

DOI:10.22144/ctu.jvn.2022.162

ỨNG DỤNG DỮ LIỆU ẢNH VỆ TINH SAR (SENTINEL-1A) ĐA THỜI GIAN THÀNH LẬP BẢN ĐỒ HIỆN TRẠNG SỬ DỤNG ĐẤT TỈNH CÀ MAU

Phạm Quốc Việt¹, Võ Quốc Tuấn^{2*}, Nguyễn Tân Lợi² và Phạm Văn Đệ³

¹Học viên cao học ngành Quản lý đất đai, Khoa Môi trường và Tài nguyên Thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ

²Khoa Môi trường và Tài nguyên Thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ

³Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Cà Mau

*Người chịu trách nhiệm về bài viết: Võ Quốc Tuấn (email: vqtuan@ctu.edu.vn)

Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 04/04/2022

Ngày nhận bài sửa: 09/06/2022

Ngày duyệt đăng: 22/06/2022

Title:

Land use mapping of Ca Mau province by SAR (Sentinel-1A) time-series data

Từ khóa:

Bản đồ sử dụng đất, Cà Mau, radar, Sentinel-1A, tán xạ ngược SAR

Keywords:

Ca Mau, land use map, radar, SAR backscattering, Sentinel-1A

ABSTRACT

Land use/land cover (LULC) maps play an important role in statistics and land use change monitoring and planning. However, previous studies of mapping LULC by remote sensing data have typically relied on optical data, which is easily affected by cloud cover in subtropical locations. To overcome this, this study applied radar (SAR) imagery to generate a LULC map of Ca Mau province, Vietnam. We used multi-temporal SAR imagery to generate a LULC map for the year 2019 based on changes in VH backscatter values (dB) over time and validation data collected from an in-depth field survey. The classification results were able to distinguish the 6 main land use classes of perennial crops, paddy rice, surface water bodies, built-up areas, aquaculture, and forests, with a classification accuracy of 89.4% and the Kappa coefficient of 0.79. The results are a promising step toward using multi-temporal SAR data for monitoring land-use change dynamics and planning support in remote subtropical locations.

TÓM TẮT

Bản đồ hiện trạng sử dụng đất đóng vai trò quan trọng trong công tác kiểm kê và định hướng quy hoạch sử dụng đất đai. Tuy nhiên, các phương pháp xây dựng bản đồ hiện trạng sử dụng đất giải đoán từ ảnh vệ tinh trước đây thường sử dụng dữ liệu ảnh quang học nên dễ bị ảnh hưởng bởi mây. Vì vậy, mục tiêu của nghiên cứu này là ứng dụng ảnh SAR (study applied radar) để xây dựng bản đồ hiện trạng sử dụng đất. Trong nghiên cứu này, chuỗi ảnh SAR theo thời gian được dùng để thành lập bản đồ hiện trạng sử dụng đất, dựa trên cơ sở sự thay đổi giá trị tán xạ ngược VH (backscatter values, dB) của các kiểu sử dụng đất theo thời gian kết hợp với kết quả khảo sát thực địa. Kết quả nghiên cứu đã phân loại được 6 loại sử dụng đất: đất trồng lúa, cây lâu năm, sông rạch, đất ở, đất nuôi trồng thủy sản và rừng. Kết quả đánh giá cho thấy độ chính xác toàn cục đạt 89,4% và hệ số Kappa 0,79. Kết quả nghiên cứu cho thấy việc sử dụng ảnh SAR đa thời gian trong xây dựng bản đồ hiện trạng sử dụng đất có khả năng ứng dụng cao.

1. GIỚI THIỆU

Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) là khu vực sản xuất nông nghiệp lớn nhất Việt Nam và là nơi

có đa dạng sinh học đặc biệt quan trọng, được công nhận trên toàn cầu (Zhang et al., 2017). Những thay đổi sử dụng đất quy mô lớn diễn ra ngày càng thường xuyên do sự tăng trưởng dân số và mật độ

đô thị hóa ngày càng nhiều ở ĐBSCL (Minderhoud et al., 2018). Những thay đổi sử dụng đất này có tác động tích cực và tiêu cực đến nhiều vấn đề khác nhau, bao gồm hệ sinh thái trên cạn, nhiệt độ bề mặt đất, khí hậu khu vực, chất lượng đất, chế độ thủy văn, lũ lụt, các thiên tai và đặc biệt là vấn đề an ninh lương thực (Binh et al., 2021).

Cà Mau là một trong những tỉnh ven biển có diện tích lớn nhất vùng ĐBSCL. Hệ thống sông ngòi chằng chịt ở Cà Mau đã tạo điều kiện thuận lợi cho các hoạt động nông nghiệp và nuôi trồng thủy sản. Trong hai thập kỷ qua, hiện trạng sử dụng đất ở ĐBSCL nói chung và tỉnh Cà Mau nói riêng đã thay đổi rất đáng kể (Hanh et al., 2018; Lam et al., 2011). Tại Cà Mau, sự chuyển đổi sử dụng đất có thể do hai nguyên nhân chính: việc mở rộng sản xuất nuôi trồng thủy sản dẫn đến suy giảm diện tích rừng ngập mặn và sự đô thị hóa (Hauser et al., 2017). Trong trường hợp môi trường thay đổi và nhu cầu sử dụng đất của con người ngày càng tăng, việc có được thông tin sử dụng đất dài hạn và chính xác là rất quan trọng trong các công tác nghiên cứu, quy hoạch, quản lý đất đai và đặc biệt là trong công tác bảo tồn rừng ngập mặn.

Bản đồ hiện trạng là thông tin quan trọng và cần thiết trong công tác thiết kế quy hoạch và quản lý đất đai. Bản đồ hiện trạng sử dụng đất được xây dựng 5 năm một lần, trong khi đó, độ che phủ đất của vùng ĐBSCL thường xuyên thay đổi và việc sử dụng các bản đồ không được cập nhật có thể chúng sẽ không thể hiện được việc sử dụng đất ở hiện tại. Khảo sát hằng năm cho toàn tỉnh là tốn kém và đòi hỏi nhiều lao động. Ngoài ra, nếu chủ sở hữu chuyển đổi trái phép từ loại đất này sang loại đất khác, không đăng ký và trình báo cho Sở Tài nguyên và Môi trường, điều này có thể ảnh hưởng đến độ chính xác của bản đồ hiện trạng sử dụng đất (Khanh et al., 2020)

Ngày nay, việc sử dụng viễn thám trong giám sát tài nguyên nói chung và lập bản đồ hiện trạng sử dụng đất nói riêng đang dần trở nên phổ biến và mang lại nhiều hiệu quả (Gadrani et al., 2018; Steinhausen et al., 2018; Sánchez & Schröder, 2019). Tuy nhiên, việc thường xuyên bị mây che phủ được coi là một thách thức đối với việc giám sát tài nguyên bằng các cảm biến đa phổ (Xiao et al.,

2006). Với các nước nằm ở vùng nhiệt đới như Việt Nam, việc thu thập được các dữ liệu không bị ảnh hưởng bởi mây là rất ít trong năm. Trong khi đó, tư liệu ảnh radar độ mở tổng hợp (synthetic aperture radar - SAR) thì không phụ thuộc vào điều kiện thời tiết, ngày và đêm. Việc có được dữ liệu ảnh có độ phân giải cao và không bị ảnh hưởng bởi thời tiết là rất quan trọng trong một số nghiên cứu, đặc biệt trong thành lập bản đồ hiện trạng sử dụng đất. Chính vì thế, nghiên cứu đã sử dụng chuỗi ảnh SAR (Sentinel-1A) đa thời gian để thành lập bản đồ hiện trạng sử dụng đất.

Mục tiêu của nghiên cứu này là đánh giá mức độ hiệu quả của việc sử dụng dữ liệu ảnh Sentinel-1A đa thời gian trong thành lập bản đồ hiện trạng sử dụng đất, đồng thời đánh giá sự phân bố sử dụng đất tại tỉnh Cà Mau năm 2019.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Dữ liệu ảnh Sentinel-1A và tiền xử lý ảnh

Sentinel-1 là một hệ thống quan sát Trái đất dựa trên SAR bao gồm hai vệ tinh Sentinel-1A và Sentinel-1B, mỗi vệ tinh với chu kỳ lặp là 12 ngày. Nếu được sử dụng cùng nhau, cả hai vệ tinh cung cấp dữ liệu với chu kỳ lặp 6 ngày. Sentinel-1A được chụp ở băng tần C có tần số 5.405 GHz và độ dài sóng 56 nM. Nó cung cấp hình ảnh trong bốn chế độ thu nhận khác nhau và không phụ thuộc vào điều kiện thời tiết (Ahmad & Dongkyun, 2019). Các hình ảnh được sử dụng cho nghiên cứu được chụp ở chế độ giao thoa dải quét rộng (IW – Interferometric Wide Swath) vì đây là chế độ hoạt động mặc định cho các ứng dụng lâm nghiệp, nông nghiệp và tài nguyên thiên nhiên khác (Bazzi et al., 2019; Soudani et al., 2021; Dong et al., 2021). Phân cực VH được sử dụng thay vì phân cực VV vì nó cung cấp nhiều thông tin có giá trị và có mối tương quan cao với các giai đoạn phát triển của thực vật (Ndikumana et al., 2018; Hoa et al., 2018). Tất cả có 12 hình ảnh tương ứng với mỗi tháng trong năm, chúng đã được tải xuống. Thực tế, có thể thu nhận số lượng ảnh nhiều hơn, tuy nhiên, đối với lập bản đồ hiện trạng sử dụng đất, sự thay đổi giá trị tán xạ ngược VH (dB) theo từng tháng để phân biệt các loại hiện trạng là cần thiết nhất. Các thông số về dữ liệu ảnh được thu thập được thể hiện ở Bảng 1.

Bảng 1. Chi tiết dữ liệu được sử dụng trong nghiên cứu

Thông số kỹ thuật	Sentinel-1A
Ngày chụp	01/1/2019, 06/2/2019, 02/3/2019, 07/4/2019, 01/5/2019, 06/6/2019, 12/7/2019, 05/8/2019, 10/9/2019, 04/10/2019, 21/11/2019, 15/12/2019
Chế độ chụp	Giao thoa dải quét rộng (IW – Interferometric Wide Swath)
Phân cực	Đơn phân cực VH
Mức xử lý	Mức level 1, đã được xử lý và tính chuyển về giá trị mặt đất (ground range-GRDH).
Độ phân giải không gian	10 m
Kênh	Kênh C (5,4 GHz)
Thời gian lặp	12 ngày

Các dữ liệu được thu thập được tiền xử lý theo các bước sau:

Bước 1: Loại bỏ nhiễu (noise removal)

Ngoài các nhiễu lốm đốm, ảnh SAR còn bị ảnh hưởng bởi nhiễu nhiệt, đặc biệt khi công suất tán xạ ngược thấp. Loại bỏ nhiễu nhiệt được sử dụng để giảm hiệu ứng nhiễu trong kết cấu giữa các dải phụ, đặc biệt, để bình thường hóa tín hiệu của tán xạ ngược trong toàn bộ hình ảnh radar. Đồng thời, việc loại bỏ nhiễu nhiệt giúp giảm sự gián đoạn giữa các dải phụ cho mọi cảnh trong các chế độ thu nhận đa vùng (Elfadaly et al., 2020). ESA (European Space Agency) cung cấp thông tin nhiễu nhiệt cho mỗi hình ảnh trong tệp định dạng XML (Park et al., 2018). Việc loại bỏ nhiễu được thực hiện trên phần mềm SNAP 7.0 thông qua chức năng S-1 Thermal Noise Removal.

Bước 2: Hiệu chỉnh bức xạ (calibration)

Để chuyển giá trị điểm ảnh thành giá trị tán xạ ngược được hiệu chỉnh bức xạ thì tất cả các thông tin cần thiết có trong dữ liệu radar phải đầy đủ. Vector hiệu chỉnh bao gồm các thông tin siêu dữ liệu kèm theo dữ liệu radar nhằm cung cấp thông tin điểm ảnh có thể liên quan trực tiếp đến tán xạ ngược radar của mỗi cảnh. Bước này được thực hiện bằng công cụ Calibration trong phần mềm SNAP 7.0 (Elfadaly et al., 2020; Filipponi, 2019)

Bước 3: Lọc dữ liệu (filter)

Hình ảnh SAR luôn chứa các đốm không có dữ liệu (dữ liệu rỗng), chúng làm suy giảm chất lượng hình ảnh và gây khó khăn trong quá trình phân tích ảnh. Các đốm này là hoàn toàn ngẫu nhiên vì bộ cảm không nhận được tín hiệu phản hồi (tán xạ) từ đối tượng do tín hiệu bị phân tán mạnh. Sử dụng bộ lọc để loại bỏ các đốm này trên ảnh radar làm tăng chất lượng hình ảnh và nâng cao độ chính xác của phân tích ảnh.

Enhanced Lee filter được chứng minh là vượt trội so với các bộ lọc khác vì khả năng bảo toàn các cạnh, các đặc trưng tuyến tính, mục tiêu điểm và thông tin kết cấu (Lee et al., 1994; Filipponi, 2019). Enhanced Lee filter đã được thực hiện bởi các tác giả như Qu et al. (2020) và Elfadaly et al. (2020). Trong nghiên cứu này, dữ liệu được lọc bằng Enhanced Lee Filter và được thực hiện bằng công cụ Product Speckle Filter trong phần mềm SNAP 7.0.

Bước 4: Nắn chỉnh hình học (Terrain correction)

Hiệu chỉnh hình học nhằm hiệu chỉnh các sai số do ảnh hưởng của cấu hình chụp nghiêng của hệ thống radar, chênh cao độ địa hình tới vị trí điểm và chuyển tọa độ các điểm ảnh về cùng một hệ tọa độ. Chức năng Terrain Correction trong phần mềm SNAP 7.0. (Elfadaly et al., 2020) được sử dụng để hiệu chỉnh hình học.

Bước 5: Giới hạn khu vực nghiên cứu (Subset)

Ảnh Sentinel-1 với bề rộng vệt quét 250 km, ảnh chụp toàn khu vực DBSCL. Để giới hạn lại khu vực nghiên cứu cũng như giảm dung lượng lưu trữ và thời gian xử lý, dữ liệu khu vực nghiên cứu được cắt bằng chức năng Subset trong phần mềm SNAP 7.0 (Haas & Yifang, 2017; Fu et al., 2017).

Bước 6: Chuyển sang sigma0 dB (Convert to sigma0 dB)

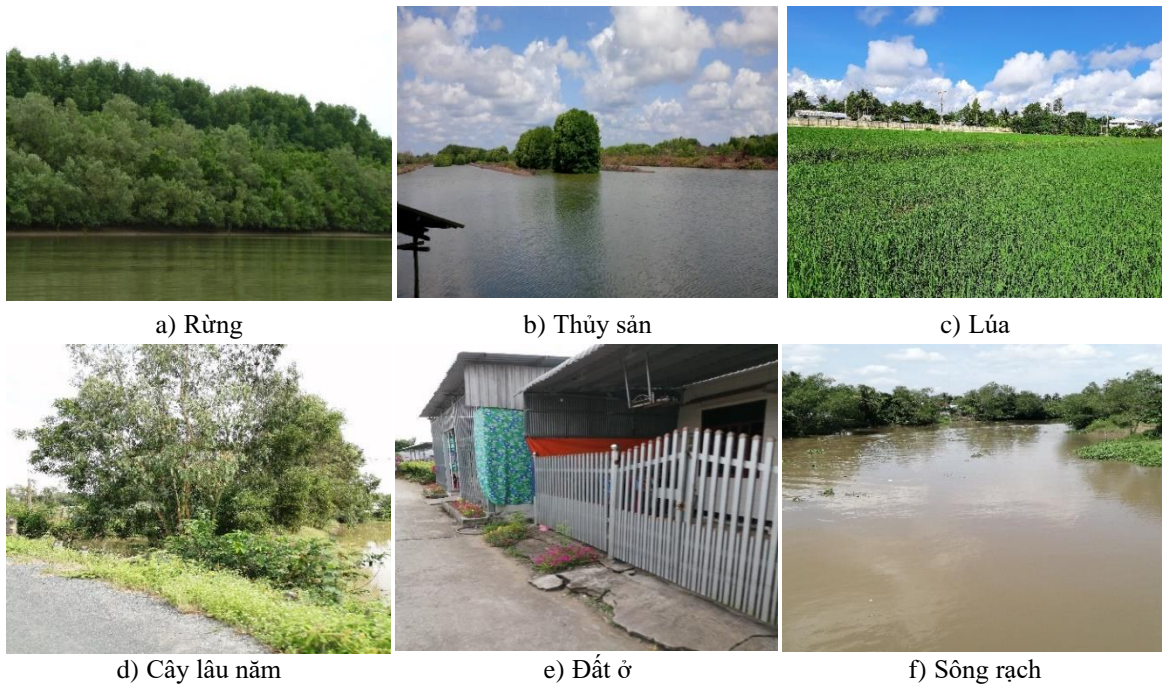
Đây là bước cuối cùng của quy trình tiền xử lý, đơn vị hệ số tán xạ ngược được chuyển đổi thành dB bằng cách sử dụng phép biến đổi logarit (Filipponi, 2019).

2.2. Khảo sát thực địa

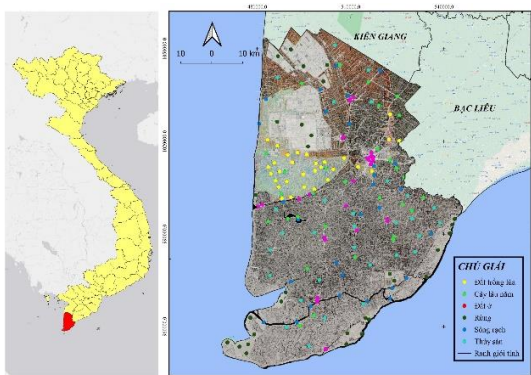
Dữ liệu thực tế cho nghiên cứu này đã được thu thập vào tháng 8 năm 2019. Mục đích thứ nhất của cuộc khảo sát này là xác định sự tương quan giữa hiện trạng sử dụng đất với tín hiệu tán xạ ngược VH (dB) trên chuỗi ảnh Sentinel-1A. Việc xác định được sự thay đổi giá trị tán xạ ngược của từng kiểu sử dụng đất đóng vai trò quan trọng trong việc phân

loại hiện trạng sử dụng đất. Mục đích thứ hai là kiểm định hiện trạng, xác định chính xác những điểm còn nghi ngờ, từ kết quả khảo sát thực tế đối chiếu với bản đồ đã được giải đoán để đánh giá độ chính xác.

Việc thu thập các điểm mẫu là hoàn toàn ngẫu nhiên, bao gồm các loại sử dụng đất được thể hiện trong Hình 1.



Hình 1. Các loại hiện trạng khảo sát thực địa



Hình 2. Sự phân bố các điểm thực địa

Trong nghiên cứu này, 260 điểm thực địa đã được thu thập. Trong đó, 80 điểm (chiếm 30,7%) được sử dụng để xác định sự tương quan giữa các loại hình sử dụng đất với tán xạ ngược VH (dB) trên chuỗi ảnh Sentinel-1A và xây dựng thuật toán phân loại trên Raster Calculator, 180 điểm còn lại (chiếm 69,3%) dùng để đánh giá độ chính xác kết quả giải

đoán. Trong đó, mỗi loại hiện trạng tương ứng tới 30 điểm và việc lựa chọn các điểm là hoàn toàn ngẫu nhiên. Các điểm thực địa được ghi nhận hiện trạng, tọa độ GPS và chụp ảnh có gắn thẻ tọa độ. Sự phân bố các điểm thực địa được thể hiện ở Hình 2.

2.3. Phân loại hiện trạng sử dụng đất và đánh giá độ chính xác

Raster Calculator (QGIS) cho phép người dùng thực hiện các phép tính trên cơ sở giá trị điểm ảnh hiện có, điều này cho phép người dùng phân loại các đối tượng sử dụng đất dựa trên việc xây dựng một bộ quy tắc. Trong nghiên cứu này, một bộ quy tắc phân loại cho từng loại hình sử dụng đất đã được xây dựng dựa trên sự thay đổi giá trị tán xạ ngược VH (dB) qua các tháng trong năm của từng loại đối tượng. Kết quả thực địa được dùng để đối chiếu với sự thay đổi tán xạ ngược VH (dB) trên ảnh của từng loại hình sử dụng đất. Đồng thời, phương pháp thử sai được sử dụng để chọn bộ quy tắc chính xác nhất. Giá trị tán xạ ngược VH (dB) của các đối tượng sử dụng đất được thể hiện ở 0.

Bảng 2. Đặc điểm tín hiệu tán xạ ngược (dB) được sử dụng trong phân loại

Đối tượng	Giá trị tán xạ ngược VH (dB)
Cây lâu năm/ Rừng	$-20 \leq \text{dB} < -10$
Đất ở	$\text{dB} \geq -10$
Đất trồng Lúa	Thay đổi theo mùa vụ
Sông rạch	$\text{dB} < -20$
Thủy sản	Thay đổi theo hướng phức tạp, không xác định

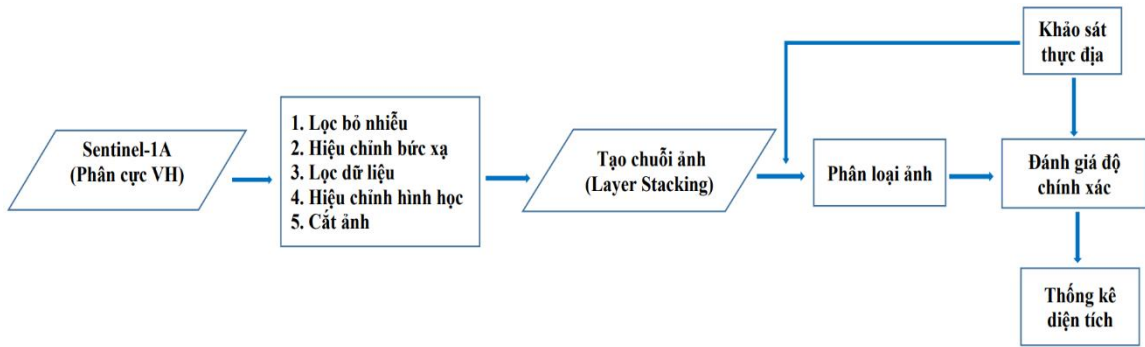
Ma trận sai số phân loại (Thạch, 2005) và hệ số Kappa (Cohen, 1960) được sử dụng để đánh giá độ chính xác phân loại ảnh. Hệ số Kappa được tính toán theo công thức:

$$K = \frac{T-E}{1-E} \text{ (Cohen, 1960)}$$

Trong đó: K là hệ số Kappa

T là độ chính xác toàn cục cho bởi ma trận sai số

E là đại lượng thể hiện sự mong muốn phân loại chính xác có thể đoán trước



Hình 3. Quy trình thực hiện nghiên cứu

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

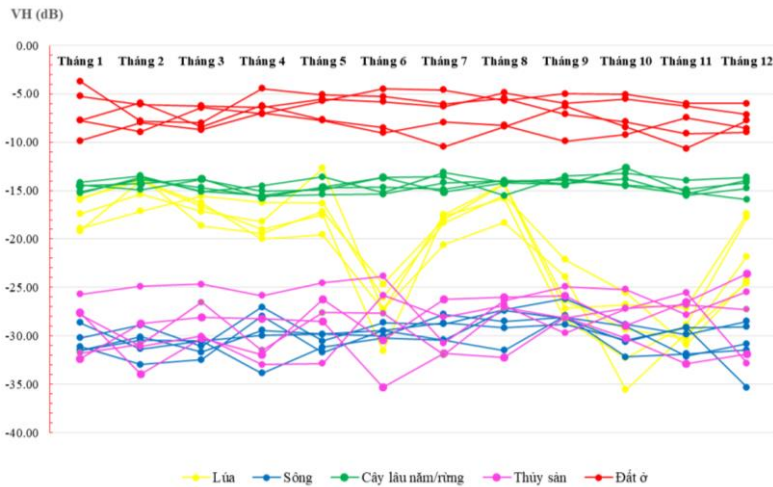
3.1. Sự thay đổi giá trị tán xạ ngược VH (dB) của các kiểu sử dụng đất theo thời gian

Qua nghiên cứu, có thể thấy, sự khác biệt rất rõ ràng về đặc điểm tín hiệu tán xạ ngược (dB) phân cực VH của 5 loại hình sử dụng chính tại tỉnh Cà Mau bao gồm đất ở, đất trồng lúa, thủy sản, sông rạch và cây lâu năm/rừng, kết quả được thể hiện trong 0. Giá trị tán xạ ngược của phân cực VH (dB) có mối tương quan chặt chẽ với các giai đoạn phát triển của lúa. Tán xạ ngược thấp ở giai đoạn sinh trưởng của lúa, có thể nhận thấy ở tháng 6 hay tháng 10 và tháng 11 như trên biểu đồ. Từ giai đoạn sinh dưỡng đến trưởng thành, tán xạ ngược có xu hướng tăng dần đến cực đại và có xu hướng giảm dần khi đến gần thời điểm thu hoạch do lúa bắt đầu khô héo. Khác với lúa, đất xây dựng, sông rạch và cây lâu năm/rừng thường có xu hướng ổn định, ít có sự thay đổi. Điểm khác biệt của ba loại đối tượng này là đất xây dựng được đặc trưng bởi giá trị cao (thường lớn hơn hoặc bằng -10), sông rạch được đặc trưng bởi giá trị thấp (thường nhỏ hơn -18) còn cây lâu năm và rừng thường dao động trong khoảng -10 và -18. Đối với đất nuôi trồng thủy sản, đối tượng này

thường có xu hướng thay đổi theo thời gian nhưng không theo mùa vụ như lúa, đất nuôi trồng thủy sản thay đổi một cách phức tạp, khó xác định.

Tuy nhiên, một số khu vực nuôi trồng thủy sản ngập nước quanh năm lại có dạng tín hiệu giống như đối tượng sông rạch. Điều này dẫn đến những nhầm lẫn trong quá trình phân loại. Thực tế, hai đối tượng này có thể dễ dàng phân biệt được bằng mắt dựa vào hình dạng của chúng. Vì vậy, phương pháp giải đoán ảnh bằng mắt cũng đã được áp dụng để nhận biết các đối tượng này.

Đối với rừng và cây lâu năm, thực tế không có sự khác biệt về dạng tín hiệu giữa hai đối tượng này. Vì vậy, thuật toán phân loại được xây dựng không phân biệt hai dạng đối tượng này. Rừng được xác định khi chúng cấu thành một hệ sinh thái, có thể phân biệt chúng với các đối tượng cây lâu năm dựa vào mật độ, sự phân bố hình dạng của chúng. Phương pháp giải đoán ảnh bằng mắt kết hợp với những hiểu biết về khu vực nghiên cứu và khảo sát thực địa cũng được sử dụng để phân loại hai dạng đối tượng này.

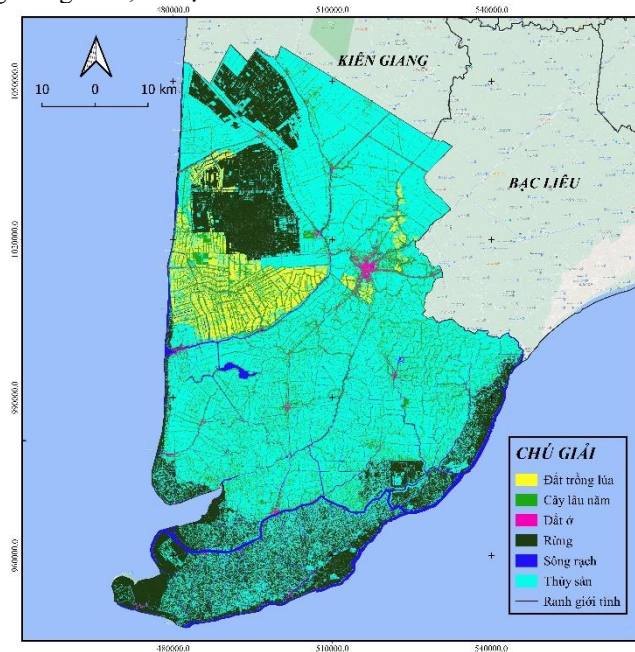


Hình 4. Đặc điểm tín hiệu tán xạ ngược theo thời gian của các kiểu sử dụng đất

3.2. Kết quả phân loại ảnh

Với việc xây dựng bộ quy tắc phân loại dựa vào dạng tín hiệu tán xạ ngược của các đối tượng sử dụng đất qua các tháng trong năm, 6 loại hình sử

dụng đất chính trên địa bàn tỉnh Cà Mau được phân loại, gồm: đất trồng lúa, cây lâu năm, đất ở, đất nuôi trồng thủy sản, sông rạch và rừng. Kết quả phân loại ảnh được thể hiện ở Hình 5.



Hình 5. Bản đồ hiện trạng sử dụng đất tỉnh Cà Mau năm 2019

Kết quả phân loại ảnh cho thấy, nuôi trồng thủy sản là mô hình canh tác chính tại tỉnh Cà Mau, mô hình canh tác này hầu như phân bố đồng đều ở huyện với một diện tích lớn. Bên cạnh đó, rừng cũng chiếm một diện tích khá lớn và có xu hướng phân bố ở các huyện ven biển, đặc biệt phân bố nhiều ở huyện Ngọc Hiển và U Minh. Đất trồng lúa chiếm diện tích nhỏ, phân bố chủ yếu ở huyện Trần Văn Thời. Dựa

vào dạng tín hiệu tán xạ ngược VH (dB) nghiên cứu cũng nhận thấy mô hình canh tác lúa ở khu vực huyện Trần Văn Thời chủ yếu là lúa 2 vụ. Cây lâu năm phân bố đồng đều ở các huyện, có xu hướng tập trung theo các tuyến sông và đường giao thông. Đất ở phân bố tại trung tâm các huyện/thành phố, ngoài ra cũng có xu hướng tập trung theo tuyến sông và

đường giao thông. Sông rạch hầu như phân bố đồng đều trên địa bàn tỉnh.

3.3. Độ chính xác kết quả giải đoán

Dựa vào các điểm khảo sát thực địa đã thu được vào tháng 8 năm 2019, trong nghiên cứu này có 120 điểm được sử dụng, tương ứng với 30 điểm cho mỗi loại hình sử dụng đất. Kết quả đánh giá độ chính xác được trình bày ở 0. Kết quả đánh giá độ chính xác với độ chính xác toàn cục là 89,4% và hệ số Kappa là 0,79. Kết quả cho thấy việc sử dụng dữ liệu ảnh Sentinel-1A đa thời gian trong thành lập bản đồ hiện trạng sử dụng đất là rất hiệu quả. Việc nhầm lẫn giữa các đối tượng với nhau là rất ít do tín hiệu tán xạ

ngược VH (dB) của mỗi loại đối tượng là khác nhau. Tuy nhiên, vẫn có những ngoại lệ dẫn đến nhầm lẫn trong quá trình phân loại ảnh, ví dụ tín hiệu tán xạ ngược của đất nuôi trồng thủy sản phần lớn là tăng giảm không theo quy luật, rất phức tạp. Tuy nhiên, một số mô hình nuôi trồng thủy sản ở Cà Mau lại có xu hướng ngập nước quanh năm nên có giá trị tán xạ ngược (dB) tương tự như đối tượng sông rạch. Mặt khác, tín hiệu của rừng và cây lâu năm là như nhau, việc phân loại rừng còn phụ thuộc vào mật độ, sự phân bố và hình dạng của chúng. Lỗi phân loại cũng có thể do sự hiện diện của các điểm ảnh hỗn hợp, trong đó một số vùng thường trồng hai đến ba loại cây trồng cùng một lúc.

Bảng 3. Ma trận sai số phân loại

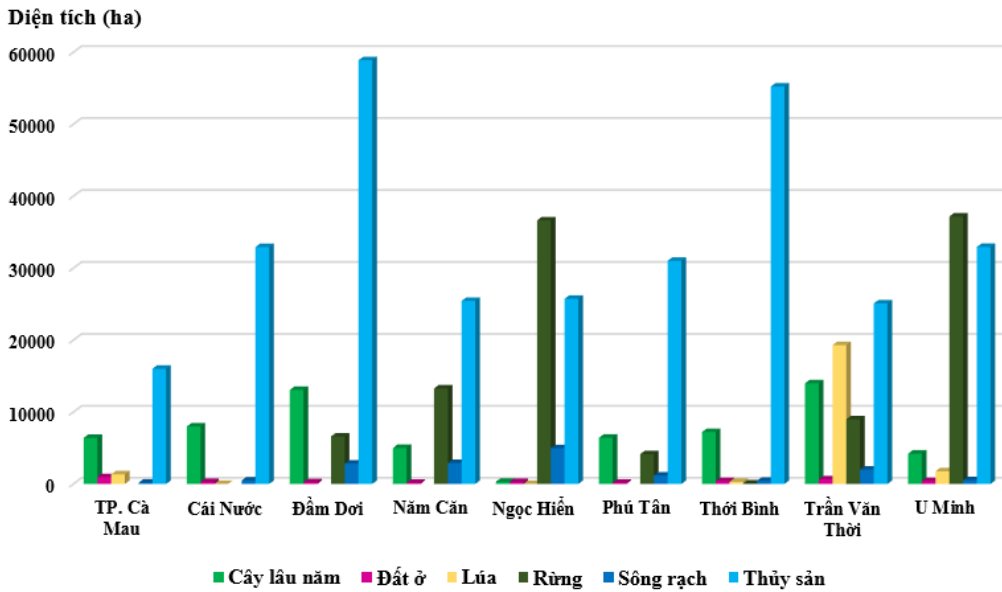
		Giải đoán						Độ chính xác
		I	II	III	IV	V	VI	
Thực địa	I	24	0	0	1	5	0	80,0%
	II	0	26	1	0	0	3	86,7%
	III	0	1	29	0	0	0	96,7%
	IV	0	0	0	27	3	0	90,0%
	V	1	0	0	2	27	0	90,0%
	VI	0	2	0	0	0	28	93,3%
ĐCXTC								89,4%
Hệ số KAPPA								0,79

Trong đó: I: sông rạch, II: cây lâu năm, III: đất ở, IV là lúa, V: thủy sản, VI: rừng

3.4. Phân bố diện tích các kiểu sử dụng đất

Cà Mau là tỉnh ven biển nên trên địa bàn đất nuôi trồng thủy sản chiếm diện tích rất đáng kể: 303.272 ha (chiếm 58,7%) và phân bố đồng đều trên các huyện. Các mô hình nuôi trồng thủy sản đặc trưng như nuôi tôm thâm canh, quảng canh, quảng canh cải tiến, lúa tôm và đột phá mới với mô hình nuôi tôm siêu thâm canh. Rừng có xu hướng phân bố nhiều ở ven biển (rừng phòng hộ và rừng đặc dụng), một số có xu hướng phân bố trong nội địa (rừng tràm). Tổng diện tích đất rừng toàn tỉnh Cà Mau là 106.855 ha (chiếm 20,7%). Đất rừng là loại hình sử dụng đất có diện tích lớn thứ hai tại tỉnh Cà Mau, có

vai trò quan trọng trong việc điều hòa khí hậu, phát triển kinh tế cũng như bảo vệ đường bờ biển. Cây lâu năm có xu hướng phân bố theo các tuyến sông và đường giao thông, với diện tích 64.621ha (chiếm 12,5%). Đất ở chiếm diện tích tương đối ít với 3.504ha (chiếm 0,7%). Đất ở thường có xu hướng tập trung ở trung tâm các huyện, thành phố và phân bố dọc theo các tuyến sông và đường giao thông. Đất trồng lúa với diện tích 22.719 ha (chiếm 4,4%) và chủ yếu là lúa 2 vụ do rừng lúa còn khá hạn chế, chỉ phân bố ở một số khu vực nhất định. Sông rạch với diện tích 15.514 ha (chiếm 3%) và có xu hướng phân bố đồng đều ở các huyện.



Hình 6. Diện tích các kiểu sử dụng đất trên các huyện tại tỉnh Cà Mau năm 2019

Hình 6 cho thấy ở tất cả các huyện thì đất nuôi trồng thủy sản đều chiếm diện tích khá đáng kể, nhiều nhất là ở huyện Đầm Dơi với 58.889 ha, chiếm 19,4% tổng diện tích nuôi trồng thủy sản của tỉnh. Ngoài ra, một số huyện cũng có diện tích đất nuôi trồng thủy sản khá lớn như Thới Bình (55.226 ha), Cái Nước (32.926 ha). Rừng tập trung nhiều ở hai huyện Ngọc Hiển với 36.633 ha (34,3%) và U Minh với 37.164 ha (34,8%). Trong đó, huyện Ngọc Hiển với phần lớn diện tích là rừng đặc dụng và rừng phòng hộ, huyện U Minh hầu như là rừng tràm. Các huyện khác cũng có diện tích rừng khá lớn, riêng huyện Cái Nước và thành phố Cà Mau không có rừng. Đất ở hầu như phân bố đồng đều và không có sự chênh lệch nhiều giữa các huyện/thành phố. Diện tích đất ở phân bố nhiều nhất ở Thành phố Cà Mau với 922 ha, (chiếm 27,2% diện tích đất ở của tỉnh). Cây lâu năm và sông rạch cũng tương tự như đất ở, phân bố đồng đều và không có sự chênh lệch nhiều giữa các huyện. Đất trồng lúa chỉ tập trung ở một số khu vực nhất định, do đặc trưng của vùng nên việc canh tác lúa còn gặp khó khăn, diện tích lúa chủ yếu phân bố ở huyện Trần Văn Thời với 19.297 ha (chiếm 85% diện tích lúa trên toàn tỉnh).

Nhìn chung, việc sử dụng dữ liệu Sentinel-1A đa thời gian với những ưu điểm là không bị ảnh hưởng bởi điều kiện thời tiết, ngày và đêm, độ phân giải không gian cao (10 m) và có mối tương quan cao với các giai đoạn phát triển của thực vật đã thành lập được bản đồ hiện trạng sử dụng đất

tỉnh Cà Mau có độ chính xác cao. Độ chính xác toàn cục là 89,4% và hệ số Kappa là 0,79. Kết quả được ghi nhận rất tốt, tuy nhiên, những hạn chế vẫn còn và cần được khắc phục trong tương lai. Sự nhầm lẫn giữa các loại hình sử dụng đất do dạng tín hiệu không có sự khác biệt vẫn tồn tại, điển hình là sự nhầm lẫn giữa thủy sản và sông rạch, rừng và cây lâu năm và một phần là sự hiện diện của các điểm ảnh hỗn hợp. Trong đó, một số vùng thường trồng hai ba loại cây trồng cùng một lúc.

4. KẾT LUẬN

Kết quả phân loại ảnh với độ chính xác toàn cục là 89,4% và hệ số Kappa là 0,79 đã thành lập được bản đồ hiện trạng sử dụng đất tỉnh Cà Mau năm 2019 với 6 đối tượng sử dụng đất chính là sông rạch, cây lâu năm, đất trồng lúa, đất ở, đất nuôi trồng thủy sản và rừng. Trong đó, đất nuôi trồng thủy sản chiếm diện tích chủ yếu. Nhìn chung, việc sử dụng dữ liệu ảnh Sentinel-1A đa thời gian trong lập bản đồ hiện trạng sử dụng đất là rất hiệu quả và có thể sử dụng phương pháp này trong các công tác như thống kê, kiểm kê đất đai.

Tuy nhiên, phương pháp này lại cho thấy sự nhầm lẫn giữa đất nuôi trồng thủy sản với sông rạch và ngược lại. Do đó, việc áp dụng phương pháp phân loại dựa trên đối tượng sẽ giúp giảm thiểu sai số này. Đồng thời, các dữ liệu ảnh quang học như Sentinel-2 có thể được kết hợp để thu được kết quả tốt hơn.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Phát triển Khoa học và công nghệ Quốc gia

(NAFOSTED) với mã số đề tài là 766. Ngoài ra, đề tài này được tài trợ một phần bởi Dự án Nâng cấp Trường Đại học Cần Thơ VN14-P6 bằng nguồn vốn vay ODA từ Chính phủ Nhật Bản.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Ahmad, W., & Dongkyun K. (2019). Estimation of Flow in Various Sizes of Streams Using the Sentinel-1 Synthetic Aperture Radar (SAR) Data in Han River Basin, Korea. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 83(January), 101930. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2019.101930>
- Bazzi, H., Baghdadi, N., Hajj, E. M., Zribi, M., Minh, D. H. T., Ndikumana, E., Courault, D., & Belhouchette, H. (2019). Mapping Paddy Rice Using Sentinel-1 SAR Time Series in Camargue, France. *Remote Sensing*, 11(7), 1–16. <https://doi.org/10.3390/rs11070887>
- Binh, N. A., Nhut, H. S., An, N. N., Phuong, T. A., Hanh, N. C., Thao, G. T. P., Pham, T. T., Hong, P. V., Ha, L. T. T., Bui, D. T., & Hoa, P. V. (2021). Thirty-Year Dynamics of LULC at the Dong Thap Muoi Area, Southern Vietnam, Using Google Earth Engine. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(4). <https://doi.org/10.3390/ijgi10040226>
- Cohen, J. (1960). A Coefficient of Agreement for Nominal Scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20(1), 37–46. <https://doi.org/10.1177/001316446002000104>
- Dong, J., Shangjing, L., Wang, Y., Wang, L. Z., & Mingsheng, L. (2021). Multi-Scale Deformation Monitoring with Sentinel-1 InSAR Analyses along the Middle Route of the South-North Water Diversion Project in China. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 100, 102324. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2021.102324>
- Elfadaly, A., Nicodemo, A., Nicola, M., & Rosa, L. (2020). SAR Sentinel 1 Imaging and Detection of Palaeo-Landscape Features in the Mediterranean Area. *Remote Sensing*, 12(16), 2611. <https://doi.org/10.3390/rs12162611>
- Filipponi, F. (2019). Sentinel-1 GRD Preprocessing Workflow. *Proceedings*, 18(1), 11. <https://doi.org/10.3390/ECRS-3-06201>
- Fu, B., Yeqiao, W., Anthony, C., Ying, L., Bai, Z., Shubai, Y., Zefeng, X., & Xiaomin, J. (2017). Comparison of Object-Based and Pixel-Based Random Forest Algorithm for Wetland Vegetation Mapping Using High Spatial Resolution GF-1 and SAR Data. *Ecological Indicators*, 73, 105–17. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.09.029>
- Gadrani, L., Lominadze, G., & Tsitsagi, M. (2018). Assessment of Landuse/Landcover (LULC) Change of Tbilisi and Surrounding Area Using Remote Sensing (RS) and GIS. *Annals of Agrarian Science*, 16(2), 163–69. <https://doi.org/10.1016/j.aasci.2018.02.005>
- Haas, J., & Yifang, B. (2017). Sentinel-1A SAR and Sentinel-2A MSI Data Fusion for Urban Ecosystem Service Mapping. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 8(June), 41–53. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rsase.2017.07.006>
- Hauser, L. T., Nguyen Vu, G., Nguyen, B. A., Dade, E., Nguyen, H. M., Nguyen, T. T. Q., Le, T. Q., Vu, L. H., Tong, A. T. H., & Pham, H. V. (2017). Uncovering the spatio-temporal dynamics of land cover change and fragmentation of mangroves in the Ca Mau peninsula, Vietnam using multi-temporal SPOT satellite imagery (2004–2013). *Applied Geography*, 86, 197–207. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.06.019>
- Lam, N. D., Viet, P. T., Minh, N. T., Thy, P. T., & Phung, H. P. (2011). Change Detection of Land Use and Riverbank in Mekong Delta, Vietnam Using Time Series Remotely Sensed Data. *Journal of Resources and Ecology*, 2(4), 370–74.
- Lee, J. S., Jurkevich, L., Piet, D., & Patrick, W. (1994). Speckle Filtering of Synthetic Aperture Radar Images: A Review. *Remote Sensing Reviews*, 8(4), 313–40. <https://doi.org/10.1080/02757259409532206>
- Minderhoud, P. S., Coumou, L., Erban, L. E., Middelkoop, H., Stouthamer, E., & Addinka, E. A. (2018). The Relation between Land Use and Subsidence in the Vietnamese Mekong Delta. *Science of the Total Environment*, 634, 715–26. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.372>
- Ndikumana, E., Minh, H. T. D., Hai, T. D. N., Baghdadi, N., Courault, D., Hossard, L., & Moussawi, I. E. (2018). Estimation of Rice Height and Biomass Using Multitemporal SAR Sentinel-1 for Camargue. *Southern France. Remote Sensing*, 10(9), 1–18. <https://doi.org/10.3390/rs10091394>
- Khanh, N. D., Alex, M. L., & Tuong, T. V. (2020). Land Cover Mapping of the Mekong Delta to Support Natural Resource Management with Multi-Temporal Sentinel-1A Synthetic Aperture Radar Imagery. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 17(October 2019), 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2019.100272>

- Park, J. W., Anton, A. K., Mohamed, B., Stein, S., & Joong, S. W. (2018). Efficient Thermal Noise Removal for Sentinel-1 TOPSAR Cross-Polarization Channel. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 56(3), 1555–65. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2017.2765248>
- Hoa, P., Thuy, L. T., Alexandre, B., Lam, D. N., Tien, P. D., & Mehrez, Z. (2018). Mapping of Rice Varieties and Sowing Date Using X-Band SAR Data. *Sensors (Switzerland)*, 18(1). <https://doi.org/10.3390/s18010316>
- Qu, Y., Wenzhi, Z., Zhanliang, Y., & Jiage, C. (2020). Crop Mapping from Sentinel-1 Polarimetric Time-Series with a Deep Neural Network. *Remote Sensing*, 12(15), 2493. <https://doi.org/10.3390/rs12152493>
- Sánchez, E. A., & Christoph, S. (2019). Land Use and Land Cover Mapping in Wetlands One Step Closer to the Ground: Sentinel-2 versus Landsat 8. *Journal of Environmental Management*, 247(June), 484–98. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.06.084>
- Soudani, K., Delpierre, N., Berveiller, D., Hmimina, G., Vincent, G., & Morfin, A. (2021). Potential of Synthetic Aperture Radar Sentinel-1 Time Series for the Monitoring of Phenological Cycles in a Deciduous Forest 2 3. *BioRxiv*, 104. <https://doi.org/10.1101/2021.02.04.429811>
- Steinhausen, M. J., Paul, D. W., Balaji, N., & Björn, W. (2018). Combining Sentinel-1 and Sentinel-2 Data for Improved Land Use and Land Cover Mapping of Monsoon Regions. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 73(April), 595–604. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2018.08.011>
- Thach, N. N. (2005). *Cơ Sở Viễn Thám*. Nhà xuất bản Khoa học - Kỹ thuật Hà Nội.
- Hanh, T., Quoc, N., & Matthieu, K. (2018). Land Use Policy Factors in Understanding People's Knowledge, Attitude, and Practice in Land Use Dynamics: A Case Study in Ca Mau Province in the Mekong Delta, Vietnam, 72(November 2017), 227–38. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.12.009>
- Xiao, X., Bolesa, S., Frolkinga, S., Li, C., Jagadeesh, Y. B., William, S., & Berrien, M. (2006). Mapping Paddy Rice Agriculture in South and Southeast Asia Using Multi-Temporal MODIS Images. *Remote Sensing of Environment*, 100(1), 95–113. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2005.10.004>
- Zhang, B., Zhang, Q., Feng, C., Feng, Q., & Zhang, S. (2017). Understanding Land Use and Land Cover Dynamics. *Land*, 6(20), 1–20. www.mdpi.com/journal/land. <https://doi.org/10.3390/land6010020>