agency*). Một cách tiếp cận khác là sử dụng ảnh viễn thám để phân loại lớp phủ sau đó sử dụng hệ số phát thải của IPCC để tính toán phát thải cho từng loại hình sử dụng đất. [2] đã ước tính số lượng CO₂ của các khu rừng ở Nhật Bản bằng cách phân biệt chủng loại tuổi cây chính xác bằng cách sử dụng các kỹ thuật viễn thám. Nghiên cứu này ước tính sự hấp thụ CO₂ bởi các khu rừng ở Nhật Bản sử dụng dữ liệu viễn thám trên đất liền của Vệ tinh viễn thám (Landsat) (OLI). Hình ảnh Landsat được sử dụng để xây dựng bản đồ chi tiết về độ che phủ rừng. Ước tính giá trị hấp thụ CO₂ cho từng loại rừng và từng tuổi cây từ dữ liệu điều tra rừng đã được thực hiện. Kết quả bản đồ độ che phủ rừng có bốn lớp và độ chính xác tổng thể mang lại xấp xỉ 74%. Đối với ước tính khối lượng, lỗi bình phương trung bình gốc (RMSE) được tính toán với thông tin tham chiếu mặt đất dẫn đến 105,58 m³/ha. Kết quả cuối cùng cho thấy rằng tổng lượng CO₂ hấp thụ ở Nhật Bản dựa trên các phân lớp rừng tuổi cây mang lại 85,0 Mt×CO₂ (lá kim), 4,76 Mt×CO₂ (lá rộng thường xanh) và 21,61 Mt×CO₂ (lá rộng rụng lá), tổng cộng là 111,27 Mt×CO₂. Sử dụng các kỹ thuật viễn thám để ước tính định lượng sự hấp thụ CO₂ trong các khu rừng Nhật Bản đã được chứng minh là có lợi thế và mang lại nhiều khả năng hơn nữa. [5] đã sử dụng ảnh quang học Sentinel 2 để định lượng CO₂ trên mặt đất. Nghiên cứu này đã sử dụng dữ liệu quang phổ Sentinel-2 trong việc định lượng trữ lượng carbon trong khu vực đô thị có rừng tái sinh. Kết quả cho thấy dữ liệu quang phổ Sentinel-2 ước tính trữ lượng carbon rừng tái sinh đạt RMSE từ 0,378 đến 0,466 t×ha⁻¹ và R² là 79,82 và 77,96% bằng cách sử dụng bộ dữ liệu đã được hiệu chỉnh. Dựa trên các phương pháp lựa chọn biến rừng ngẫu nhiên và phương pháp loại trừ ngược, chỉ số thực vật chênh lệch chuẩn hóa, chỉ số thực vật nâng cao, chỉ số tỷ lệ đơn giản đã sửa đổi và chỉ số thực vật chênh lệch chuẩn hóa là tập hợp con tốt nhất của các biến dự báo về trữ lượng carbon. Những phát hiện này chứng minh giá trị và triển vọng của dữ liệu quang phổ Sentinel-2 để dự đoán trữ lượng carbon trong các cảnh quan đô thị có rừng tái sinh. Thông tin này rất quan trọng đối với việc áp dụng các chính sách và kế hoạch quản lý có thông tin để tối ưu hóa khả năng hấp thụ carbon của các cảnh quan rừng tái sinh đô thị và cải thiện tiềm năng giảm thiểu biến đổi khí hậu của chúng.

Các cách tiếp cận này chủ yếu mới tiếp cận theo hướng sử dụng ảnh viễn thám quang học, bị hạn chế nhiều bởi thời tiết và mây. Trong nghiên cứu này tác giả sẽ sử dụng dữ liệu ảnh Radar Sentinel 1 để thử nghiệm phân loại các lớp thảm phủ sau đó sử dụng công cụ tính toán AFOLU để tính được tổng CO₂ tương đương cho khu vực tỉnh Quảng Bình. Quảng Bình là một trong những tỉnh và vùng duyên hải thực hiện đề án REDD+. Toàn tỉnh có diện tích rừng và đất lâm nghiệp là 64.777 ha, trong đó rừng tự nhiên 472.949 ha, tỷ lệ che phủ đạt 67,4%. Tỉnh xác định vùng ưu tiên thực hiện REDD+ cũng như vùng ưu tiên thực hiện đề án, bao gồm 6 huyện và 19 xã [3].

Tuy nhiên, Quảng Bình sẽ phải đối mặt với một số bất lợi do chưa có các mô hình quản lý rừng bền vững đối với rừng trồng và diện tích rừng trồng cung cấp gỗ lớn không nhiều trong khi rừng tự nhiên vẫn chưa dừng được đà suy thoái và mất rừng. Vậy nên cần thiết xây dựng một bộ công cụ tính toán để giám sát CO₂ rừng cho khu vực tỉnh Quảng Bình. Nghiên cứu sẽ tập trung nghiên cứu khả năng ứng dụng viễn thám và phần mềm AFOLU trong giám sát CO₂ rừng khu vực Quảng Bình.

2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Đối tượng và dữ liệu nghiên cứu

Quảng Bình là một tỉnh thuộc duyên hải thuộc vùng Bắc Trung Bộ, Việt Nam, nằm trải dài từ 16°55' đến 18°05' vĩ Bắc và từ 105°37' đến 107°00' kinh Đông, cách thủ đô Hà Nội

500 km về phía Bắc, cách thành phố Đà Nẵng 267 km về phía Nam theo đường Quốc lộ 1A. Có vị trí địa lý: Phía bắc giáp tỉnh Hà Tĩnh; Phía nam giáp tỉnh Quảng Trị; Phía tây giáp tỉnh Khammuane, tỉnh Savannakhet, Lào với đường biên giới 201,87 km; Phía đông giáp Biển Đông. Tỉnh Quảng Bình có diện tích 8.065,3 km², dân số năm 2019 là 895.430 người, mật độ dân số đạt 110 người/km². Quảng Bình là tỉnh có chiều rộng hẹp nhất theo chiều Đông–Tây của Việt Nam (50 km theo đường ngắn nhất tính từ biên giới Lào ra biển Đông).



Hình 1. Bản đồ hành chính tỉnh Quảng Bình.

Dữ liệu được sử dụng trong nghiên cứu là dữ liệu ảnh Sentinel 1. Để có thể phân loại cho khu vực tỉnh Quảng Bình cần thiết sử dụng ảnh với các thông tin chi tiết như trong bảng 1.

Bảng 1. Thông tin cảnh ảnh Sentinel 1 sử dụng trong nghiên cứu.

STT	Tên ảnh	Ngày thu nhận	Quý	Chế độ nhận tín hiệu	Loại ảnh	Phân cực
1	S1A_IW_GRDH_1SDV_20211118T110512_20211118T110537_040625_04D1CE_863 (2)	18/11/2021	1	128	IW	GR VV+V D H

Là khu vực có điều kiện khí hậu phức tạp, chịu nhiều ảnh hưởng của thời tiết, vì vậy, đã có nhiều nghiên cứu sử dụng các ảnh vệ tinh Quang học nghiên cứu và đề xuất các lớp phủ tại địa bàn trong điều kiện thời tiết quang mây, đối với ảnh vệ tinh radar không phụ thuộc thời tiết nhưng cũng có thể cho các kết quả phân loại lớp phủ theo phương pháp random forrest phù hợp với điều kiện địa phương.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp phân loại ảnh vệ tinh radar

a) Tiền xử lý ảnh SAR

Để phân loại được ảnh Radar cần tiền xử lý ảnh. Chi tiết các bước tiền xử lý được thể hiện ở hình 2.



Hình 2. Các bước tiền xử lý ảnh vệ tinh Radar Sentinel 1.

Bước xử lý đầu tiên đối với các ảnh vệ tinh Sentinel 1 là áp dụng tệp quỹ đạo trong các sản phẩm Sentinel-1 để cung cấp thông tin vận tốc và vị trí vệ tinh chính xác. Chúng được phần mềm SNAP tự động tải xuống cho các sản phẩm Sentinel-1 và được thêm vào tệp siêu dữ liệu.

Sau khi gắn quỹ đạo vệ tinh, áp dụng hiệu chỉnh bức xạ cho ảnh SAR để các giá trị pixel của ảnh thực sự đại diện cho tán xạ ngược radar của bề mặt phản xạ [4]. Hiệu chỉnh bức xạ cũng cần thiết để so sánh các hình ảnh SAR thu được bằng các cảm biến khác nhau hoặc thu được từ cùng một cảm biến tại các thời điểm khác nhau, ở các chế độ khác nhau hoặc được xử lý bởi các bộ xử lý khác nhau [5].

Sau khi cả hai hình ảnh đã được hiệu chỉnh bức xạ ở bước trước tiến hành đăng ký cho cặp ảnh. Ngay cả khi cả hai hình ảnh được thu thập từ cùng một quỹ đạo, sự khác biệt giữa các góc tới có thể gây ra vị trí pixel không chính xác trong các phần của hình ảnh. Những khác biệt này được xác định và bù đắp bởi toán tử Coregistration (trong Radar > Coregistration) tạo ra một sản phẩm đầu ra có chứa cả hai hình ảnh với lớp phủ hình học tốt nhất có thể [6].

Vết đốm, xuất hiện trong ảnh radar khẩu độ tổng hợp (SAR) dưới dạng nhiễu hạt, là do sự giao thoa của các sóng phản xạ từ nhiều bộ tán xạ cơ bản [7]. Vết đốm trong ảnh SAR làm phức tạp vấn đề giải đoán, nhận dạng ảnh do làm giảm hiệu quả của việc phân đoạn và phân loại ảnh. Để giảm bớt các tác động có hại của đốm, bước lọc ảnh là cần thiết.

Bước cuối cùng ảnh sẽ được nắn chỉnh hình học, đăng ký và chuyển đổi về hệ tọa độ WGS84 múi 48.

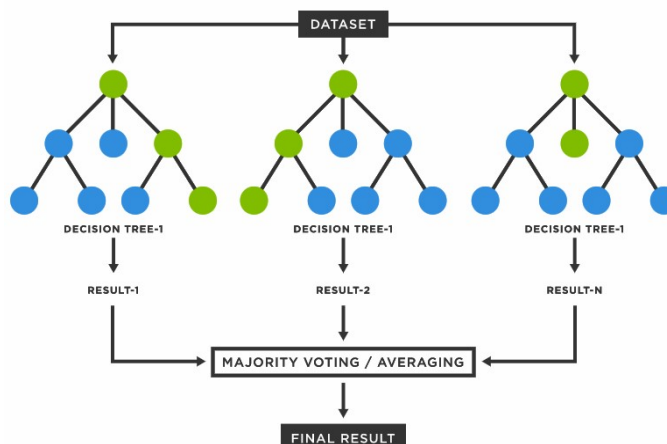
b) Sử dụng phương pháp Random forest phân loại có giám sát ảnh SAR

Trong nghiên cứu này để đánh giá khả năng phân loại thảm phủ cho ảnh Sentinel 1 bài báo sẽ tiến hành phân loại thành các lớp thảm phủ chính là đất dân cư, đất nông nghiệp, đất rừng, đất mặt nước, sau đó tách riêng thảm phủ rừng. Phương pháp phân loại được lựa chọn ở đây là phương pháp phân loại Random forest.

Rừng ngẫu nhiên là một thuật toán học máy có giám sát [8]. Đây là một trong những thuật toán được sử dụng nhiều nhất do tính chính xác, đơn giản và linh hoạt của nó. Thực tế là nó có thể được sử dụng cho các nhiệm vụ phân loại và hồi quy, kết hợp với tính chất phi tuyến tính của nó, làm cho nó có khả năng thích ứng cao với nhiều loại dữ liệu và tình huống [9–10].

Thuật ngữ “rừng quyết định ngẫu nhiên” lần đầu tiên được đề xuất vào năm 1995 [11]. Họ đã phát triển một công thức sử dụng dữ liệu ngẫu nhiên để tạo ra các dự đoán. Sau đó vào năm 2006, [12] đã mở rộng thuật toán và tạo ra các khu rừng ngẫu nhiên như chúng ta biết ngày nay (Hình 3). Điều này có nghĩa là công nghệ này và toán học và khoa học đằng sau nó, vẫn còn tương đối mới.

Nó được gọi là “rừng” vì nó mọc lên một rừng cây quyết định [13]. Dữ liệu từ những cây này sau đó được hợp nhất với nhau để đảm bảo đưa ra những dự đoán chính xác nhất. Trong khi cây quyết định một mình có một kết quả và phạm vi nhóm hẹp, rừng đảm bảo kết quả chính xác hơn với số lượng nhóm và quyết định lớn hơn. Nó có thêm lợi ích là thêm tính ngẫu nhiên vào mô hình bằng cách tìm ra tính năng tốt nhất trong số một tập hợp con ngẫu nhiên của các tính năng [14]. Nhìn chung, những lợi ích này tạo ra một mô hình có tính đa dạng rộng mà nhiều nhà khoa học dữ liệu ưa thích.



Hình 3. Minh họa rừng ngẫu nhiên (*Random forest*) với hệ thống cây quyết định.

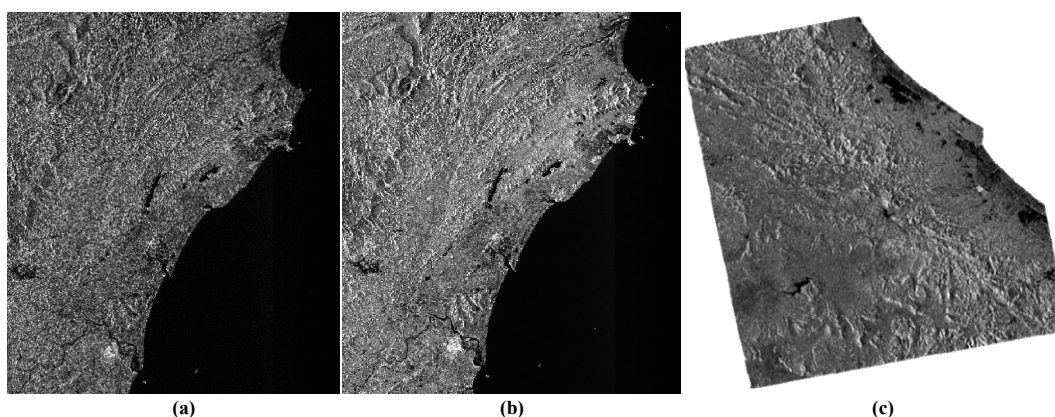
c) Sử dụng AFOLU để tính CO₂ tương đương cho rừng

AFOLU Calculator sử dụng các phương pháp tính toán dựa trên IPCC cho phép người dùng ước tính lợi ích CO₂ và các tác động tiềm ẩn về khí hậu của tám loại hoạt động dự án trên đất liền khác nhau: bảo vệ rừng, quản lý rừng, trồng/ tái trồng rừng, nông lâm kết hợp, quản lý đất trồng trọt, quản lý đất chăn thả, suy thoái rừng do củi đốt, và hỗ trợ/ phát triển các chính sách [15]. Mỗi công cụ này trong AFOLU Calculator sẽ ghi lại các phương pháp một cách minh bạch, thảo luận về các giả định và trình bày dữ liệu cơ bản cùng với các nguồn không chắc chắn liên quan của nó [16].

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả tiền xử lý ảnh

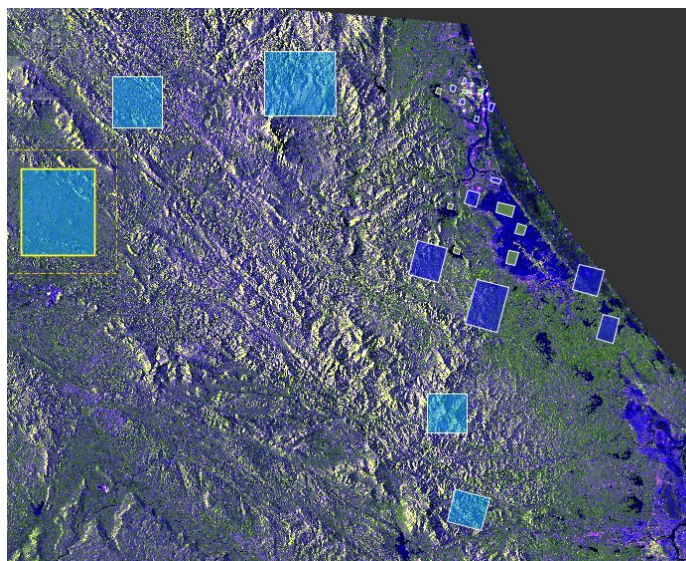
Kết quả tiền xử lý ảnh cho ảnh Sentinel 1 giải đoán cho khu vực tỉnh Quảng Bình được thể hiện ở Hình 4.



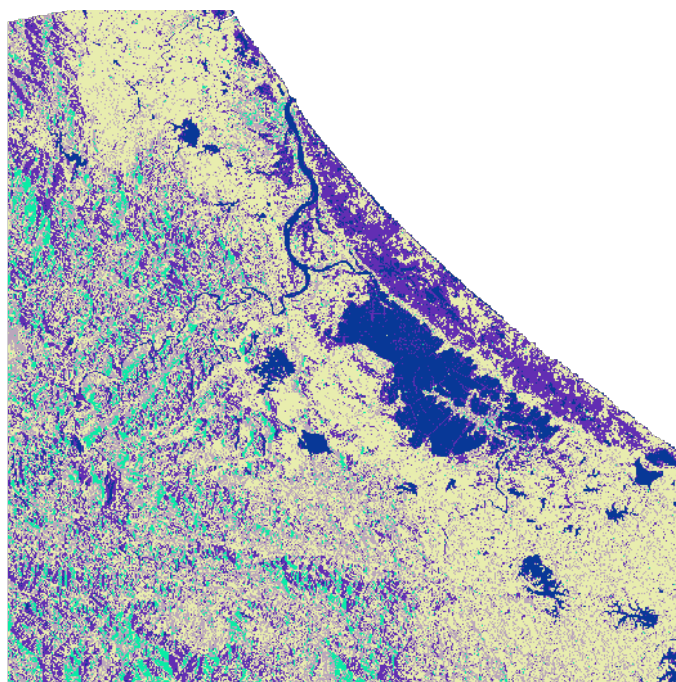
Hình 4. Kết quả tiền xử lý ảnh cho ảnh Sentinel 1: a) Ảnh thô (Raw); b) Ảnh sau khi hiệu chỉnh bức xạ, lọc ảnh; c) Ảnh sau khi tiền xử lý.

3.2. Kết quả tạo bộ dữ liệu huấn luyện và giải đoán ảnh

Kết quả tạo bộ dữ liệu huấn luyện dựa trên ảnh tổ hợp RGB từ các ảnh phân cực Radar (R: VH, G: VV, B: VH/VV).

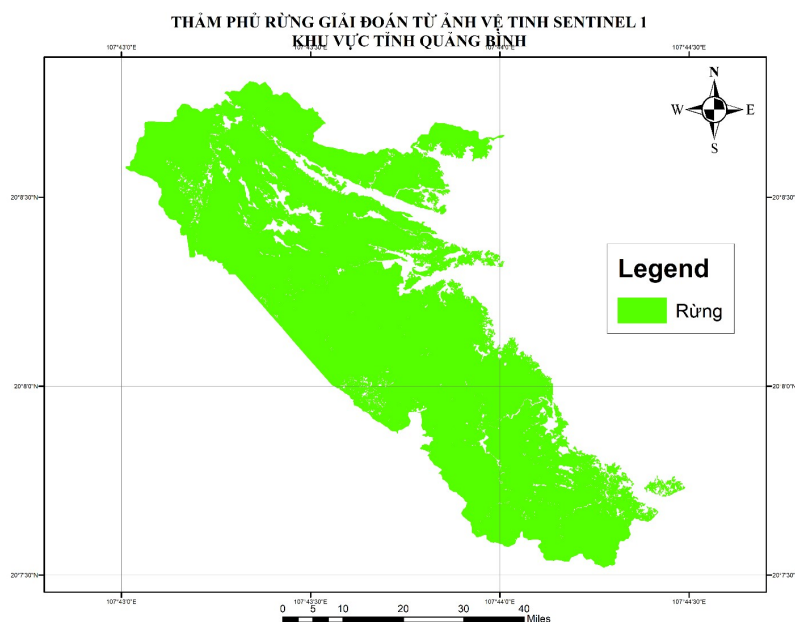


Hình 5. Bộ dữ liệu huấn luyện tổ hợp màu R: VH, G: VV, B: VH/VV.



Hình 6. Kết quả giải đoán thô ảnh vệ tinh Sentinel-1 Quảng Bình.

Sau quá trình giải đoán thô tiến hành biên tập, hiệu chỉnh bằng tay trên ArcGis và kết quả cuối cùng được trình bày ở Hình 7. Để đánh giá độ chính xác của phương pháp phân loại do không có điều kiện thu thập dữ liệu trong quá khứ vậy nên bài báo đã sử dụng nguồn dữ liệu ảnh google earth để tham khảo và kiểm chứng. Một bộ sưu tập 150 điểm khảo sát ngẫu nhiên được tạo bằng phương pháp random point trên phần mềm Erdas với từng đối tượng phân loại để đánh giá và kiểm chứng. Kết quả cuối cùng được chi tiết trên Bảng 2.



Hình 7. Kết quả phân loại thảm phủ cho tỉnh Quảng Bình.

Bảng 2. Đánh giá độ chính xác kết quả phân loại.

Tên lớp	Tổng điểm tham chiếu	Tổng điểm phân loại	Số điểm chính xác	Độ chính xác nhà sản xuất	Độ chính xác người dùng
Thủy hệ	20	21	17	100%	88,91%
Dân cư	23	21	19	82,61%	90,48%
Nông nghiệp	39	30	32	82,05%	94,12%
Rừng	24	28	23	95,83%	82,14%

Độ chính xác tổng = 88.8%; Hệ số Kappa = 0.85

Kết quả đánh giá độ chính xác cuối cùng cho thấy thảm phủ rừng có độ chính xác khá cao với độ chính xác nhà sản xuất và người dùng lần lượt là 95,83 và 82,14 % cho thấy khả thi trong việc sử dụng ảnh Sentinel 1 để giải đoán rừng.

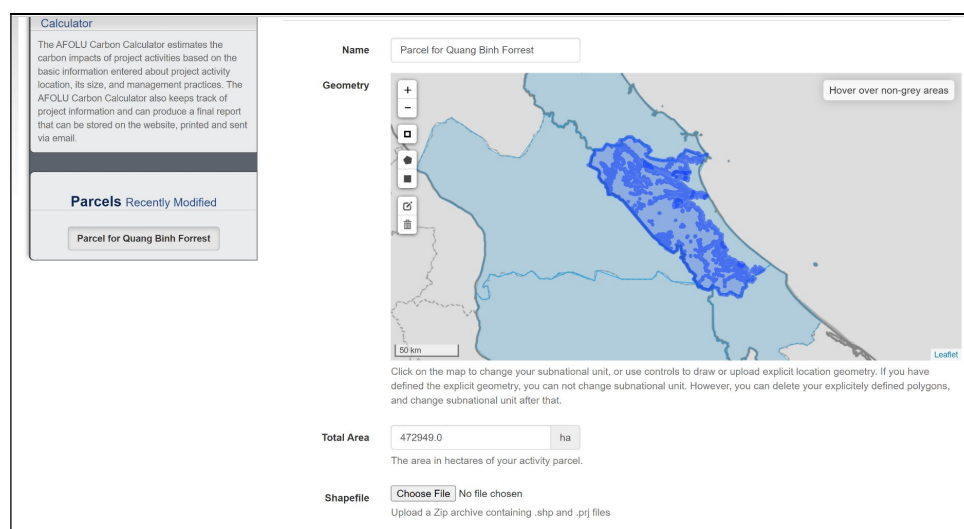
3.3. Kết quả tính CO_2 tương đương trên AFOLU

Từ diện tích rừng tách được Mô tả tham số đầu vào cho mô hình AFOLU tính toán phát thải CO_2 cho rừng tự nhiên khu vực tỉnh Quảng Bình. Thông số cài đặt được liệt kê trong bảng 3.

Bảng 3. Các tham số đầu vào cho mô hình tính toán AFLOU.

STT	Loại tham số đầu vào	Tham số	Tham số lựa chọn
1		Thực hành quản lý	Quản lý rừng tự nhiên hỗn hợp
2		Loại hoạt động	Rừng trồng khai thác xen lẫn rừng tự nhiên
3		Tuổi trồng	1 năm *
4		Loại cây ưu thế	Rừng nhiệt đới
5		Hiệu quả	- Phần trăm hiệu quả: 100% nếu thực hiện đúng các yêu cầu pháp lý - Tuổi của dự án: 7 năm (tính cho giai đoạn đến 2018–2025) - Số năm cho đến khi phát huy hết tác dụng: 30 năm (năm bắt đầu dự án đến 2050)

STT	Loại tham số đầu vào	Tham số	Tham số lựa chọn
6	Đầu vào nâng cao	Khai thác	- Tỷ lệ khai thác trước can thiệp: 24,98 m³/ha/năm* - Tỷ lệ khai thác sau can thiệp: 600000,0 m³/ha/năm* - Diện tích thu hoạch hàng năm: 120000,0 ha
7		Sinh khối sống	- Loài: - Sinh khối sống ban đầu: 65,0 tấn C/ha⁻¹ - Sinh khối sống quay vòng mở rộng: 2,0 tấn C/ha⁻¹ - Tốc độ tăng sinh khối: 1,3 tấn C/ha⁻¹/năm - Mật độ gỗ: 0,57 g/cm³* - Cây Carbon: 156,0 t C/ha*
9		Thời gian quay vòng khai thác	- Vòng quay cơ sở: 38,5 năm - Vòng quay mở rộng: 20 năm
10		Giảm tác động của các công trình giao thông	- Tỷ lệ giảm khu vực trượt: 90% - Tỷ lệ đường và nền trồng bị giảm: 90%
11		Sản phẩm gỗ	Hiệu suất chuyển đổi: 50%



Hình 8. Khu vực lớp phủ rừng tỉnh Quảng Bình khi đưa vào phần mềm AFOLU.

Kết quả tính toán được thể hiện ở bảng 4.

Bảng 4. Kết quả tính toán CO₂ rừng tỉnh Quảng Bình sử dụng AFOLU.

Năm	Đánh giá lợi ích (%)	Lợi ích năm (t CO ₂)	Lợi ích tích lũy (t CO ₂)
2021	23	-68.565.633.697	-68.565.633.697
2022	27	-78.360.724.225	-146.926.357.922
2023	30	-88.155.814.753	-235.082.172.675
2024	33	-97.950.905.281	-333.033.077.956
2025	37	-107.745.995.809	-440.779.073.765

Thế mạnh để phát triển lâm nghiệp và có sức cạnh tranh lớn về kinh tế rừng, nhưng hiện nay, việc trồng rừng ở Quảng Bình phần lớn là rừng sản xuất kinh doanh gỗ nhỏ. Với 1ha rừng trồng bình thường sau 5 năm cho thu hoạch được 80–90 m³ gỗ và chỉ bán được khoảng 50 triệu đồng. Nhưng, nếu cải tạo thành rừng gỗ lớn, sau 5 đến 7 năm nữa sẽ cho thu về từ

350–500 m³ gỗ và giá trị tăng lên rất nhiều lần. Gỗ keo, tràm có thể làm các vật dụng trong nhà tốt như một số loại gỗ rừng tự nhiên. Thêm vào đó, hiện nay, nguyên liệu chế biến dăm giấy lại dư thừa, thị trường và giá thành tiêu thụ có xu hướng giảm, dẫn đến đời sống người làm rừng khó khăn [17]. Tại Quảng Bình, đến năm 2025, toàn tỉnh sẽ trồng được 16.210 ha rừng trồng gỗ lớn và cấp Chứng chỉ quản lý rừng bền vững FSC cho 7.000 ha rừng trồng phục vụ cho nhu cầu chế biến tinh sâu [17]. Đến năm 2021, theo tính toán từ AFOLU, nếu thực hiện tốt các biện pháp cải tạo, bảo vệ rừng, Quảng bình tạo ra khoảng trên 68 triệu tấn CO₂e (bao gồm cả giảm phát thải và tăng hấp thụ các-bon rừng) trong thời gian thực hiện đề án từ 2018–2025 và ước đạt trên 400 triệu tấn CO₂e vào năm 2025.

4. Kết luận

Với mục đích để nâng cao giá trị trên một đơn vị diện tích rừng trồng trực tiếp gần thời gian thực vệ tinh miễn phí Sentinel-1, thí điểm cho lớp phủ rừng nhằm đáp ứng tăng thu nhập, xóa nghèo và góp phần xây dựng nông thôn mới, trên cơ sở hướng dẫn của Bộ Nông nghiệp–PTNT, kết quả cho thấy việc sử dụng bộ công cụ viễn thám và phần mềm tính toán AFOLU trong công tác quản lý rừng tại Quảng Bình là hoàn toàn khả thi.

Việc quản lý thông tin từ vệ tinh Sentinel-1 với độ phân giải 12,5 m và không phụ thuộc thời tiết hỗ trợ công tác từng bước chuyển đổi cơ cấu sản phẩm gỗ rừng trồng từ khai thác gỗ non phục vụ chế biến dăm xuất khẩu sang kinh doanh gỗ lớn phục vụ chế biến tinh, sâu, đáp ứng bối cảnh hội nhập quốc tế; giúp đồng thời, đẩy mạnh tổ chức sản xuất dưới nhiều hình thức theo hướng mở rộng, hợp tác, liên doanh, liên kết giữa các hộ gia đình, cá nhân và doanh nghiệp nhằm nâng cao giá trị gia tăng của sản phẩm hàng hóa sử dụng gỗ rừng trồng, góp phần tạo việc làm, xóa đói giảm nghèo, cải thiện sinh kế cho người dân sống bằng nghề rừng.

Hơn thế nữa, phát triển rừng gỗ lớn không chỉ mang lại mục tiêu lợi ích về kinh tế cao mà còn tăng tính phòng hộ của rừng, như: giảm xói mòn, chống sạt lở, rửa trôi đất..., góp phần bảo vệ môi trường sinh thái và chống biến đổi khí hậu.

Hạn chế của nghiên cứu là do sử dụng mỗi ảnh radar nên độ chính xác của kết quả phân loại vẫn chưa cao, độ chính xác phân loại lớp rừng chỉ là 82% vậy nên cần thiết nghiên cứu kết hợp thêm dữ liệu quang học để kết quả phân loại sẽ được tốt hơn trong các nghiên cứu sau này

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: D.H.P.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: N.H.; Xử lý số liệu: D.H.P.; Phân tích mẫu: D.H.P.; Lấy mẫu: N.H.; Viết bản thảo bài báo: N.H.; Chỉnh sửa bài báo: D.H.P.

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. Đề án “Phát triển vùng nguyên liệu gỗ rừng trồng gắn với trồng rừng gỗ lớn tỉnh Quảng Bình giai đoạn 2019–2025”.
2. Iizuka, K.; Tateishi, R. Estimation of CO₂ Sequestration by the Forests in Japan by Discriminating Precise Tree Age Category using Remote Sensing Techniques. *Remote Sens.* **2015**, *7*, 15082–15113.
3. Dự án sáng kiến REDD+ tỉnh Quảng Bình, 2016.
4. Band Radar (PolSAR) and Landsat 8 Multispectral Imagery – Richards Island, Canada, (2014). *Remote Sens.* **2014**, *6*, 8565–8593.
5. Mngadi, M.; Odindi, J.; Mutanga, O. The Utility of Sentinel-2 Spectral Data in Quantifying Above-Ground Carbon Stock in an Urban Reforested Landscape. *Remote Sens.* **2021**, *13*, 4281. <https://doi.org/10.3390/rs13214281>.

6. Ullmann, T.; Schmitt, A.; Roth, A.; Duffe, J.; Dech, S.; Hubberten, H.W.; Baumhauer, R. Land Cover Characterization and Classification of Arctic Tundra Environments by Means of Polarized Synthetic Aperture X- and C-.
7. Verrelst, J.; Rivera, J.P.; Veroustraete, F.; Muñoz-Mari, J.; Clevers, J.G.P.W.; Camps-Valls, G.; Moreno, J. Experimental Sentinel-2 LAI estimation using parametric, non-parametric and physical retrieval methods – A comparison. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* **2015**, *108*, 260–272.
8. Betts, R.A.; Falloon, P.D.; Goldewijk, K.K.; Ramankutty, N. Biogeophysical effects of land use on climate: Model simulations of radiative forcing and large-scale temperature change. *Agric. For. Meteorol.* **2007**, *142*, 216–233. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2006.08.021>.
9. Berners-Lee, M.; Hoolohan, C.; Cammack, H.; Hewitt, C.N. The relative greenhouse gas impacts of realistic dietary choices. *Energy Policy* **2021**, *43*, 184–190. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.12.054>.
10. Branca, G.; Hissa, H.; Benez, M.C.; Medeiros, K.; Lipper, L.; Tinlot, M.; Bockel, L.; Bernoux, M. Capturing synergies between rural development and agricultural mitigation in Brazil. *Land Use Policy* **2013**, *30*, 507–518. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2012.04.021>.
11. Frampton, W.J.; Dash, J.; Watmough, G.; Milton, E.J. Evaluating the capabilities of Sentinel-2 for quantitative estimation of biophysical variables in vegetation. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* **2013**, *82*, 83–92.
12. Gao, B. NDWI–A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sens. Environ.* **1996**, 257–266.
13. Torres, R.; Snoeij, P.; Geudtner, D.; Bibby, D.; Davidson, M.; Attema, E.; Rostan, F. GMES Sentinel-1 mission. *Remote Sens. Environ.* **2012**, *120*, 9–24.
14. Gessner, U.; Machwitz, M.; Conrad, C.; Dech, S. Estimating the fractional cover of growth forms and bare surface in savannas. A multi-resolution approach based on regression tree ensembles. *Remote Sens. Environ.* **2013**, *129*, 90–102.
15. Abdalla, M.; Osborne, B.; Lanigan, G.; Forristal, D.; Williams, M.; Smith, P.; Jones, M.B. Conservation tillage systems: a review of its consequences for greenhouse gas emissions. *Soil Use Manage.* **2013**, *29*, 199–209.
16. Bathiany, S.; Claussen, M.; Brovkin, V.; Raddatz, T.; Gayler, V. Combined biogeophysical and biogeochemical effects of large-scale forest cover changes in the MPI earth system model. *Biogeosciences* **2010**, *7*, 1383–1399. <https://doi.org/10.5194/bg-7-1383-2010>.
17. Forkuor, G.; Conrad, C.; Thiel, M.; Ullmann, T.; Zoungrana, E. Integration of Optical and Synthetic Aperture Radar Imagery for Improving Crop Mapping in Northwestern Benin, West Africa. *Remote Sens.* **2014**, *6*, 6472–6499.

Monitoring and inventory of greenhouse gas emissions (CO₂ equivalent) on the basis of overlay classification by Sentinel-1 image, Quang Binh province

Doan Ha Phong^{1*}, Nguyen Hue²

¹ Institute of Meteorology, Hydrology and Climate Change; doanphong@gmail.com

² Department of Natural Resources and Environment Quang Binh; nghue66@gmail.com

Abstract: Carbon dioxide (CO₂) is one of the important greenhouse gases that has a strong impact and makes a big contribution to climate change overview to have a better solution to climate change. Estimating CO₂ stocks in the atmosphere by satellite remote sensing is a rapidly evolving scientific study that provides a solid basis for the global carbon cycle and

provides insight into the occurrence of carbon dioxide in the atmosphere. the presence of CO₂ on the Earth's surface. In the study, from Radar Sentinel 1 satellite data, the author will interpret the cover and separate the forest cover. Then use AFOLU calculation software to calculate the equivalent total CO₂ for forest cover in Quang Binh province. The assessment of forest cover accuracy from Sentinel-1 has an accuracy of Producers accuracy and Users Accuracy of 95.83 and 82.14%, respectively, showing that it is feasible to use Sentinel 1 images for forest interpretation. By 2021, according to calculations from AFOLU, if measures to improve and protect forests are well implemented, Quang Binh will generate over 68 million tons of CO₂ (including reducing emissions and increasing forest carbon absorption) during the project implementation period from 2018–2025 and is estimated to reach over 400 million tons of CO_{2e} by 2025.

Keywords: Forest cover; CO_{2e}; Sentinel-1; AFOLU; Quang Binh.