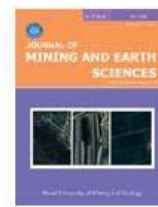




Journal of Mining and Earth Sciences

Website: <https://jmes.humg.edu.vn>



Assessment of the potential use of the Radar Vegetation Index (RVI) using Sentinel-1 imagery for monitoring vegetation cover: A case study in Thanh Hoa province, Vietnam



Hang Minh Le, Hai Hong Vu Le *, Dung Van Nguyen

Institute of Construction Technology, Le Quy Don Technical University, Hanoi, Vietnam,

ARTICLE INFO

Article history:
Received 23rd July 2025
Revised 10th Nov. 2025
Accepted 20th Dec. 2025

Keywords:
NDVI index,
RVI index,
Sentinel-1,
Vegetation cover.

ABSTRACT

Changes in the surface vegetation cover occur continuously over time as a result of the influence of anthropogenic activities, natural hazards, and the dynamics of vegetation development. The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and the Enhanced Vegetation Index (EVI) are two examples of optical remote sensing indices that are routinely used to monitor vegetation cover at the present time. The optical indices, on the other hand, are frequently constrained by the weather conditions, which results in the collecting of data being interrupted. In order to overcome this constraint, the authors propose the utilization of the Radar Vegetation Index (RVI), which is produced from Synthetic Aperture Radar (SAR) data obtained from Sentinel-1A, for the purpose of monitoring landscape vegetation cover. The research findings show that RVI values follow a pattern of variation that corresponds to the stages of paddy rice growth. Additionally, the Pearson correlation coefficient (r) and p -value were employed to examine the correlation between the RVI (provided by Sentinel-1) and the NDVI (provided by Sentinel-2) for various vegetation categories. Perennial crops, industrial crops, and paddy rice demonstrated correlation coefficients of 0.675, 0.700, and 0.563, respectively, with p -values at or below 0.05. In particular for industrial and perennial crops, our results show that RVI often varies in correlation with NDVI. It is confirmed that the RVI is sensitive to the dynamics of vegetation, which is comparable to that of standard optical indices such as the NDVI. This study contributes to the enhancement of the usefulness of RVI in vegetation cover monitoring.

Copyright © 2026 Hanoi University of Mining and Geology. All rights reserved.

**Corresponding author*

E - mail: lhvh108@lqdtu.edu.vn

DOI: 10.46326/JMES.2026.67(1).06



Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

Trang điện tử: <https://tapchi.humg.edu.vn>

Đánh giá khả năng sử dụng chỉ số RVI (Radar Vegetation Index) trên ảnh vệ tinh Sentinel-1 trong giám sát lớp phủ thực vật: Thử nghiệm tại tỉnh Thanh Hóa, Việt Nam

Lê Minh Hằng, Lê Vũ Hồng Hải *, Nguyễn Văn Dũng

Viện Kỹ thuật Công trình đặc biệt, Học viện Kỹ thuật Quân sự, Hà Nội, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

TÓM TẮT

Quá trình:

Nhận bài 23/7/2025

Sửa xong 10/11/2025

Chấp nhận đăng 20/12/2025

Từ khóa:

Chỉ số NDVI,

Chỉ số RVI,

Lớp phủ thực vật,

Sentinel-1A.

Thảm thực vật trên bề mặt trái đất luôn thay đổi theo thời gian do sự tác động của con người, tai biến thiên nhiên và do quá trình sinh trưởng của cây. Hiện nay, lớp phủ thực vật thường được giám sát dựa trên các chỉ số thực vật của viễn thám quang học như chỉ số NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) và EVI (Enhanced Vegetation Index). Do ảnh hưởng của điều kiện thời tiết nên chỉ số quang học thường không được xác định liên tục. Vì vậy, trong nội dung bài báo, các tác giả đề xuất phương pháp giám sát lớp phủ thực vật sử dụng chỉ số thực vật radar RVI (Radar Vegetation Index) trên ảnh vệ tinh Sentinel-1A. Kết quả nghiên cứu cho thấy giá trị RVI biến đổi tương đồng với quá trình sinh trưởng của lúa. Đồng thời, các tác giả cũng nghiên cứu về mức độ tương quan giữa chỉ số thực vật RVI trên ảnh Sentinel-1 và chỉ số thực vật NDVI trên ảnh Sentinel-2 đối với từng loại thực vật dựa trên hệ số tương quan Pearson (r) và giá trị p -value. Hệ số tương quan (r) tại ba vị trí thử nghiệm là cây lâu năm, cây công nghiệp và cây lúa lần lượt là 0,675, 0,700 và 0,563 và giá trị p -value đều nhỏ hơn 0,05. Như vậy, chỉ số RVI có xu hướng biến đổi tương quan với chỉ số NDVI, đặc biệt đối với loại cây lâu năm và cây công nghiệp. Kết quả nghiên cứu cho thấy sự nhạy cảm với thực vật của chỉ số RVI tương tự như chỉ số NDVI, đồng thời góp phần nâng cao khả năng ứng dụng chỉ số RVI trong giám sát lớp phủ thực vật.

© 2026 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

*Tác giả liên hệ

E - mail: lhvh108@lqdtu.edu.vn

DOI: 10.46326/JMES.2026.67(1).06

1. Mở đầu

Lớp phủ thực vật đóng vai trò quan trọng trong việc điều hòa khí hậu toàn cầu và giảm thiểu tác động của biến đổi khí hậu. Thảm thực vật bao gồm rừng, cây xanh đô thị, cây bụi, thảm cỏ và các

loại cây trồng. Với sự phát triển của khoa học công nghệ, các chỉ số thực vật (Vegetation Indices-VIs) xác định từ dữ liệu viễn thám hiện đang là dữ liệu quan trọng trong việc giám sát lớp phủ thực vật trên quy mô khu vực và liên tục. Các chỉ số thực vật được phát triển dựa trên năng lượng phản xạ hoặc tán xạ của sóng điện từ ở các dải sóng khác nhau. Các chỉ số thực vật phổ biến trong giám sát thảm thực vật như chỉ số NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) (Rouse và nnk., 1973; Huete và nnk., 2002), chỉ số EVI (Enhanced Vegetation Index) (Huete và nnk., 2002) được xác định từ dữ liệu vệ tinh quang học và các chỉ số thực vật được xác định từ ảnh vệ tinh siêu cao tần như chỉ số RVI (Radar Vegetation Index) (Hu và nnk., 2024). Các chỉ số thực vật quang học gặp khó khăn do ảnh hưởng của thời tiết nên không thu nhận được liên tục. Ngược lại, chỉ số RVI của vệ tinh siêu cao tần cho phép quan sát được lớp phủ thực vật theo chu kỳ chụp ảnh do không ảnh hưởng bởi điều kiện thời tiết. Các nghiên cứu về chỉ số thực vật đã cho thấy chỉ số RVI cho hiệu quả cao trong việc phản ánh mật độ và cấu trúc tán cây, đặc biệt là ở những khu vực thường xuyên bị mây che phủ hoặc điều kiện khí hậu bất lợi cho ảnh quang học (Hu và nnk., 2024). Trong những năm gần đây, nhiều nghiên cứu đã tập trung so sánh hiệu quả của chỉ số RVI với các chỉ số thực vật quang học truyền thống như NDVI và EVI nhằm xác định tính ứng dụng trong các môi trường và loại hình thảm thực vật khác nhau.

Tác giả Kim và cộng sự (Kim và nnk., 2014) đã thực hiện một nghiên cứu so sánh giữa các chỉ số thực vật trên ảnh Landsat-8 như NDVI, SAVI (Soil-Adjusted Vegetation Index) và chỉ số RVI sử dụng dữ liệu vệ tinh Radarsat -2. Mục tiêu chính là đánh giá khả năng thay thế của chỉ số RVI cho các chỉ số thực vật trên ảnh quang học trong điều kiện thời tiết xấu hoặc ban đêm. Kết quả cho thấy RVI có xu hướng biến đổi tương đồng với NDVI và SAVI ở bốn loại lớp phủ bề mặt gồm đô thị, rừng, mặt nước và ruộng lúa. Đặc biệt, vùng rừng có giá trị RVI cao do tán lá dày gây tán xạ khối mạnh, trong khi vùng nước có giá trị thấp. Mặc dù tồn tại nhiều tín hiệu trong dữ liệu radar nhưng sau khi lọc nhiễu thì chỉ số RVI đạt hệ số tương quan cao với chỉ số SAVI ($R \approx 0,76$). Điều này chứng minh tiềm năng ứng dụng chỉ số RVI như một chỉ số thay thế hiệu quả trong giám sát thực vật.

Tác giả Gonenc và cộng sự (Gonenc và nnk., 2019) đã khảo sát hai chỉ số thực vật chính là chỉ số RVI và chỉ số thực vật NDVI. Để tính toán chỉ số RVI, tác giả Gonenc sử dụng dữ liệu phân cực đầy đủ của vệ tinh Radarsat-2. Chỉ số NDVI được xác định từ vệ tinh Landsat-8. Tác giả sử dụng 100 điểm kiểm tra. Kết quả nghiên cứu cho thấy mối tương quan tốt giữa các chỉ số RVI và NDVI.

Tác giả Chang và cộng sự (Chang và nnk., 2024) đã chỉ ra các chỉ số dựa trên dữ liệu radar như chỉ số PRVI (Polarimetric Radar Vegetation Index) mang lại nhiều ưu điểm bổ sung cho khả năng chụp ảnh trong mọi điều kiện thời tiết, phạm vi bao hòa rộng hơn và độ nhạy cao với cấu trúc của thảm thực vật so với các chỉ số thực vật quang học như NDVI hay EVI.

Tác giả Thomas và cộng sự (Thomas và nnk., 2025) đã nghiên cứu mối quan hệ giữa chỉ số NDVI và dữ liệu ảnh SAR (Synthetic Aperture Radar) ở nhiều tần số, tập trung vào dữ liệu băng tần S và C, phân tích bổ sung cho băng tần X và L. Kết quả nghiên cứu cho thấy có mối tương quan cao giữa dữ liệu ảnh SAR ở băng tần S và C với chỉ số NDVI tại các cánh đồng. Dữ liệu phân cực chéo (HV và VH) thể hiện mối quan hệ này với hệ số tương quan Pearson lớn hơn 0,5 trên tất cả các cánh đồng. Còn đối với dữ liệu đồng phân cực (HH hoặc VV) thì mối quan hệ này chỉ được thể hiện ở một số cánh đồng và loại cây trồng.

Tác giả Wu và cộng sự (Wu và nnk., 2025) đã nghiên cứu mối tương quan giữa các chỉ số thực vật quang học (NDVI, EVI và DVI- Difference Vegetation Index) trên ảnh Sentinel-2 và các tham số xác định trên ảnh Sentinel-1A tại khu vực trồng cây nông nghiệp. Kết quả nghiên cứu cho thấy hệ số tán xạ ngược VH có mối tương quan đáng kể nhất với các chỉ số thực vật quang học qua các giai đoạn thời gian, trong khi đó, chỉ số VV, RVI và CR (Cross-polarization Ratio) có mối tương quan yếu hoặc không nhất quán. Kết quả nghiên cứu cũng nhấn mạnh chỉ số hình dạng cảnh quan (LSI-landscape shape index) và kích thước ô xác định cũng ảnh hưởng đáng kể đến mối tương quan giữa hai tập dữ liệu. LSI lớn hoặc kích thước ô lớn hơn sẽ làm tăng mối quan hệ tương quan giữa VH, VV, RVI và NDVI/DVI.

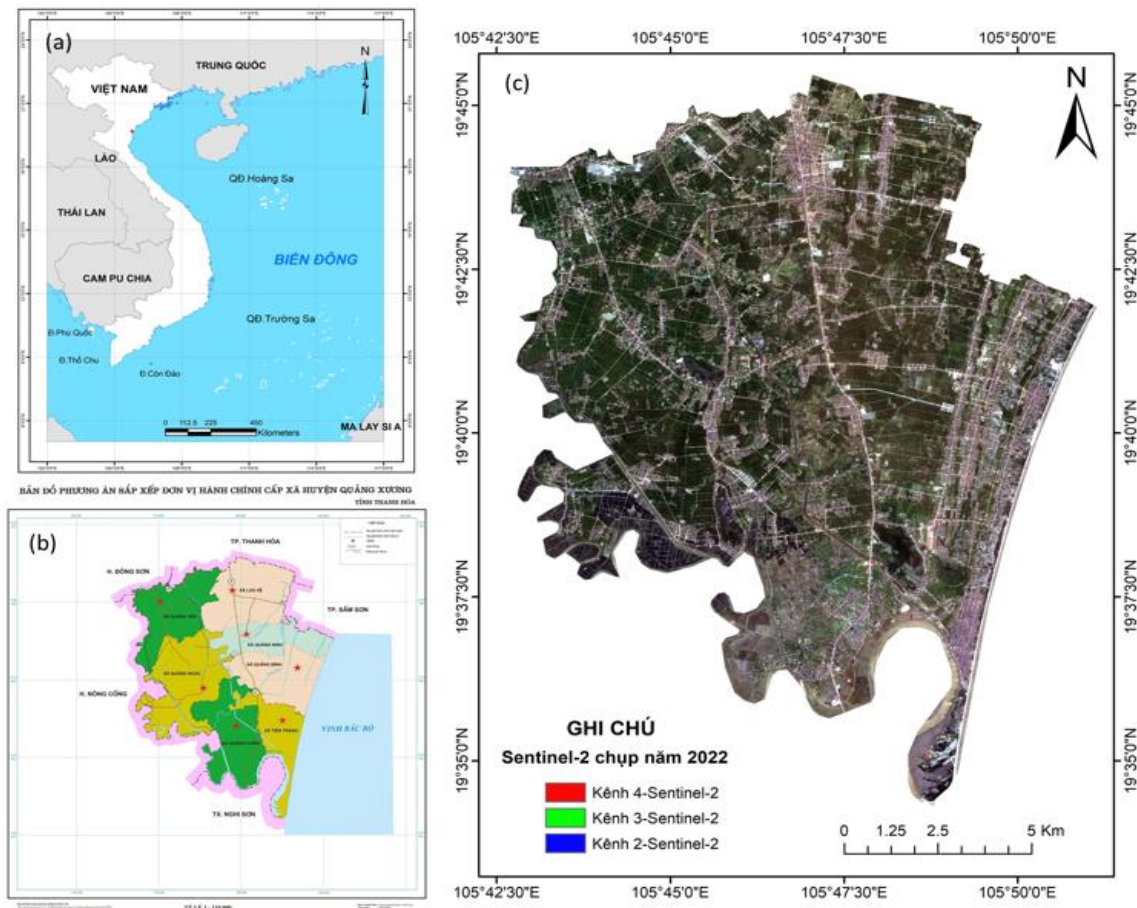
Tại Việt Nam, các nhà khoa học đang nghiên cứu ứng dụng các chỉ số thực vật quang học như NDVI, EVI,... để giám sát thảm thực vật (Nguyễn, 2023). Tác giả Spracklen và Spracklen (Spracklen và Spracklen, 2021) đã kết hợp ảnh Sentinel-1 và Sentinel-2 để lập bản đồ tuổi rừng và rừng trồng keo tại Bắc Trung Bộ, Việt Nam. Trong nội dung bài báo, tác giả Spracklen và cộng sự đã kết hợp chỉ số GLCM (Grey-Level Co-Occurrence Matrix), NDVI, RVI, RSI (Radar Squared Index), CR, NBR (Normalised Burn Ratio), SRR (SWIR-Red ratio) để xác định tuổi rừng và rừng trồng keo bằng thuật toán Random Forest. Tác giả Phung và cộng sự (Phung và nnk., 2020) đã sử dụng ảnh phân cực VH của vệ tinh Sentinel-1 đa thời gian để theo dõi lúa tại đồng bằng sông Cửu Long. Tác giả Van Pham và cộng sự (Van Pham và nnk., 2019) đã kết hợp ảnh Sentinel-1A và dữ liệu GIS để ước lượng sinh khối rừng và phát thải carbon đối với rừng nhiệt đới tại Thuận Châu. Các nghiên cứu sử dụng chỉ số thực vật RVI còn hạn chế. Do đó, trong nội

dung bài báo, các tác giả nghiên cứu phương pháp xác định chỉ số thực vật radar RVI từ tư liệu ảnh Sentinel-1 và đánh giá so sánh với chỉ số thực vật quang học NDVI từ ảnh Sentinel-2 trong giám sát lớp phủ thực vật.

2. Khu vực nghiên cứu và dữ liệu thử nghiệm

2.1. Khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu thuộc các xã Quảng Yên, Lưu Vê, Quảng Ninh, Quảng Bình, Quảng Ngọc, Quảng Chính và xã Tiên Trang thuộc tỉnh Thanh Hóa (Hình 1b). Đây là các xã sau khi sáp nhập theo Nghị quyết số 1686/NQ-UBTVQH15 (UBTVQH, 2025). Khu vực nghiên cứu có đặc điểm địa hình điển hình của vùng đồng bằng ven biển với độ cao trung bình thấp hơn 10 m so với mặt nước biển và có xu thế thấp dần từ tây sang đông. Khu vực có hệ thống sông ngòi dày đặc, cung cấp nước phục vụ



Hình 1. Vị trí khu vực nghiên cứu. (a) Vị trí nghiên cứu trên bản đồ Việt Nam; (b) Bản đồ các đơn vị hành chính cấp xã huyện Quảng Xương sau 01/07/2025; (c) Ảnh Sentinel-2 chụp năm 2022 đã lọc mây.

cho sinh hoạt và sản xuất của toàn khu vực. Phía đông của khu vực tiếp giáp biển Đông, với đường bờ biển dài khoảng 20 km. Khu vực có hệ sinh thái rừng ngập mặn, bãi triều, đầm phá.

Đặc điểm khí hậu của khu vực là nhiệt đới gió mùa với mùa hè (từ tháng 5 đến tháng 8) và mùa đông (từ tháng 11 đến tháng 2). Lượng mưa trung bình hàng năm khoảng từ 1.800÷2.200 mm, tập trung chủ yếu trong mùa mưa từ tháng 5 đến tháng 10.

Diện tích đất nông nghiệp chiếm 60% tổng diện tích đất tự nhiên, chủ yếu là đất trồng lúa, hoa màu, cây ăn quả và nuôi trồng thủy sản ven sông-ven biển (Chi cục Thống kê tỉnh Thanh Hóa, 2022).

2.2. Dữ liệu thử nghiệm

Dữ liệu thử nghiệm bao gồm tư liệu ảnh Sentinel-1 và Sentinel-2 đa thời gian được khai thác từ nguồn dữ liệu trên Google Earth Engine (GEE, 2025). Các thông tin về dữ liệu ảnh thử nghiệm được thể hiện trong Bảng 1.

Bảng 1. Thông số của dữ liệu thử nghiệm.

Thông số	Dữ liệu vệ tinh
Sentinel-1	
Ngày chụp	01/01/2022÷30/12/2023
Chế độ chụp	IW/Kênh C
Mức xử lý	GRD
Hướng chụp	Ascending
Phân cực	VV và VH
Độ phân giải	10 m
Sentinel-2	
Ngày chụp	Từ 01/2022÷12/2023 (15 cảnh ảnh)
Tỷ lệ mây	Dưới 20%
Kênh	2,3,4,8,11,12
Mức xử lý	Level-2A
Độ phân giải	10 m

Dữ liệu Sentinel-1 được khai thác từ GEE đã được thực hiện các bước tiền xử lý gồm khử nhiễu nhiệt, hiệu chuẩn đo bức xạ, hiệu chỉnh địa hình bằng dữ liệu SRTM 30 hoặc ASTER DEM. Dữ liệu được chuyển về giá trị dB (decibel) (GEE, 2025).

Dữ liệu ảnh Sentinel-2 được khai thác từ kho dữ liệu của GEE. Dữ liệu Sentinel-2 thử nghiệm là dữ liệu đã xử lý ở mức Level-2A và đưa về giá trị phản xạ phổ mặt đất. Độ phân giải không gian là 10 m. Dữ liệu Sentinel-2 được lựa chọn dữ liệu không mây để xác định chỉ số thực vật NDVI (GEE, 2025).

3. Phương pháp nghiên cứu

3.1. Xác định chỉ số thực vật RVI

Chỉ số thực vật radar RVI là một đại lượng dùng trong viễn thám radar nhằm đánh giá độ ngẫu nhiên của tán xạ từ thảm thực vật. Chỉ số RVI dựa trên giả thiết mô hình tán xạ khối (volume scattering) của thảm thực vật, trong đó cây cối được coi như một tập hợp vô số hạt phân tán với hướng phân bố ngẫu nhiên. Cụ thể, chỉ số RVI được định nghĩa nhằm đo mức độ tán xạ ngẫu nhiên của thực vật. Chỉ số RVI được cho là ít nhạy cảm hơn với góc tới và các thay đổi về điều kiện môi trường. Đây là một chỉ số phân cực thích hợp nhất để giám sát mức độ sinh trưởng của thực vật thông qua chuỗi thời gian.

Ban đầu, chỉ số thực vật radar (RVI) được xác định cho dữ liệu bốn phân cực (quad-pol) theo công thức của (Kim and Van Zyl, 2004; 2009).

$$RVI = \frac{8\sigma_{HV}^0}{\sigma_{HH}^0 + \sigma_{VV}^0 + 2\sigma_{HV}^0} \quad (1)$$

Trong đó: σ_{HV}^0 - giá trị sigma naught của tán xạ ngược phân cực HV; σ_{HH}^0 - giá trị sigma naught của tán xạ ngược phân cực HH; σ_{VV}^0 - giá trị sigma naught của tán xạ ngược phân cực VV.

Tuy nhiên, trong thực tế, chỉ hai phân cực thường được thu nhận, với một phân cực phát và hai phân cực thu. Do đó, chỉ số RVI được điều chỉnh dưới giả định rằng dữ liệu tán xạ phân cực chéo và hai dữ liệu tán xạ phân cực đồng pha là tương đương, ví dụ: $\sigma_{HH}^0 \approx \sigma_{VV}^0$ và $\sigma_{HV}^0 \approx \sigma_{VH}^0$.

Khi đó, chỉ số RVI có thể được tính khi chỉ sử dụng hai phân cực, như sau (Charbonneau và nnk., 2005).

$$RVI = \frac{4\sigma_{VH}^0}{\sigma_{VV}^0 + \sigma_{VH}^0} \quad (2)$$

Trong đó: σ_{VV}^0 - giá trị sigma naught của tán xạ ngược phân cực VV; σ_{VH}^0 - giá trị sigma naught của tán xạ ngược phân cực VH.

Tuy nhiên, giá trị σ_{VH}^0 và σ_{VV}^0 cần được tính chuyển từ giá trị dB về đơn vị năng lượng. Công thức (2) được thể hiện như sau.

$$RVI = \frac{10|4\sigma_{VH}^0|/10}{10|\sigma_{VV}^0|/10 + 10|\sigma_{VH}^0|/10} \quad (3)$$

RVI thường có giá trị từ 0÷1 và là một thước đo thể hiện mức độ ngẫu nhiên của tán xạ. Với một

bề mặt đất trống và bằng phẳng, RVI sẽ xấp xỉ bằng 0 và giá trị này tăng lên khi độ phủ thực vật tăng.

3.2. Xác định chỉ số thực vật NDVI

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) là một trong những chỉ số được sử dụng phổ biến nhất. Phương pháp NDVI khai thác hai vùng phổ của bức xạ điện từ: vùng ánh sáng nhìn thấy (visible) và vùng cận hồng ngoại (near infrared). Khi ánh sáng mặt trời chiếu lên bề mặt vật thể, một số bước sóng nhất định bị hấp thụ, trong khi các bước sóng khác được phản xạ. Sắc tố diệp lục (chlorophyll) trong lá cây hấp thụ mạnh ánh sáng đỏ ($0,4 \div 0,7 \mu\text{m}$) để quang hợp, trong khi cấu trúc tế bào của lá lại phản xạ mạnh bức xạ cận hồng ngoại ($0,7 \div 1,1 \mu\text{m}$). Từ cơ sở đó, chỉ số NDVI được xác định theo công thức (Rouse và nnk., 1973).

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}} \quad (4)$$

Trong đó, ρ_{NIR} và ρ_{RED} lần lượt là giá trị phản xạ mặt đất của bước sóng cận hồng ngoại và bước sóng đỏ.

Cây xanh phản xạ bức xạ cận hồng ngoại ở mức cao, trong khi lại hấp thụ mạnh ánh sáng đỏ. Giá trị NDVI có thể nằm trong khoảng từ -1 đến +1. Giá trị NDVI rất thấp ($\geq 0,1$) thường gắn liền với vùng đất trống, cát, đá hoặc đất bạc màu. Giá trị trung bình ($0,2 \div 0,3$) chỉ ra các vùng cây bụi hoặc đồng cỏ, trong khi giá trị cao ($0,6 \div 0,8$) cho thấy rừng rậm nhiệt đới hoặc rừng rậm ẩm. Các giá trị âm thường thể hiện nước, tuyết, băng hoặc vùng đất trống không có thảm thực vật.

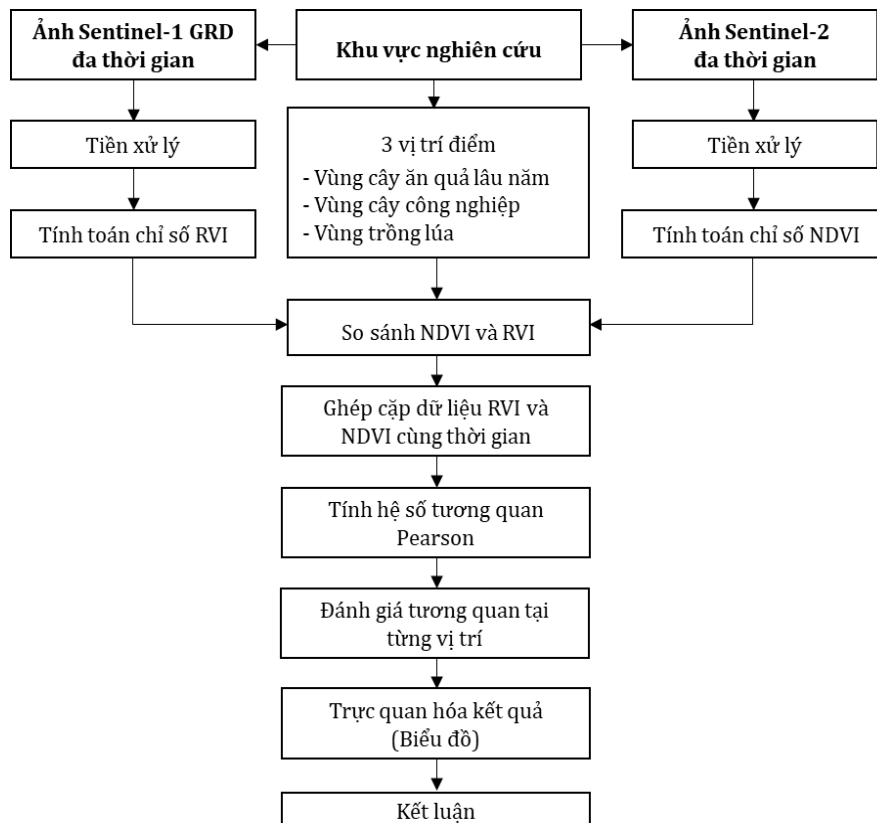
3.3. Phương pháp nghiên cứu

Trong nội dung bài báo, các tác giả sử dụng nền tảng GEE để thực hiện phương pháp đề xuất.

Dữ liệu ảnh vệ tinh Sentinel-1A và Sentinel-2 được khai thác trên kho dữ liệu của GEE. Sau đó, thực hiện quá trình xác định chỉ số RVI và NDVI và đánh giá xu hướng biến đổi giữa hai chỉ số này tại ba vị trí vùng cây ăn quả lâu năm, vùng cây công nghiệp và vùng trồng lúa trong khoảng thời gian từ năm 2022÷2023.

Quy trình thực hiện được thể hiện trên Hình 2 gồm các bước chính như sau:

- Khởi tạo dữ liệu và vùng nghiên cứu.



Hình 2. Quy trình nghiên cứu đánh giá chỉ số RVI trong giám sát lớp phủ thực vật.

- Xác định khu vực nghiên cứu trên GEE: Chọn 3 vị trí điểm cụ thể đặc trưng cho 3 vùng để phân tích chi tiết.

- Xử lý ảnh radar Sentinel-1 và tính chỉ số RVI. Chuyển đổi giá trị từ thang đo dB sang giá trị năng lượng. Tính RVI theo công thức (3).

- Tính chỉ số NDVI từ dữ liệu Sentinel-2 theo công thức (4).

- So sánh và đánh giá tương quan giữa hai chỉ số NDVI và RVI tại điểm đặc trưng.

- Ghép cặp dữ liệu RVI và NDVI cùng thời gian và tính hệ số tương quan Pearson giữa RVI và NDVI.

- Đánh giá kết quả so sánh.

4. Kết quả thử nghiệm và thảo luận

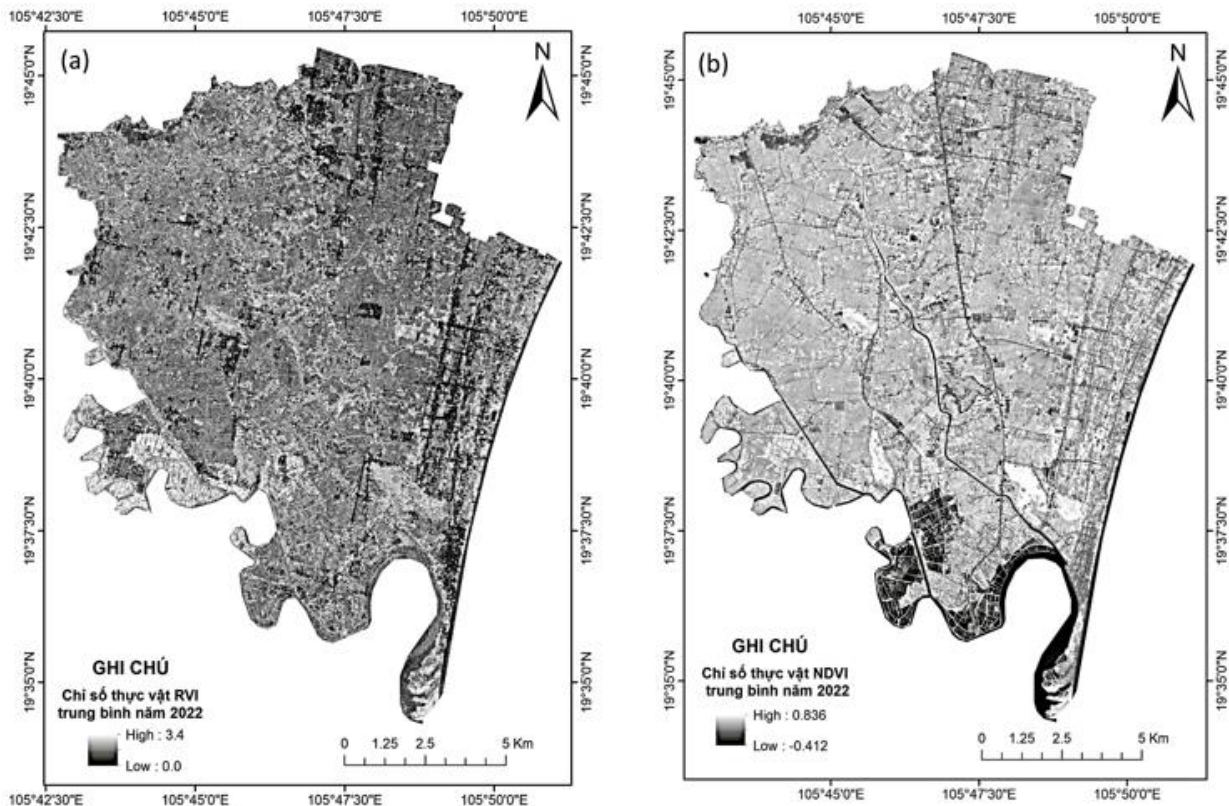
4.1. Kết quả đạt được

Trên Hình 3 thể hiện ảnh chỉ số RVI và NDVI trung bình của năm 2022. Giá trị NDVI dao động trong khoảng từ -0,412 đến +0,836 (Hình 3b). Các đối tượng thực vật có giá trị NDVI cao từ +0,4 đến +0,836. Hình 3a thể hiện giá trị trung bình RVI trong năm 2022. Các đối tượng là nhà sẽ có giá trị rất thấp gần 0, các đối tượng thực vật có giá trị từ

0,5÷1,0. Một số đối tượng đất trống, bị cày xới thì có giá trị RVI lớn hơn 1,0 (Hình 3a).

Để đánh giá độ nhạy của chỉ số thực vật RVI với đối tượng thực vật, các tác giả đề xuất xác định hệ số tương quan giữa chỉ số RVI và NDVI. Chỉ số thực vật NDVI được xác định trên ảnh vệ tinh quang học được chứng minh là chỉ số chuẩn hóa để đánh giá sức khỏe và mật độ của thảm thực vật trên bề mặt Trái đất. Do đó, nếu kết quả chứng minh chỉ số RVI có hệ số tương quan cao với chỉ số NDVI thì chứng tỏ chỉ số thực vật RVI cũng phản ánh tốt mật độ của thảm thực vật. Trong nội dung bài báo, các tác giả thử nghiệm đánh giá tại ba loại cây trồng phổ biến tại khu vực nghiên cứu là cây lúa, cây lâu năm và cây công nghiệp (Hình 4).

Trong bài báo, các tác giả sử dụng hệ số tương quan Pearson (Pearson Correlation Coefficient), ký hiệu là r , là một chỉ số thống kê dùng để đo lường mức độ và hướng của mối quan hệ tuyến tính giữa hai biến định lượng liên tục. Hệ số tương quan có giá trị từ -1 đến +1. Nếu r gần tới giá trị 1 hoặc -1 cho thấy mối quan hệ tuyến tính cao giữa hai tập dữ liệu. Nếu r gần với giá trị 0 cho thấy không có mối quan hệ tuyến tính giữa hai biến. P-value (hay giá trị p) trong hệ số tương quan



Hình 3. Ảnh chỉ số thực vật RVI và chỉ số thực vật NDVI trung bình năm 2022.



Hình 4. Ảnh chụp vị trí thử nghiệm (Nguồn: Google Earth Engine, 2025).

Pearson là một giá trị xác suất được sử dụng để kiểm định giả thuyết thống kê về việc liệu có tồn tại mối quan hệ tương quan tuyến tính giữa hai tập mẫu hay không. Nếu $p\text{-value} < 0,05$ thì có thể kết luận rằng có một mối tương quan tuyến tính giữa hai biến. Nếu ngược lại $p\text{-value} > 0,05$ thì có thể kết luận rằng không có đủ bằng chứng thống kê để kết luận có tương quan tuyến tính giữa hai biến. Kết quả đánh giá tương quan giữa chỉ số RVI và NDVI bằng hệ số tương quan Pearson (r) được thể hiện trong Bảng 2.

Bảng 2. Kết quả đánh giá tương quan giữa chỉ số RVI và chỉ số NDVI.

Loại cây	Hệ số tương quan Pearson (r)	p-value
Cây lâu năm	0,675	0,01
Cây công nghiệp	0,700	0,03
Cây lúa	0,563	0,04

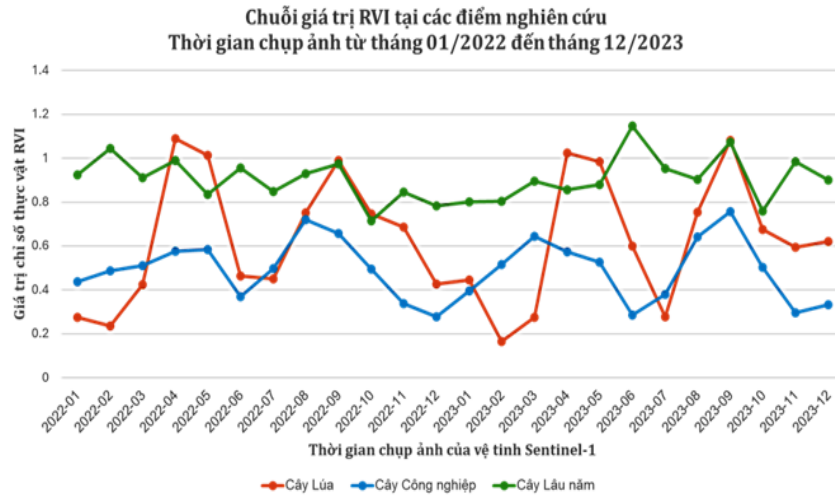
4.2. Thảo luận

Kết quả trên Hình 5 cho thấy giá trị chỉ số RVI dao động tương đối đều trong cả năm 2022 và 2023. Xét giá trị RVI trong một chu trình sinh trưởng của cây lúa (Hình 5). Theo lịch gieo trồng của huyện Quảng Xương (cũ), tỉnh Thanh Hóa (UBND huyện Quảng Xương, 2022) thì từ ngày 15/01/2022-20/01/2022 sẽ chủ động nước, đất vằn cho vụ Trà lúa Xuân muộn. Do đó, giá trị RVI tháng 01 khá thấp khoảng 0,3. Ngày trở là 25/04/2022-30/4/2022 và ngày thu hoạch là từ 25/05/2022-30/05/2022. Như vậy, tại tháng 4 và tháng 5 thì cây lúa có giá trị RVI cao, phản ánh quá trình sinh trưởng mạnh của cây và mật độ tán. Sau tháng 05 là thời điểm gieo cấy vụ mùa trong năm.

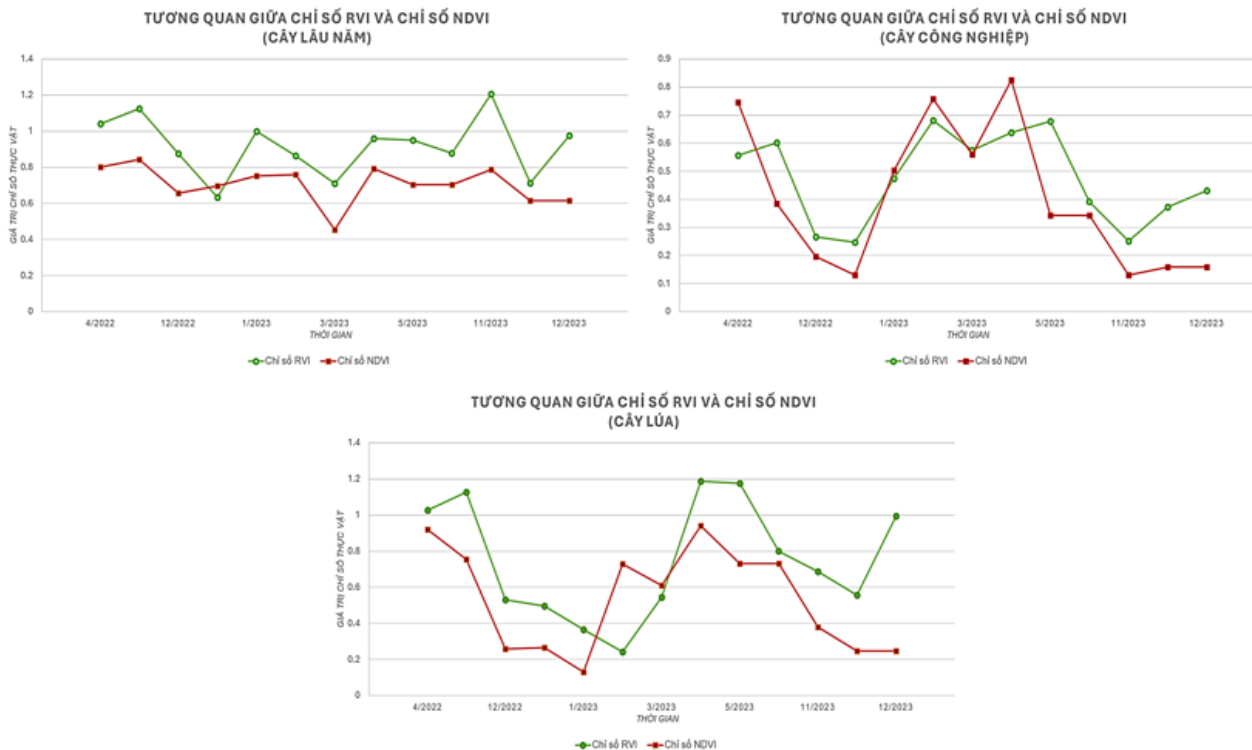
Như vậy, giá trị RVI biến thiên tương ứng với quá trình sinh trưởng của cây lúa. Trên Hình 5 cũng thể hiện giá trị RVI tương đối ổn định trong khoảng thời gian từ tháng 01/2022 đến tháng 12/2023 đối với loại cây lâu năm. Như vậy, biến thiên giá trị RVI trên ảnh đa thời gian Sentinel-1A tương ứng với quá trình sinh trưởng của cây.

Trên Bảng 2 thể hiện giá trị tương quan của chỉ số RVI và NDVI tại ba vị trí cây lâu năm, cây công nghiệp và cây lúa. Do thời điểm thu nhận ảnh của vệ tinh Sentinel-1A và Sentinel-2 không trùng nhau nên các tác giả sử dụng thuật toán `ee.Filter.maxDifference()` để thực hiện so sánh giá trị RVI và NDVI dựa trên khoảng cách thời gian giữa vệ tinh Sentinel-1 và Sentinel-2 là 6 ngày. Kết quả so sánh được 13 thời điểm và được thể hiện trên Hình 6. Hình 6 thể hiện xu hướng biến đổi của 13 giá trị RVI và NDVI tương ứng với thời điểm thu nhận ảnh Sentinel-2 có độ che phủ mây dưới 20% tại khu vực nghiên cứu. Đối với cây công nghiệp và cây lâu năm thì giá trị RVI và NDVI có hệ số tương quan (r) cao hơn so với cây lúa. Điều này có thể giải thích do cây lâu năm và cây công nghiệp mật độ tán cây dày và thường trồng dài ngày nên chỉ số RVI và NDVI tương đối ổn định. Đối với cây lúa có sự thay đổi về đặc điểm lớp phủ bề mặt tại thời điểm giữa hai mùa vụ nên có sự khác biệt lớn về giá trị RVI và NDVI.

Trong khoảng thời gian từ 01/2022 đến tháng 12/2023 chỉ thu nhận được 15 cảnh ảnh có độ che phủ mây dưới 20% của khu vực nghiên cứu. Số lượng ảnh không mây trong năm khá ít nên thời điểm xác định được giá trị NDVI trên ảnh quang học Sentinel-2 là không nhiều. Vì vậy, thời điểm để so sánh chỉ số RVI và NDVI không tương ứng với quá trình sinh trưởng của cây và chưa



Hình 5. Chuỗi giá trị RVI tại vị trí cây công nghiệp, cây lâu năm, lúa.



Hình 6. Kết quả đánh giá tương quan giữa chỉ số RVI và NDVI tại vị trí thực nghiệm.
(a) cây lâu năm; (b) cây công nghiệp; (c) cây lúa.

đánh giá được mức độ tương quan của các chỉ số trong thời gian dài.

5. Kết luận

Qua kết quả nghiên cứu cho thấy chỉ số thực vật RVI phản ánh được sự thay đổi của thảm thực vật trên bề mặt. Phân tích trên biểu đồ chuỗi giá trị RVI tại các điểm nghiên cứu cho thấy sự thay đổi tương ứng của mật độ thảm thực vật trên bề

mặt đất và giá trị RVI, đặc biệt là cây lúa. Ngoài ra, dựa trên hệ số tương quan Pearson (r) và giá trị p -value cũng cho thấy chỉ số thực vật radar RVI và chỉ số thực vật quang học NDVI tại ba vị trí nghiên cứu là cây lâu năm, cây công nghiệp và cây lúa có sự tương quan lớn hơn 0,5, trong đó cây công nghiệp có hệ số tương quan cao nhất là 0,7. Tuy nhiên, do dữ liệu ảnh Sentinel-2 chịu ảnh hưởng của thời tiết nên số lượng ảnh có độ che phủ mây

thấp trong một năm không nhiều. Vì vậy, kết quả đánh giá tương quan giữa chỉ số RVI và NDVI còn hạn chế. Ngoài ra, tín hiệu tán xạ ngược trên ảnh Sentinel-1A phụ thuộc nhiều vào đặc điểm cấu trúc của bề mặt, độ ẩm của đất, mật độ che phủ tán của cây, nhiều tín hiệu trên ảnh SAR,... nên xuất hiện một số khu vực có giá trị RVI cao bất thường và nhiều điểm trên ảnh.

Dựa trên các kết quả nghiên cứu của bài báo có thể khẳng định chỉ số thực vật RVI có thể được ứng dụng để giám sát sự thay đổi của đối tượng thực vật trong khoảng thời gian dài, bổ sung dữ liệu khi không xác định được chỉ số NDVI do ảnh hưởng của thời tiết. Để nâng cao khả năng và phạm vi ứng dụng của các chỉ số thực vật trên ảnh Sentinel-1 thì cần có những nghiên cứu tổng quát tại các khu vực có đặc điểm địa lý tự nhiên và thảm thực vật khác nhau của Việt Nam. Đồng thời, nghiên cứu bổ sung các phương pháp lọc nhiễu ảnh SAR phân cực để nâng cao độ chính xác xác định chỉ số RVI trên ảnh Sentinel-1.

Lời cảm ơn

Bài báo sử dụng dữ liệu ảnh Sentinel-1 và Sentinel-2 từ nguồn dữ liệu trên nền tảng Google Earth Engine.

Đóng góp của các tác giả

Lê Minh Hằng - phương pháp luận, viết bản thảo bài báo, đánh giá và chỉnh sửa; Lê Vũ Hồng Hải - phương pháp luận, viết bản thảo bài báo, biên tập kết quả nghiên cứu; Nguyễn Văn Dũng - phân tích xử lý dữ liệu, viết bản thảo bài báo.

Tài liệu tham khảo

Chang, C. Y., Lin, Y. C., Chen, C. F., Lin, M. L. (2024). Exploring agricultural drought monitoring using Sentinel-1 SAR data and Radar Vegetation Index. *Remote Sensing* 16(3), 443.

Charbonneau, F., Trudel, M., and Fernandes, R. (2005). *Use of Dual Polarization and MultiIncidence SAR for soil permeability mapping*. In: Advanced Synthetic Aperture Radar (ASAR) 2005, St-Hubert, Canada.

Chi cục Thống kê tỉnh Thanh Hóa (2022), Tình hình kinh tế-xã hội năm 2022 của Tỉnh Thanh Hóa.

Gonenc, A., Ozerdem, M. S., Acar, E. (2019). Comparison of NDVI and RVI vegetation indices using satellite images. In *2019 8th International Conference on Agro-Geoinformatics (Agro-Geoinformatics)*, IEEE, 1-4.

Google Earth Engine - GEE (2025), <https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog>.

Hu, X., Li, L., Huang, J., Zeng, Y., Zhang, S., Su, Y., ... & Hong, Z. (2024). Radar vegetation indices for monitoring surface vegetation: Developments, challenges, and trends. *Science of The Total Environment*, 945, 173974.

Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E. P., Gao, X., Ferreira, L. G. (2002). Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote sensing of environment*, 83(1-2), 195-213.

Kim, Y., Kim, Y., Van Zyl, J. J. (2014). A time-series approach to estimate soil moisture using dual-polarization radar data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 52(7), 3856-3869.

Kim, Y., Van Zyl, J. J. (2004). Vegetation effects on soil moisture estimation. *2004 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*. September 20-24, Anchorage, AK, USA, 2, 800-802.

Kim, Y., Van Zyl, J. j. (2009). A time-series approach to estimate soil moisture using polarimetric radar data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 47(8), 2519-2527.

Nguyễn, Q.K. (2023). Ứng dụng hệ thống viễn thám, GIS theo dõi sự biến động của một số thành phần môi trường do hoạt động khai thác khoáng sản bauxite. *Tạp chí Khí tượng thủy văn*, 751, 1-18.

Phung, H. P., Lam-Dao, N., Nguyen-Huy, T., Le-Toan, T., Apan, A. A. (2020). Monitoring rice growth status in the Mekong Delta, Vietnam using multitemporal Sentinel-1 data. *Journal of Applied Remote Sensing*, 14(1), 014518-014518.

Rouse Jr, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., Deering, D. W. (1973). Monitoring the vernal

- advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation. *The Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium*. December 10-14, Washington, DC, USA, 1, 309-317.
- Spracklen, B., Spracklen, D. V. (2021). Synergistic use of Sentinel-1 and Sentinel-2 to map natural forest and acacia plantation and stand ages in North-Central Vietnam. *Remote Sensing*, 13(2), 185.
- Thomas, J., Ahmad, A., Bhat, M. S. (2025). Assessing the potential of Sentinel-1 SAR data for crop monitoring using polarimetric indices. *International Journal of Remote Sensing* 46(2), 123-142.
- Ủy ban nhân dân huyện Quảng Xương (2022), Hướng dẫn lịch gieo trồng vụ xuân 2022. People's committee of Quang Xuong district (2022), Guidelines for spring crop planting schedule 2022 (in Vietnamese).
- Ủy ban thường vụ quốc hội - UBTVQH (2025). Nghị quyết về việc sắp xếp các đơn vị hành chính cấp xã của tỉnh Thanh Hóa năm 2025. Số 1686/NQ-UBTVQH15, ngày 16/06/2025.
- Van Pham, M., Pham, T. M., Du, Q. V. V., Bui, Q. T., Van Tran, A., Pham, H. M., Nguyen, T. N. (2019). Integrating Sentinel-1A SAR data and GIS to estimate aboveground biomass and carbon accumulation for tropical forest types in Thuan Chau district, Vietnam. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 14, 148-157.
- Wu, X., Zhang, L., Chen, Y., Li, J. (2025). Integrated analysis of Sentinel-1 SAR and optical data for vegetation dynamics monitoring. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 198, 45-60.