



Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

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



Quan trắc diễn biến ngập lụt của thực vật ở tỉnh Vĩnh Long và Trà Vinh từ chuỗi ảnh Sentinel-1A

Nguyễn Văn Trung *

¹ Khoa Trắc địa - Bản đồ và Quản lý đất đai, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

Quá trình:
Nhận bài 15/3/2017
Chấp nhận 10/6/2017
Đăng online 31/8/2017

Từ khóa:
Sông Cửu Long
Lớp phủ thực vật
Sentinel-1A
Vùng ngập lụt
Quan trắc

TÓM TẮT

Mục tiêu của nghiên cứu này nhằm xác định sự thay đổi của lớp phủ thực vật do ảnh hưởng của sự ngập lụt ở tỉnh Vĩnh Long và Trà Vinh trong chu kỳ lũ lụt hàng năm. Để thực hiện mục tiêu này, các bản đồ ngập lụt đối với thực vật được xây dựng từ kết quả xử lý và phân loại ảnh Sentinel-1A, mô hình số độ cao (DEM) và dữ liệu đo mực nước ở khu vực nghiên cứu. Trong bài báo này, chúng tôi sử dụng phương pháp phân loại hướng đối tượng đối với chuỗi ảnh vệ tinh Sentinel-1A trên cơ sở kết hợp với dữ liệu mô hình số độ cao và dữ liệu mực nước với khoảng thời gian giữa hai thời điểm quan trắc liên tiếp là 24 ngày trong suốt chu kỳ lũ lụt một năm (từ tháng 10 năm 2014 đến tháng 11 năm 2015) với độ chính xác trung bình toàn phần và chỉ số kappa đạt được lần lượt là 0.81 và 0.78. Thuận lợi của nghiên cứu này là thông tin lớp phủ thực vật có thể được quan sát từ dữ liệu radar trong mọi điều kiện thời tiết và cũng có thể quan trắc được các điều kiện lớp phủ mặt đất nằm bên dưới các tán cây. Phần trăm diện tích của sự thay đổi thực vật được quan trắc dựa vào hệ số tán xạ phản hồi bởi vì giá trị này sẽ thay đổi theo sự ảnh hưởng của mực nước lũ đối với thực vật. Các kết quả chỉ ra rằng một phần đáng kể lớp thực vật vùng thấp (10,3% của tổng diện tích khu vực nghiên cứu) bị ngập khi mực nước dâng lên đỉnh lũ. Một sự thay đổi hệ số tán xạ phản hồi từ -7.6dB tới -20.6dB đối với khu vực nghiên cứu trong giai đoạn nước lũ dâng lên tương ứng với một diện tích lớp thực vật bị chìm hoàn toàn chiếm 15.38% của tổng diện tích khu vực nghiên cứu.

© 2017 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

1. Mở đầu

Các đồng bằng châu thổ có ý nghĩa lớn đối với hệ sinh thái, đặc biệt ở khu vực nhiệt đới nơi lũ lụt xảy ra trong suốt mùa mưa (Ben, 2011). Đồng bằng sông Cửu Long là một trong các đồng bằng châu thổ rộng lớn nhất ở Đông nam Á. Phần chính

của đồng bằng này là lưu vực các sông Cửu Long (Hình 1a) bao gồm chín con sông chảy từ thượng lưu sông Mê Công và biển Hồ Tonle Sap đổ ra biển Đông, Việt Nam. Trong mùa mưa, nước lũ chảy về từ thượng nguồn sông Mê Công vào các sông Cửu Long do mưa lớn. Theo đó, các loại thực phủ bao gồm lúa nước, cây ăn quả, rừng ngập mặn, cỏ bị ngập bởi nước lũ trong suốt mùa mưa (Claudia, 2013). Bởi vậy, các bản đồ mô tả sự mở rộng vùng ngập cung cấp các thông tin hữu ích đối với cuộc

*Tác giả liên hệ

E-mail: nguyenvantrung@humg.edu.vn

sống và sự phát triển kinh tế đối với vùng kinh tế trọng điểm đồng bằng sông Cửu Long.

Tỉnh Trà Vinh và Vĩnh Long nằm giữa sông Tiền và sông Hậu là khu vực ven biển bao gồm các khu vực ngập lũ (Hình 1a). Vùng nghiên cứu được lựa chọn là các khu vực bị ngập nước thay đổi theo thời gian. Mức nước đo tại các trạm thủy văn trên sông Tiền và sông Hậu phản ánh mức độ ngập lụt đối với thực vật. Các nghiên cứu trước đây thường tập trung vào quan trắc sự ngập lụt ở phạm vi rộng lớn bằng dữ liệu ảnh vệ tinh độ phân giải trung bình (Claudia, 2013). Tuy nhiên, một nghiên cứu sử dụng dữ liệu vệ tinh độ phân giải cao để quan trắc ở phạm vi cấp tỉnh là chưa được đề cập đối với khu vực nghiên cứu này. Hơn nữa, dữ liệu vệ tinh Sentinel-1A mới được đưa lên quỹ đạo năm 2014 được áp dụng thay thế cho các vệ tinh ERS-2, Envisat và Radasat-1 đã được sử dụng cho các nghiên cứu trước đây.

Điều quan trọng để hiểu các tác động của lũ lụt ở đồng bằng sông Cửu Long đối với sự cân bằng giữa phát triển kinh tế và đảm bảo một hệ sinh thái bền vững ở các nước hạ lưu sông Mê Công được trình bày bởi (Kummu and Sarkkula, 2008). Sự đa dạng các nguồn động vật, thực vật và hệ sinh thái của chúng ở vùng ngập nước các sông Cửu Long phụ thuộc vào sự thay đổi của cơ chế thủy văn (Campbell et al., 2006). Các thông tin về sự ngập nước của thực vật và điều kiện đất ở vùng ngập nước do nước lũ là rất quan trọng đối với nông nghiệp, nuôi trồng thủy sản và bảo tồn thiên nhiên. Để quan trắc sự thay đổi lớp phủ thực vật, mối quan hệ giữa các loại thực vật và động lực của lũ lụt phải được quan tâm. Mặc dù lũ lụt là hiện tượng xảy ra hàng năm đối với vùng ngập lụt nhưng mức độ ảnh hưởng là thay đổi theo mực nước ở các thời điểm trong năm. Một bản đồ ngập lụt không thể được xây dựng từ mô hình số độ cao, bản đồ lớp phủ bề mặt và dữ liệu mực nước bởi vì mô hình số độ cao và bản đồ lớp phủ không đảm bảo độ chính xác hoặc không cập nhật đủ hiện trạng tại thời điểm quan trắc để cung cấp các bản đồ ngập lụt (sẽ được đề cập trong mục 2.3). Tuy nhiên, dữ liệu viễn thám đa thời gian là tiềm năng đối với nghiên cứu tác động của lũ lụt đối với thực vật và các khu vực dân cư (Marti-Cardona, 2010; Claudia, 2013).

Một vài nghiên cứu đã được thực hiện ở vùng ngập lũ biển Hồ Tonle Sap, Campuchia dựa vào dữ liệu Radar. Hệ sinh thái vùng ngập nước ở phía

Tây bắc biển Hồ này được lập bản đồ với 14 lớp phủ bề mặt từ dữ liệu đa độ phân cực AIRSAR (Milne and Tapley, 2004). Dữ liệu Radar được sử dụng rộng rãi để quan trắc sự thay đổi của thực phủ ở vùng ngập nước bởi vì khả năng không phụ thuộc vào thời tiết. Hơn nữa, dữ liệu radar rất nhạy cảm với sinh khối của thực vật, cấu trúc của thực vật ngập nước và độ ẩm đất (Hess et al., 1995; Bouvet and Toan, 2011; Prakash, 2012). Mối quan hệ giữa tín hiệu radar và thực vật ngập nước đã được mô hình hóa thông qua giá trị tán xạ phản hồi (Ulaby et al., 1990; Wang, 1995). Một số nghiên cứu đã thảo luận về các ảnh hưởng của các thông số của dữ liệu radar như góc chụp, độ phân cực và bước sóng trong quan trắc sự ngập nước bên dưới tán cây (Hess et al., 1995; Schmullius, 1997). Các công trình đó cũng chỉ ra rằng mối quan hệ phức tạp giữa tín hiệu radar và các đối tượng bị ngập nước do cấu trúc, mật độ của thực vật và chiều dài bước sóng và góc chụp của hệ thống radar.

Tán xạ phản hồi đối với kênh C được tăng cường trong vùng ngập nước do phản xạ hai lần của tín hiệu radar giữa cây cỏ hoặc cây lúa và bề mặt nước bên dưới lá cây (Kasischke et al., 1997), hiện tượng này cũng được áp dụng để đo đạc sự thay đổi mực nước (Alsdorf et al., 2000). Các góc chụp từ 20° đến 30° đối là thích hợp nhất đối với các nghiên cứu về thực vật ngập nước bởi vì tín hiệu radar trở về từ vài loại thực vật là mạnh hơn so với các góc chụp lớn hơn (Lang et al., 2008). Dữ liệu Envisat ASAR kênh C, đa góc chụp và đa thời gian được sử dụng để quan trắc sự mở rộng vùng ngập lụt ở Doñana (Martin-Cardona et al., 2010). Các nghiên cứu trên đây nhấn mạnh tiềm năng của dữ liệu radar đối với việc quan trắc sự ảnh hưởng của lũ lụt đối với các đối tượng trong vùng ngập nước trong mùa mưa. Ưu điểm chính của dữ liệu radar là có thể xác định được các thay đổi các đối tượng trên bề mặt đất ở vùng ngập nước dựa vào giá trị tán xạ phản hồi.

Mục tiêu nghiên cứu này là quan trắc sự thay đổi của lớp thực vật tại vùng ngập lụt ở tỉnh Trà Vinh và Vĩnh Long bằng dữ liệu Sentinel-1A, mô hình số độ cao (DEM) và bản đồ hiện trạng sử dụng đất. Chúng tôi thực hiện phân loại các lớp phủ bề mặt dựa vào giá trị tán xạ phản hồi của dữ liệu Sentinel-1A để xác định mở rộng phạm vi ngập nước thực vật trên cơ sở sự tương tác giữa tín hiệu radar và các đối tượng ở vùng ngập lũ.

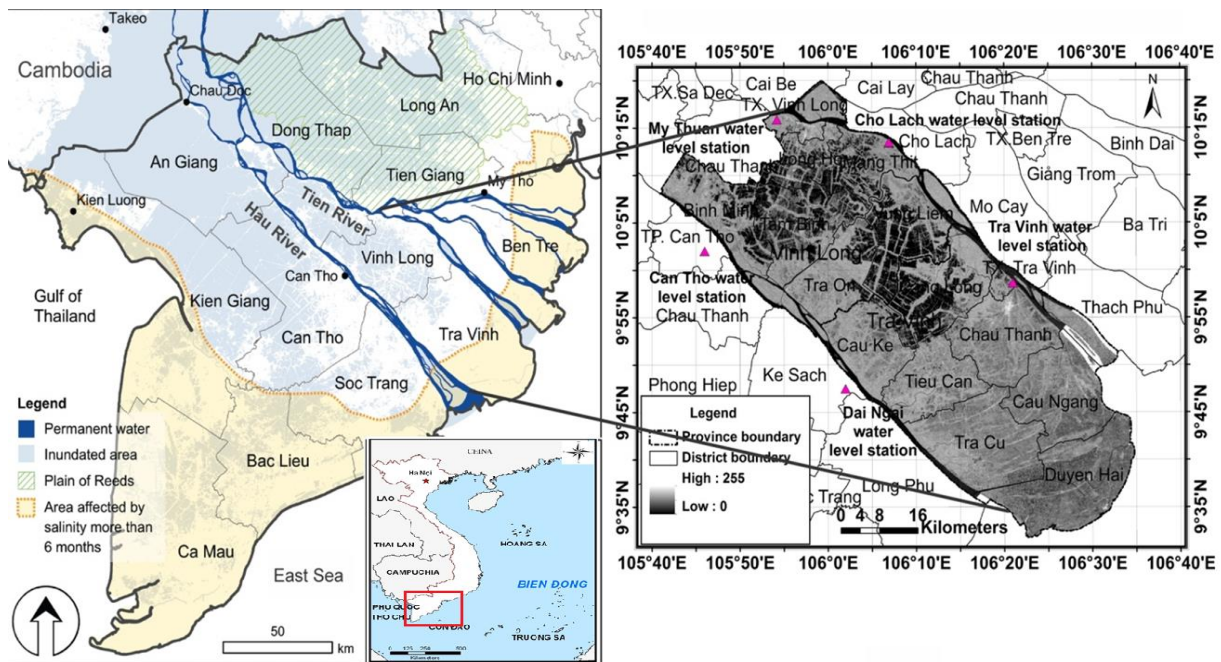
2. Vùng nghiên cứu và dữ liệu sử dụng

2.1. Vùng nghiên cứu

Vùng nghiên cứu thuộc tỉnh Trà Vinh và tỉnh Vĩnh Long từ 105°42' đến 106°25' kinh độ Đông và từ 9°35' đến 10°20' vĩ độ Bắc được thể hiện trong bình đồ ảnh vệ tinh Sentinel-1A chụp ngày 23 tháng 11 năm 2014 (Hình 1b). Khu vực có nền ảnh sáng tương ứng với vùng thực vật ở vùng cao, ngược lại vùng tối biểu thị các đối tượng ở vùng thấp như bề mặt đất, cỏ, lúa, dân cư bị ngập bởi nước lũ. Địa hình vùng nghiên cứu được đưa ra trong mô hình số độ cao trong Hình 2 với độ dốc rất ít theo hình dáng của khu vực nghiên cứu. Độ cao thấp nhất là 0m thuộc phía Tây Bắc khu vực nghiên cứu. Độ cao cao nhất là 7 m thuộc phía Đông khu vực nghiên cứu.

Khu vực nghiên cứu có khí hậu nhiệt đới, mùa hè có lượng mưa nhiều hơn mùa đông. Lượng mưa trung bình trong năm xấp xỉ 1500 mm. Nhiệt độ trung bình là 27°C (Climate-Data.org). Theo báo cáo của tổng cục thống kê Việt Nam năm 2011, dân số của hai tỉnh Trà Vinh và Vĩnh Long lần lượt vào khoảng 1.028.600 và 1.012.600 người. Đây cũng là khu vực có nhiều loài cá như Prawns, Basa

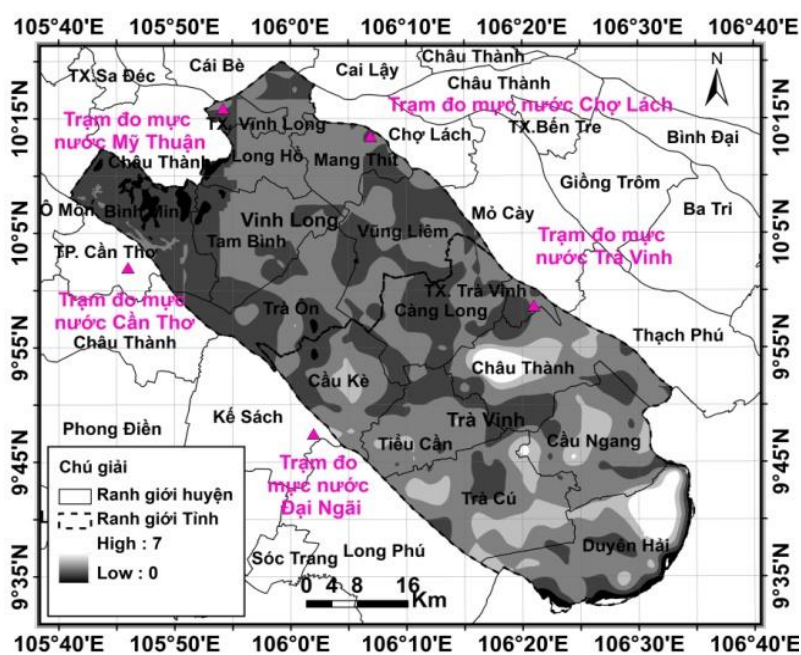
và Tra sinh sống cung cấp giá trị kinh tế cao. Đất đai phì nhiêu là điều kiện tốt để trồng các giống cây ăn quả nổi tiếng bao gồm măng cụt, chôm chôm và sầu riêng (báo cáo phát triển kinh tế xã hội năm 2012). Các loại lớp phủ bề mặt tại khu vực có sự thay đổi nhanh theo sự thay đổi của mực nước lũ. Bản đồ sử dụng đất năm 2015 với tỷ lệ 1:50.000 xuất bản bởi Bộ Tài nguyên và Môi trường thể hiện hơn 30 lớp sử dụng đất ở hai tỉnh Trà Vinh và Vĩnh Long. Dựa vào bản đồ này và mô hình số độ cao, dữ liệu cho lớp thực vật được lựa chọn để xác định các ảnh hưởng bởi mực nước. Đầu tiên, vùng nghiên cứu được chia ra làm hai vùng bao gồm vùng cao và vùng thấp bởi hai vùng này có ảnh hưởng của nước lũ đối với thực vật là khác nhau. Nhóm thứ nhất là vùng thấp có độ cao từ 0m đến 1m bao gồm các thực vật ở vùng thấp, lúa nước và cây ngập nước chịu ảnh hưởng trực tiếp bởi sự tăng mực nước lũ. Nhóm thứ hai là vùng cao có độ cao trên 1 m bao gồm thực vật vùng cao, nhóm này chỉ bị ảnh hưởng của lũ lụt khu vực nước dâng lên tới đỉnh lũ. Vùng trồng lúa ở nhóm này phân bố ở xung quanh vùng nghiên cứu ngoài tác động của nước lũ còn phụ thuộc vào sự ngập lụt cục bộ, nông lịch và các thông số liên quan khác.



Hình 1. (a) Bản đồ các tỉnh đồng bằng sông Cửu Long, các khu vực dễ bị ngập lụt và xâm nhập mặn (Modified from Mira, 2008); (b) Sentinel-1A data acquired on November 23, 2014 of study area.

Bảng 1. Các thời điểm chụp ảnh của vệ tinh Sentinel-1A và dữ liệu mực nước tương ứng với thời điểm chụp ảnh ở 5 trạm đo mực nước bao gồm các trạm Đại Ngãi, Trà Vinh, Cần Thơ, Chợ Lách và Mỹ Thuận.

TT	Thời điểm đo (ngày-tháng-năm)	Mực nước ở Đại Ngãi (cm)	Mực nước ở Trà Vinh (cm)	Mực nước ở Cần Thơ (cm)	Mực nước ở Chợ Lách (cm)	Mực nước ở Mỹ Thuận (cm)
1	06-10-2014	30	22	22	45	73
2	30-10-2014	30	23	23	47	69
3	23-11-2014	49	48	48	75	92
4	05-12-2014	34	40	42	61	72
5	10-01-2015	28	34	34	48	53
6	15-02-2015	28	32	33	48	50
7	11-3-2015	29	31	31	48	49
8	04-4-2015	1	1	1	16	21
9	28-4-2015	-1	0	0	13	17
10	15-6-2015	-4	-5	-5	8	19
11	09-7-2015	-10	-19	-19	7	28
12	26-8-2015	14	2	2	33	58
13	19-9-2015	30	22	22	45	73
14	13-10-2015	30	22	23	46	71
15	06-11-2015	38	35	34	58	80



Hình 2. Mô hình số độ cao (DEM) và các trạm đo mực nước (Nguồn: MRC).

2.2. Dữ liệu sử dụng

Dữ liệu sử dụng trong nghiên cứu này bao gồm 15 cảnh ảnh Sentinel-1A được chụp từ tháng 10 năm 2014 đến tháng 11 năm 2015 (Bảng 1). Tất cả các ảnh chụp ở góc tới là 230 với độ phân cực VV và có độ phân giải không gian 20m trong

suốt mùa mưa và mùa khô của năm. Các điều kiện thay đổi bề mặt trong suốt mùa mưa là phức tạp hơn sự thay đổi bề mặt trong mùa khô (Almeida-Filho et al., 2009). Dữ liệu Sentinel-1A có thể quan trắc thay đổi bề mặt trong khoảng thời gian 12 ngày trong suốt mùa mưa và mùa khô của năm. Chúng tôi sử dụng chuỗi ảnh Sentinel-1A để xác

định giá trị tán xạ phản hồi từ các lớp phủ bề mặt để tính toán sự thay đổi về diện tích của các lớp phủ bề mặt do tác động của lũ lụt. Dữ liệu mực nước ở các thời điểm chụp ảnh vệ tinh Sentinel-1A được thu thập ở 5 trạm đo mực nước ở vùng nghiên cứu đưa ra trong Bảng 1.

2.3. Dữ liệu bổ trợ

Mực nước ở các thời điểm vệ tinh Sentinel-1A chụp ảnh đã được quan trắc ở 5 trạm Đại Ngãi, Trà Vinh, Cần Thơ, Chợ Lách và Mỹ Thuận là kết quả so với mực nước biển trung bình gốc ở Hà Tiên. Mực nước ở các trạm được đo thủy chuẩn chính xác từ trạm gốc ở Hà Tiên thực hiện bởi Ủy hội sông Mê Công (MRC) (Hình 2b). Mô hình số độ cao ở hai tỉnh Trà Vinh và Vĩnh Long (Hình 2b) được sản xuất bởi Ban hỗ trợ kỹ thuật của MRC từ bản đồ địa hình với khoảng cao đều 1m ở tỷ lệ gốc 1: 40.000. Độ chính xác về mặt bằng được chia mẫu không gian là 65m và độ chính xác về độ cao là 0,3m.

Bản đồ hiện trạng sử dụng đất năm 2015 tỷ lệ 1: 50.000 bao gồm hơn 30 lớp sử dụng đất của hai tỉnh Trà Vinh và Vĩnh Long được thu thập phục vụ công tác phân loại và đánh giá độ chính xác phân loại ảnh vệ tinh Sentinel-1A. Các lớp thông tin liên quan đến thực vật được sử dụng để phục vụ công việc xác định trạng thái ngập lụt ở khu vực nghiên cứu trong chu kỳ lũ lụt năm

3. Phương pháp

3.1. Xử lý dữ liệu Sentinel-1A

Tất cả dữ liệu Sentinel-1A được cung cấp bởi cơ quan không gian Châu Âu ở dạng S1A_IW_GRDH_1SDV sẽ được chuẩn hóa về bức xạ để thu được giá trị tán xạ phản hồi (σ^0), được mô tả theo công thức sau đây đối với từng điểm ảnh (Laur et al., 2004):

$$\sigma^0 = \left(\frac{1}{N} \cdot \sum_{i,j=1}^N DN_{ij}^2 \right) \cdot \frac{1}{K} \cdot \frac{\sin \alpha}{\sin \alpha_{ref}} \quad (1)$$

Trong đó:

- N là số điểm ảnh trong vùng quan tâm (Area of Interest - AOI) ví dụ nhóm điểm ảnh tương ứng với các mục tiêu phân bố của ảnh,

- i và j là vị trí điểm ảnh theo hàng và cột,

- DN_{ij} là giá trị số tương ứng với vị trí điểm ảnh (i,j),

- α là góc tới trung bình trong mục tiêu phân bố,

- α_{ref} là góc tới tham khảo, ví dụ 23,0°,

- K là hằng số chuẩn hóa (60dB).

Trong nghiên cứu này, giá trị tán xạ phản hồi (σ^0) trong công thức (1) đã được sử dụng để chuẩn hóa dữ liệu Sentinel-1A ở vùng ngập lũ Trà Vinh và Vĩnh Long. Hiệu chỉnh hình học với độ chính xác vị trí điểm ảnh nhỏ hơn kích thước điểm ảnh về hệ tọa độ địa lý được thực hiện dựa vào mô hình số độ cao (DEM) với độ chính xác độ cao 0,3 m để hiệu chỉnh các sai số do địa hình gây ra và lấy mẫu với điểm ảnh 20 m. Giá trị tán xạ phản hồi đối với mỗi lớp phủ bề mặt thu được sẽ không đồng nhất do nhiễu đốm. Bởi vậy, chúng tôi áp dụng một phương pháp lọc Lee tăng cường với cửa sổ lọc 5x5 điểm ảnh để giảm nhiễu và thu được giá trị tán xạ phản hồi trung bình đối với mỗi lớp phủ bề mặt đồng nhất (Lee et al., 2009).

3.2. Phân loại hướng đối tượng đối với các lớp phủ bề mặt

Quy trình của phân loại hướng đối tượng được chia thành các bước như sau:

- Phân đoạn đa độ phân giải,
- Xây dựng hệ thống phân cấp lớp,
- Phân loại theo cây quyết định (các luật phân loại) và
- Đánh giá kết quả phân loại.

Phân loại hướng đối tượng được thực hiện trên phần mềm eCognition (Baatz et al., 2004) đã được mô tả trước đây bởi (Whiteside and Ahmad, 2004). Tuy nhiên, việc ứng dụng phương pháp phân loại này phục vụ quan trắc các thay đổi của các lớp phủ bề mặt ở vùng ngập lũ là chưa được thực hiện trước đây. Quá trình này được chia thành 2 bước bao gồm phân đoạn và phân loại.

Phân đoạn đa độ phân giải:

Công đoạn đầu tiên của phương pháp phân loại hướng đối tượng là phân đoạn ảnh thành các đối tượng theo hai mức tỷ lệ. Ảnh cắt theo ranh giới khu vực nghiên cứu được phân đoạn thành các đối tượng bằng phần mềm eCognition. Quá trình phân đoạn ảnh thành các đối tượng chịu ảnh hưởng của ba thông số: tỷ lệ (scale), màu sắc (colour) và độ chặt (compactness) (Willhauck et al., 2000). Thông số tỷ lệ ảnh hưởng trực tiếp đến kích thước của đối tượng sẽ được phân mảnh. Thông số màu sắc liên quan đến hình dạng và cấu

trúc của đặc thù riêng của các đối tượng. Lựa chọn thông số này tối ưu sẽ giúp cho các đối tượng được phân mảnh đồng nhất về phổ hoặc không gian. Trong khi đó độ chặt được định nghĩa là tỷ số giữa chu vi của một đối tượng và căn bậc hai của tổng số pixel nằm trong đối tượng đó.

Thông số tỷ lệ được đặt bởi người xử lý ảnh chịu ảnh hưởng bởi sự đồng nhất của các điểm ảnh (pixel) trong mỗi đối tượng. Thông số màu sắc cân bằng sự đồng nhất về màu sắc và đồng nhất về hình dạng. Thông số độ chặt cân bằng giữa phân bố ít và phân bố nhiều. Trọng số của các thông số này là một tiêu chuẩn đồng nhất trong mỗi đối tượng. Một sự kiểm tra trực quan các đối tượng từ kết quả thay đổi trọng số được sử dụng để xác định giá trị toàn bộ đối với trọng số ở mỗi mức tỷ lệ (Bảng 2). Đầu tiên, sự đồng nhất của các điểm ảnh được xem xét đối với các đối tượng của mỗi lớp phủ thực vật. Dựa vào mô hình số độ cao và mực nước, hai nhóm được chia ra là vùng cao và vùng thấp. Trong mỗi nhóm, thực vật, thực vật ngập lụt và bề mặt nước được phân loại. Bởi vậy, có hai mức tỷ lệ được chọn cho quá trình phân loại. Lựa chọn tốt nhất đối với thông số tỷ lệ lần lượt là 5 và 10 cho mức 1 và 2 (Kavzoglu, 2014). Thông số độ chặt được cố định ở 0,5, chúng tôi tiến hành kiểm tra các thông số hình dạng khác nhau như 0,1; 0,2; 0,3;...;0,9. Độ chính xác cao nhất của kết quả phân loại nhận được tương ứng với thông số hình dạng lần lượt là 0,2 và 0,4 đối với mức tỷ lệ 1 và 2. Tiếp tục giữ thông số tỷ lệ và hình dạng, giá trị tối ưu nhất đối với thông số độ chặt là 0,7.

Bảng 2. Các giá trị đối với thông số trọng số ở mỗi mức tỷ lệ.

Mức tỷ lệ	Thông số tỷ lệ	Thông số hình dạng	Thông số độ chặt
1	5	0.2	0.7
2	10	0.4	0.7

Phân loại:

Phân loại hướng đối tượng khác với phân loại có giám định về phương pháp lấy mẫu và xây dựng lý thuyết cơ sở. Quy trình của phân loại hướng đối tượng là theo các lớp thứ bậc. Dựa vào cấu trúc thứ bậc, các lớp được nhóm theo phương pháp này cho phép đi xuống theo sự mô tả của lớp thấp hơn. Phân nhóm theo cấu trúc thứ bậc mở ra một phạm vi lớn đối với việc xây dựng các định nghĩa

về ảnh và đối với các chiến lược phân tích khác nhau. Tương tác của người dùng với quy trình dựa vào thống kê, cấu trúc, hình dạng và mối quan hệ giữa các đối tượng được định nghĩa như vùng mẫu. Sự phân loại của một đối tượng có theo phương pháp người láng giềng gần nhất “phân loại cứng” hoặc “phân loại mềm” sử dụng chức năng mờ (fuzzy) (Manakos, 2001).

Theo phương pháp phân loại mềm, mỗi lớp của cơ chế phân loại bao gồm các mô tả về lớp đó. Mỗi sự mô tả lớp bao gồm một sự diễn tả mờ cho phép đánh giá các đặc trưng đặc biệt và các toán tử logic của chúng. Một quy tắc mờ có thể có một điều kiện hoặc bao gồm sự kết hợp của vài điều kiện để thỏa mãn các yêu cầu đối với một đối tượng được gán vào một lớp. Tập hợp mờ được định nghĩa bởi chức năng các thành viên nhằm xác định các giá trị của các đặc trưng liên quan đến sự điển hình, ít điển hình, không điển hình của một lớp, ví dụ chúng có cao, thấp hoặc 0 thành viên trong tập hợp mờ (Mitri and Gitas, 2002).

Bốn lớp phủ bề mặt trong vùng nghiên cứu được xác định dựa vào cấu trúc hình thành của thực vật và đặc tính của nước. Các quy tắc phân lớp đối với các đối tượng được phát triển sử dụng dấu hiệu phổ, hình dạng, vị trí và các mối quan hệ cấu trúc của các đối tượng. Các quy tắc đó được sử dụng để phân loại cơ bản ảnh, mô hình số độ cao và mực nước (Bảng 3). Các mẫu đối với mỗi lớp được lựa chọn từ các đối tượng ảnh như các vùng mẫu trong quá trình phân loại. Các đối tượng được gán theo quy tắc phân loại sử dụng dấu hiệu phổ, hình dạng, vị trí và các mối quan hệ cấu trúc. Các quy tắc này được sử dụng như đối với phân loại mờ với sự gán lớp xác suất nhất tới mỗi đối tượng.

Bảng 3. Xây dựng các quy tắc phân loại đối với dữ liệu Sentinel-1 dựa vào DEM và dữ liệu mực nước.

Lớp phủ bề mặt	Quy tắc phân loại		
	Sentinel-1A (dB)	DEM (m)	Mực nước (cm)
Nước Mặt	< -13	< 1	> -20
Thực vật vùng thấp	> -10	> 0 và ≤1	-
Thực vật vùng cao	> -10	>1	-
Thực vật ngập lụt	< -10 và > -13	< 2 và > 0	<100 và >-20

Đánh giá kết quả phân loại:

Bảng 4. Kết quả đánh giá độ chính xác của kết quả phân loại hướng đối tượng từ ảnh chụp 06/10/2014.

Các vùng mẫu		Số liệu kiểm chứng				Tổng hàng	Độ chính xác sản xuất
		Nước mặt	Thực vật vùng thấp	Thực vật ngập lụt	Thực vật vùng cao		
Kết quả phân loại	Nước mặt	171	9	0	7	187	0.91
	Thực vật vùng thấp	11	231	16	18	276	0.84
	Thực vật ngập lụt	6	32	208	28	274	0.76
	Thực vật vùng cao	2	8	45	252	307	0.82
Tổng cột		190	280	269	305	1044	
Độ chính xác sử dụng		0.90	0.83	0.77	0.83		
Độ chính xác toàn phần		0.83					
Chỉ số Kappa		0.77					

Bảng 5. Độ chính xác toàn phần và chỉ số Kappa trên các ảnh phân loại.

TT	Thời điểm chụp ảnh để thành lập bản đồ lớp phủ bề mặt	Độ chính xác toàn phần	Chỉ số Kappa
1	06-10-2014	0,83	0,77
2	30-10-2014	0,81	0,80
3	23-11-2014	0,78	0,77
4	05-12-2014	0,82	0,79
5	10-01-2015	0,84	0,80
6	15-02-2015	0,79	0,76
7	11-3-2015	0,81	0,76
8	04-4-2015	0,84	0,80
9	28-4-2015	0,82	0,77
10	15-6-2015	0,78	0,75
11	09-7-2015	0,80	0,79
12	26-8-2015	0,82	0,78
13	19-9-2015	0,83	0,77
14	13-10-2015	0,81	0,76
15	06-11-2015	0,79	0,78

Mô hình số độ cao, bản đồ lớp phủ bề mặt và mực nước có sẵn kết hợp với chiều cao của thực vật có thể xác định được trạng thái của thực vật. Các kết quả này không có sự hỗ trợ của dữ liệu viễn thám có thể sử dụng để đánh giá kết quả đạt được. Chúng tôi lựa chọn ngẫu nhiên các điểm mẫu để đánh giá trong toàn bộ khu vực nghiên cứu. Các điểm mẫu ngẫu nhiên bao gồm 190, 280, 269 và 307 điểm ảnh được lựa chọn để đánh giá kết quả phân loại của bốn lớp phủ bề mặt đưa ra trong Bảng 4. Độ chính xác lớp nước mặt là cao nhất với độ chính xác cao hơn 90% bởi vì hình ảnh

của bề mặt nước trên ảnh là đồng nhất cao. Tuy nhiên, độ chính xác của thực vật ngập lụt là thấp nhất chỉ khoảng 78% do sự lẫn lộn giữa thực vật và nước mặt.

Độ chính xác toàn phần và chỉ số Kappa của tất cả các bản đồ lớp phủ bề mặt được đưa ra trong Bảng 5. Độ chính xác toàn phần từ 0,78 đến 0,84 và chỉ số Kappa từ 0,75 đến 0,8.

Mặc dù khó phân loại chính xác các lớp phủ bề mặt ở vùng ngập lũ bởi vì sự trộn lẫn giữa bề mặt nước và thực vật cũng như sự thay đổi của chúng theo chu kỳ lũ lụt hàng năm. Sự đóng góp của mô hình số độ cao, bản đồ lớp phủ bề mặt và dữ liệu mực nước giúp cho việc nhận được các bản đồ lớp phủ bề mặt tại các thời điểm chụp ảnh với độ chính xác cao nêu ra trong Bảng 4 và Bảng 5.

4. Các kết quả và thảo luận

4.1. Các đặc tính của hệ số tán xạ phản hồi của các lớp phủ bề mặt

Các hệ số tán xạ phản hồi quan trắc được từ các vùng quan tâm (Region of Interest (ROIs)) thể hiện sự thay đổi các lớp phủ có tương quan cao với sự thay đổi của mực nước được đưa ra trong Hình 3. Lớp phủ thực vật nằm ở vùng thấp chịu ảnh hưởng sớm của lũ lụt hơn là thực vật ở vùng cao bởi vì độ cao địa hình của vùng thấp là dưới 1 m. Trong mùa lũ, trạng thái các lớp phủ bề mặt thay đổi do các điều kiện độ ẩm đất và nước mặt tăng. Sự thay đổi hệ số tán xạ phản hồi đo được trong cả mùa khô và mùa mưa có thể sử dụng để tính toán các thay đổi như vậy. Theo sự thay đổi hệ số tán xạ

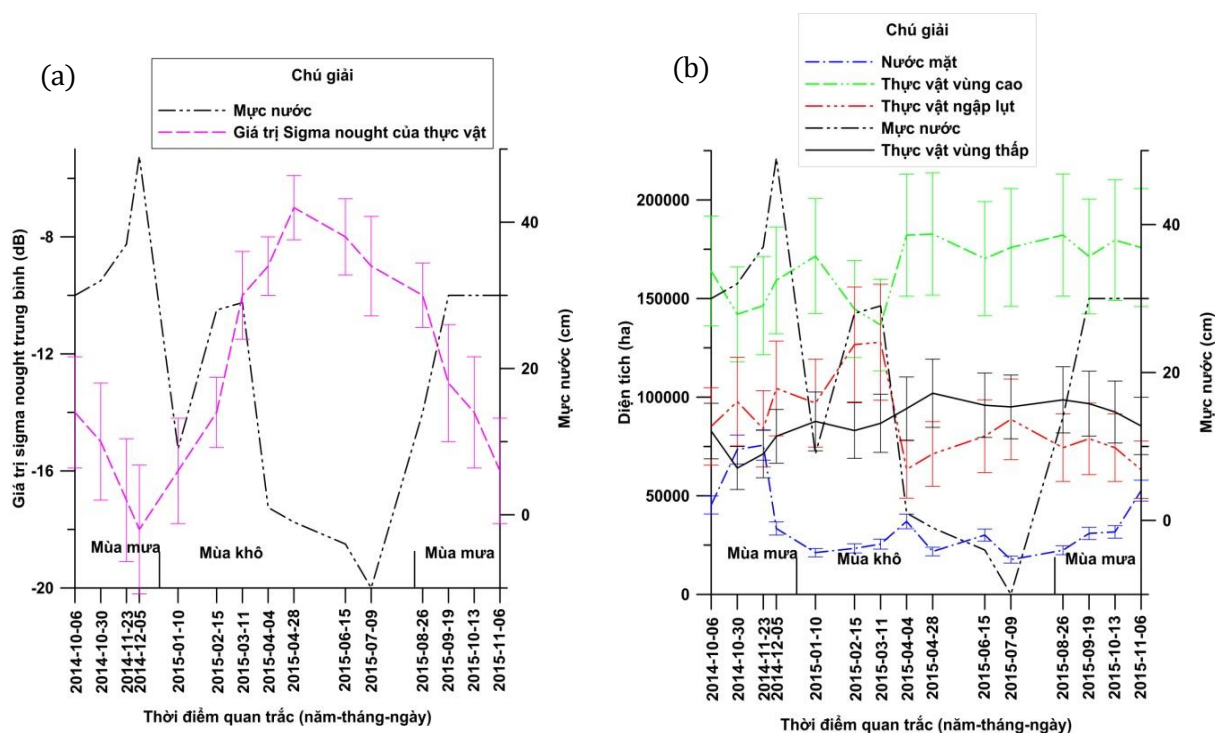
phản hồi, sự thay đổi hàng năm được chia làm hai giai đoạn (Hình 3a):

- Giai đoạn mùa khô (mức nước dưới 30 cm) được coi là giai đoạn có tán xạ phản hồi của kênh C ổn định. Trong suốt giai đoạn này, nước mặt trong vùng ngập lụt bắt đầu giảm. Giá trị tán xạ phản hồi giảm từ 4 dB to 8 dB bởi vì sự rút đi của nước lũ đến mức nhỏ nhất, kết quả của tán xạ hai lần giảm dần đến mức nhỏ nhất trong mùa khô. Sự phân biệt giữa giá trị tán xạ phản hồi đối với thực vật, thực vật ngập lụt và nước mặt là rất rõ ràng.

- Giai đoạn mùa mưa (mức nước tăng lên trên 30cm) tương ứng với sự giảm nhanh của giá trị tán xạ phản hồi. Khi mực nước vượt tới tán lá của cây hoặc thực vật bị ngập hoàn toàn, sự phản xạ của tín hiệu tăng với bề mặt nước gây ra sự giảm tổng tán xạ phản hồi. Giá trị tán xạ phản hồi của lớp cỏ và cây nông nghiệp ở vùng thấp luôn thấp nhất khi mực nước vượt quá chiều cao của cây vì vậy thực vật vùng thấp sẽ được thay thế bề mặt nước lũ trong giai đoạn này tương ứng với sự giảm giá trị tán xạ phản hồi. Đặc biệt, cây ăn quả ở vùng cao có chiều cao lớn nhất thường không bị chìm hoàn toàn bởi nước lũ dẫn đến có giá trị tán xạ phản hồi cao nhất trong giai đoạn này do hiện tượng tán xạ hai lần.

Các giá trị tán xạ phản hồi của thực vật vùng thấp giảm từ -7,6dB ở mùa khô tới -12,9dB ở mùa mưa. Trong mùa khô, sự khác nhau của giá trị tán xạ phản hồi giữa thực vật ngập lụt và thực vật là 4,2dB. Sự khác nhau lớn nhất giá trị tán xạ phản hồi của thực vật vùng thấp giữa hai mùa là 5,1dB. Sự khác nhau này được giải thích bởi sự khác nhau về cơ chế tán xạ sau: phản xạ hai lần, tán xạ khối và tán xạ bề mặt. Khi mực nước tăng sự tán xạ phản hồi nhìn chung là giảm do tín hiệu bị tán xạ theo nhiều hướng. Tuy nhiên, phản xạ hai lần tăng, đặc biệt đối với cây ăn quả ở vùng thấp, đây là kết quả của sự giảm tán xạ phản hồi đến mức tối thiểu trong mùa mưa. Cây có thân lớn đóng vai trò quan trọng trong giá trị tán xạ phản hồi tăng do phản xạ hai lần khi bề mặt đất dưới tán cây bị ngập nước lũ (Lee et al., 2004). Tuy nhiên, cây ăn quả có thân nhỏ không xảy ra phản xạ 2 lần giữa bề mặt nước và thân cây.

Thực vật vùng cao và vùng nông nghiệp nằm ở địa hình có độ cao lớn hơn 1m chỉ chịu ảnh hưởng khi nước lũ vượt lên đến đỉnh hoặc sự ngập lụt cục bộ. Các giá trị tán xạ phản hồi của thực vật cũng khác với thực vật ở vùng thấp trong mỗi giai đoạn thay đổi của mực nước như trong Hình 3.



Hình 3. (a) Mực nước và giá trị tán xạ phản hồi của thực vật trong năm; (b) Sự thay đổi tán xạ phản hồi tương ứng với các lớp phủ bề mặt.

Giá trị tán xạ phản hồi của thực vật vùng cao thường cao hơn giá trị phản hồi của thực vật vùng thấp. Giá trị lớn nhất và nhỏ nhất của tán xạ phản hồi của thực vật vùng cao trong suốt thời gian quan trắc lần lượt là -7,2 dB và -10,1 dB. Theo Hình 3, thực vật vùng cao bắt đầu chịu tác động bởi lũ lụt ở mực nước 1 m, trong khi đó thực vật vùng thấp bắt đầu chịu tác động bởi lũ lụt ở mực nước 0,3 m. Cần chú ý rằng giá trị tán xạ phản hồi đối với cây ăn quả ở vùng cao là cao lý do tín hiệu phản xạ hai lần thậm chí ở thời điểm lũ đạt đỉnh. Khi mực nước dưới 1m, cỏ ở cả vùng cao và vùng thấp có giá trị tán xạ phản hồi khác nhau. Điều này thể hiện tán xạ phản hồi ở kênh C đối với vùng cỏ là bị ảnh hưởng trực tiếp bởi hàm lượng nước trong đất, trong khi rừng cây ngập nước và cây ăn quả có kết quả phức tạp hơn bởi vì cơ chế tán xạ có sự kết hợp giữa phản xạ bề mặt nước, thân cây và tán cây.

Khu vực nông nghiệp đưa ra sự thay đổi giữa các mẫu tương tự với lớp cỏ ở vùng cao khi so sánh giá trị tán xạ phản hồi ở mực nước lớn hơn 1m. Trong mùa khô, các khu vực nông nghiệp có giá trị tán xạ phản hồi thấp hơn so với các khu vực cỏ tự nhiên. Điều này có thể được giải thích bởi sự khác nhau về sinh khối giữa các loại thực vật trong Hình 4. Thực vật có chiều cao thấp nhạy cảm với điều kiện trong mùa khô. Các giai đoạn trồng trọt, thu hoạch và phát triển cũng gây ra sự thay đổi lớp phủ trong vùng nông nghiệp (Toan et al., 1997). Bởi vậy, việc sử dụng giá trị tán xạ phản hồi rất khó phân biệt giữa khu vực nông nghiệp và đồng cỏ tự nhiên. Tất cả các loại thực vật trù lớp rừng ở vùng thấp đưa ra sự giảm dần giá trị tán xạ phản hồi trong suốt giai đoạn đầu mùa mưa và tăng dần vào cuối mùa mưa. Mực nước tăng sẽ gây ra sự thay đổi nhanh và thay đổi ngược lại nước lũ rút đi.

4.2. Sự thay đổi các lớp phủ bề mặt

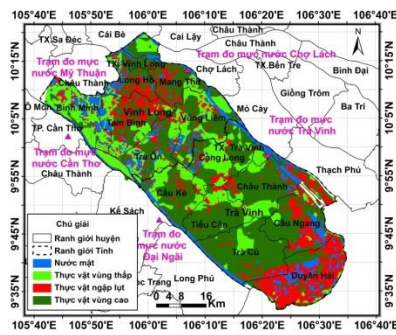
Chúng tôi tính toán và vẽ sự thay đổi diện tích của lớp thực vật, thực vật ngập lụt, nước mặt như trong Hình 3b với độ chính xác 1 độ lệch chuẩn. Độ lệch chuẩn của mỗi lớp phủ được lấy từ kết quả đánh giá độ chính xác của kết quả phân loại ảnh vệ tinh Sentinel-1A. Theo kết quả tính toán, diện tích lớp thực vật vùng thấp giảm 37,19% tổng số diện tích lớp thực vật vùng thấp khi mực nước lên đến 0,48 m, điều này chỉ ra rằng 10,3% diện tích thực vật vùng thấp trong toàn bộ khu vực nghiên cứu

chịu ảnh hưởng bởi lũ lụt.

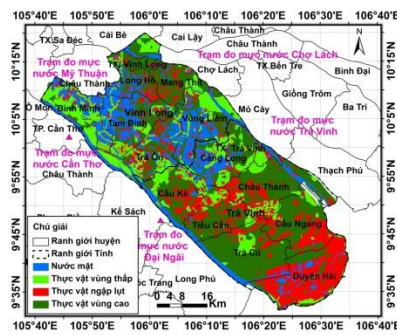
Theo kết quả tính toán diện tích thực vật ngập lụt trong vùng nghiên cứu, diện tích lớn nhất và nhỏ nhất của thực vật ngập lụt chiếm lần lượt 33,94% và 16,76% tổng diện tích khu vực nghiên cứu. Có nghĩa là một diện tích thực vật ngập lụt (17,18% tổng diện tích khu vực nghiên cứu) được chuyển sang lớp thực vật khi mực nước giảm.

Tổng diện tích nước mặt là 4,67% tổng diện tích khu vực nghiên cứu trong mùa khô. Tuy nhiên, diện tích nước mặt tăng lên 20.05% tổng diện tích khu vực nghiên cứu trong mùa mưa. Sự thay đổi diện tích thực vật rất nhạy cảm với sự lên xuống của mực nước bởi vì cỏ và lúa có chiều cao cây thấp. Sau khi đạt mực nước thấp nhất, diện tích của lớp thực vật ngập lụt và diện tích của lớp thực vật giảm nhanh trong khi diện tích nước mặt tăng. Điều đó có nghĩa rằng một phần diện tích của thực vật ngập lụt và thực vật đã chuyển sang lớp nước mặt.

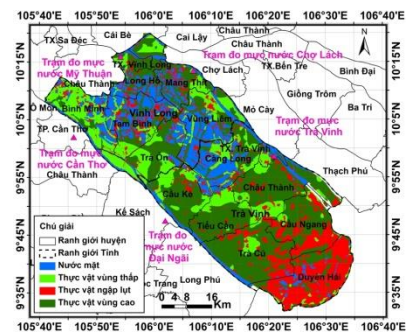
Các bản đồ đưa ra chi tiết các loại lớp phủ ở các thời điểm quan trắc giúp cho việc cung cấp các thông tin về sự thay đổi của các lớp phủ thực vật trong chu kỳ lũ lụt. Ảnh hưởng của lũ lụt bắt đầu từ mực nước trên 30 cm, bởi vậy chúng tôi có so sánh bản đồ lớp phủ bề mặt ở mực nước 30 cm thành lập từ ảnh Sentinel-1A và bản đồ được xây dựng mô phỏng từ mô hình số độ cao, bản đồ sử dụng đất và mực nước ở 30 cm (Hình 5). Kết quả so sánh bản đồ thành lập bằng ảnh Sentinel-1A và bản đồ mô phỏng nhìn chung tương tự nhau, nhưng có sự khác nhau từ 0 đến 12,5% của tổng diện tích các lớp phủ. Sự khác nhau giữa hai bản đồ này về diện tích của thực vật vùng thấp và thực vật vùng cao lần lượt là 3,8% và 1,2% của tổng diện tích khu vực nghiên cứu. Có vài nguồn sai số tồn tại trong quá trình mô phỏng mô hình số độ cao và bản đồ sử dụng đất. Ví dụ, độ chính xác của mô hình số độ cao lấy từ bản đồ địa hình có khoảng cao đều 1m chỉ đạt độ chính xác 0,3 m. Bởi vậy, kết quả thu được từ mô phỏng sử dụng mô hình số độ cao và bản đồ sử dụng đất là không đủ độ chính xác để áp dụng cho khu vực nghiên cứu rộng lớn với đa dạng các loại thực vật có chiều cao cây khác nhau. Kết quả của nghiên cứu này chỉ ra rằng tính toán sự thay đổi các lớp phủ bề mặt theo mực nước giúp cho việc hiểu rõ hơn động lực của lũ lụt đối với hoạt động của con người và phương pháp giảm thiểu tác động và thích nghi với chúng.



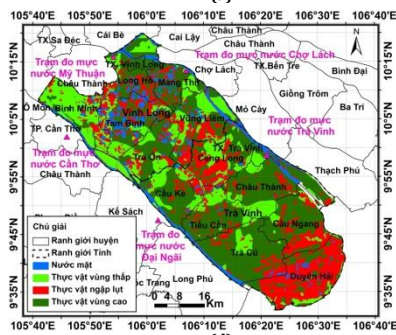
(a)



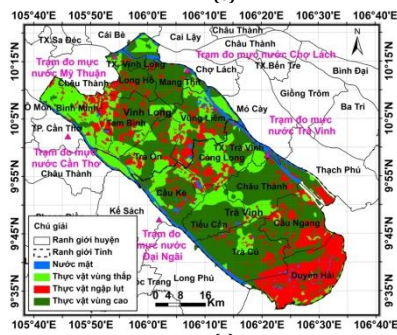
(b)



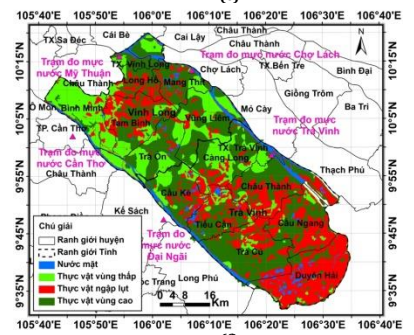
(c)



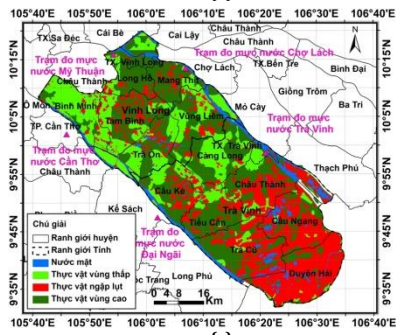
(d)



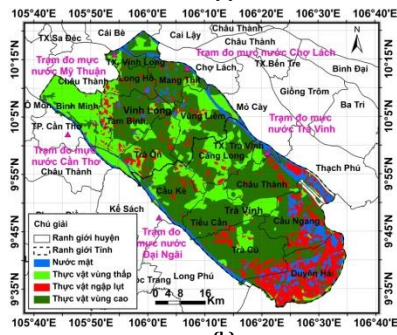
(e)



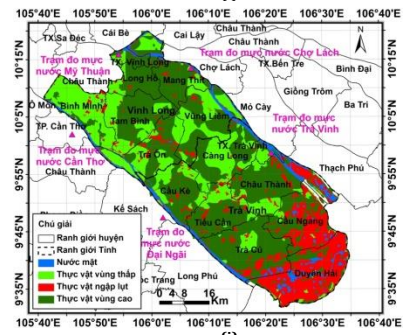
(f)



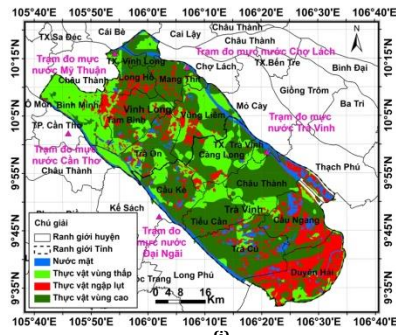
(g)



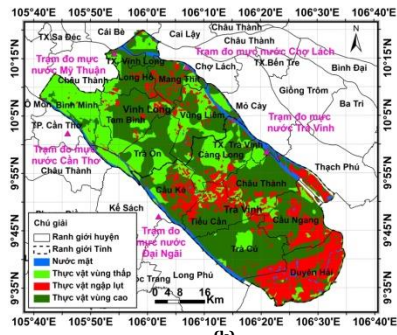
(h)



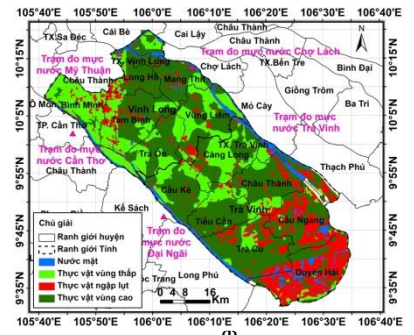
(i)



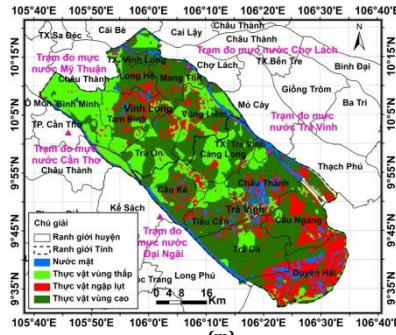
(j)



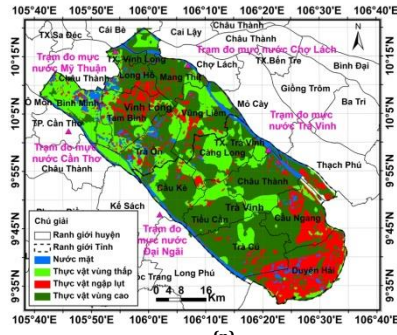
(k)



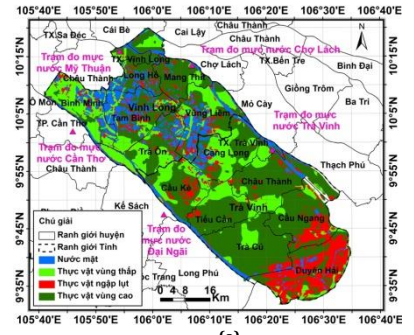
(l)



(m)



(n)

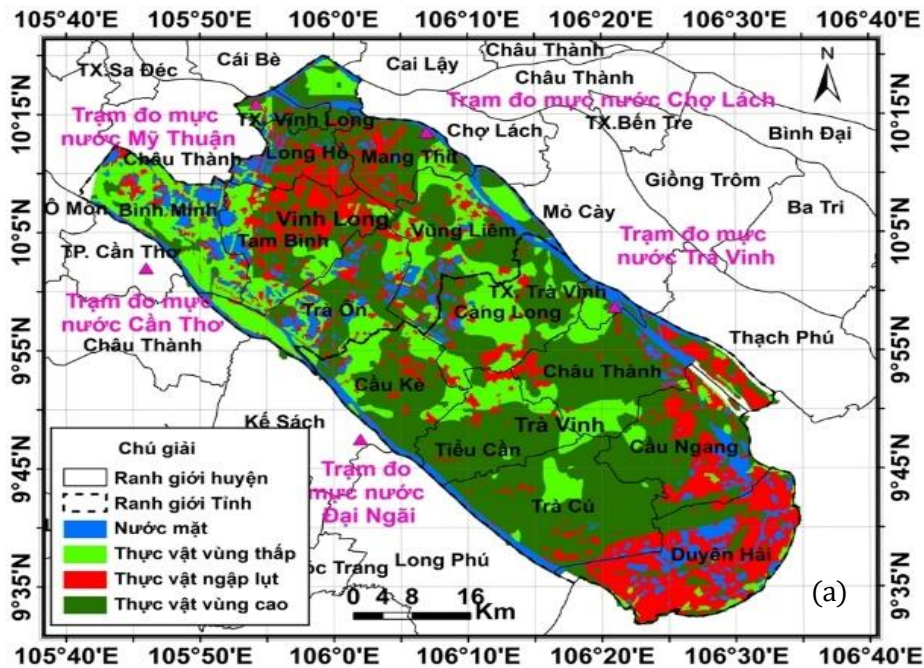


(o)

Hình 4. Các bản đồ lớp phủ bề mặt ở các thời điểm (a) 06-10-2014; (b) 30-10-2014; (c) 23-11-2014; (d) 05-12-2014; (e) 10-01-2015; (f) 15-02-2015; (g) 11-3-2015; (h) 04-4-2015; (i) 28-4-2015; (j) 15-6-2015; (k) 09-7-2015; (l) 26-8-2015; (m) 19-9-2015; (n) 13-10-2015; và (o) 06-11-2015 trong vùng nghiên cứu.

Bảng 6. Diện tích của mỗi lớp phủ bề mặt trong một chu kỳ lũ lụt (đơn vị: ha và phần trăm).

TT	Ngày chụp (năm-tháng-ngày)	Nước mặt		Thực vật vùng cao		Thực vật ngập lụt		Thực vật vùng thấp	
		(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%
1	2014-10-06	45351.23	12.02	163945.78	43.45	85184.36	22.58	82809.09	21.95
2	2014-10-30	73462.43	19.47	141994.21	37.64	97775.53	25.92	64058.29	16.98
3	2014-11-23	75624.89	20.05	146381.49	38.81	83958.24	22.26	71237.98	18.89
4	2014-12-05	33416.27	8.86	159256.17	42.21	104432.24	27.68	80152.78	21.25
5	2015-01-10	21179.37	5.61	171491.42	45.45	96982.23	25.70	87703.62	23.24
6	2015-02-15	23327.14	6.18	144673.18	38.30	126682.36	33.53	83079.25	21.99
7	2015-03-11	25493.53	6.77	136601.85	36.27	127831.82	33.94	86732.39	23.03
8	2015-04-04	37004.23	9.82	182141.87	48.35	63358.21	16.82	94214.69	25.01
9	2015-04-28	21745.15	5.76	182681.82	48.38	71203.58	18.86	102001.74	27.01
10	2015-06-15	30092.12	7.99	170232.41	45.22	80206.81	21.31	95893.24	25.47
11	2015-07-09	17621.95	4.67	175874.17	46.61	88747.19	23.52	95051.52	25.19
12	2015-08-26	22394.27	5.93	182171.83	48.25	74352.41	19.69	98611.96	26.12
13	2015-09-19	30917.13	8.18	171332.25	45.34	78881.44	20.88	96727.23	25.60
14	2015-10-13	31671.31	8.38	179604.28	47.50	74372.72	19.67	92473.57	24.46
15	2015-11-06	52604.24	13.95	175853.11	46.64	63205.24	16.76	85392.34	22.65



Lời cảm ơn

Chúng tôi cảm ơn sự cung cấp miễn phí dữ liệu Sentinel-1A từ Cơ quan không gian Châu Âu. Các tác giả cũng chân thành cảm ơn Ủy hội sông Mê Công đã cung cấp dữ liệu về mực nước và mô hình số độ cao, và cảm ơn Tổng cục quản lý đất đai thuộc Bộ Tài nguyên và Môi trường đã cung cấp bản đồ sử dụng đất ở khu vực nghiên cứu.

Tài liệu tham khảo

- Almeia-Filho, R., Y. E. Shimabukuro, A. Rosenqvist and G. A. Sanchez, 2009. "Using dual-polarized ALOS PALSAR data for detecting new fronts of deforestation in the Brazilian Amazonia," *Int. J. Remote Sens* 30(14), 3735-3742.
- Alsdorf, D. E., J. M. Melack, T. Dunne, L. A. K. Mertes, L. L. Hess, and L. C. Smith, 2000. "Interferometric radar measurements of water level changes on the Amazon flood plain," *Nature* 404, 174-177.
- Baatz, M., Benz, U., Dehghani, S., Heynen, M., Hölthje, A., Hofmann, P., Lingenfelder, I., Mimler, M., Sohlbach, M., Weber, M., & Willhauck, G., (2004), eCognition Professional: User guide 4.; Munich: Definiens-Imaging.
- Ben, A. L., 2011. Wetlands: Integrating Multidisciplinary Concepts. NewYork, USA: Springer, ch. 1, 3-25.
- Bouvet, A., and T. Le Toan, 2011. "Use ENVISAT/ASAR wide-swath data for timely rice fields mapping in the Mekong River Delta," *Remote Sens. Environ.* 115(4), 1090-1101.
- Campbell, I. C., C. Poole, W. Giesen, and J. Valbo-Jorgensen, 2006. "Species diversity and ecology of Tonle Sap Great Lake, Cambodia," *Aquat. Sci.* 68(3), 355-373.
- Claudia, K., Huadong, G., Juliane, H., Patrick, L., Xinwu, L. and Stefan, D., 2013. "Flood Mapping and Flood Dynamics of the Mekong Delta: ENVISAT-ASAR-WSM Based Time Series Analyses," *Remote Sens.* 5., 687-715.
- Climate: Vinh Long and Tra Vinh Provinces. <http://en.climate-data.org/location/6157/>; <http://en.climate-data.org/region/810/>
- ESA, 2014. "SENTINEL-1 SAR User Guide Introduction," Available at: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-1-sar>.
- Hess, L., J. Melack, S. Filoso, and Y. Wang, 1995. "Delineation of inundated area and vegetation along the Amazon floodplain with the SIR-C synthetic aperture radar," *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing* 33(4), 896-904.
- Kasischke, E., and L. Bourgeau-Chavez, 1997. "Monitoring South Florida Wetlands Using ERS-1 SAR Imagery," *Photogramm. Eng. Remote Sens.* 63(3), 281-291.
- Kavzoglu, T.; Yildiz, M., 2014. "Parameter-Based Performance Analysis of Object-Based Image Analysis Using Aerial and Quikbird-2 Images," *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume II-7, 31-37.
- Kummu, M., and J. Sarkkula, 2008. "Impact of the Mekong River flow alteration on the Tonle Sap flood pulse," *A Journal of the Human Environment* 37(3), 185-192.
- Lang, M. W., P. Townsend, and E. Kasischke, 2008. "Influence of incidence angle on detecting flooded forests using C-HH synthetic aperture radar data," *Remote Sens. Environ.*, 112(10), 3898-3907.
- Laur, H., P. Bally, P. Meadows, J. Sanchez, B. Schaettler, E. Lopinto, D. Esteban, 2004. "Derivation of the backscattering coefficient σ_0 in ESA ERS SAR PRI products," Issue 2, Rev. 5f, ESA, pp 4-5.
- Lee, S. K., S. H. Hong, S. W. Kim, Y. Yamaguchi, and J. S. Won, 2006. "Polarimetric features of oyster farm observed by AIRSAR and JERS-1," *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 44(10), 2728-2735.
- Lee J.-S.; Jen-Hung Wen; Thomas L. Ainsworth; Kun-Shan Chen; Abel J. Chen., 2009. "Improved Sigma Filter for Speckle Filtering of SAR Imagery," *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol 47, no. 1, pp 202 - 213. Manakos, I., (2001). "eCognition and Precision Farming". <http://www.lrz-muenchen.de/~lenn/>. eCognition Application Notes, Vol. 2, No 2, April 2001.

- Marti-Cardona, B., C. Lopez-Martinez, J. Dolz-Ripolles, and E. Bladè-Castelle, 2010. "ASAR polarimetric, multi-incidence angle and multitemporal characterization of Doñana wetlands for flood extent monitoring," *Remote Sens. Environ.* 114(11), 2802-2815.
- Milne, A. K., and I. J. Tapley, 2004. "Mapping and assessment of wetland ecosystems in the northwestern Tonle Sap Basin with AIRSAR Data," Mekong River Commission and the University of New South Wales (project report), 129 pages.
- Mira K., 2008. "Mekong Delta at the Crossroads: More Control or Adaptation?" *Ambio*, 37(3), 205-212.
- Mitri, G.H., and Gitas, I.Z., 2002. "The development of an object-oriented classification model for operational burned area mapping on the Mediterranean island of Thasos using LANDSAT TM images". Forest Fire Research & Wildland Fire Safety, Viegas (ed.) Millpress, Rotterdam, ISBN 90-77017-72-0.
- Prakash, R., D. Singh, and N. P. Pathak, 2012. "A fusion approach to retrieve soil moisture with SAR and optical data," *IEEE J. Sel. Topics Appl. Earth Observ. Remote Sens.* (JSTARS), 5(1), 196-206.
- Schmullius, C., and D. Evans, 1997. "Review article synthetic aperture radar (SAR) frequency and polarization requirements for applications in ecology, geology, hydrology, and oceanography: A tabular status quo after SIR-C/X-SAR," *Int. J. Remote Sens.* 18(13), 2713-2722.
- Shuhua Q., Daniel G. B., Qing T., Kathleen M. B., 2009. "Inundation Extent and Flood Frequency Mapping Using LANDSAT Imagery and Digital Elevation Models," *GIScience & Remote Sensing* 46(1), 101-127.
- Toan, T. L., F. Ribbes, L. F. Wange, N. Floury, N. Ding, and K. H. Kong, 1997. "Rice crop mapping and monitoring using ERS-1 data based on experiment and modeling results," *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing* 35(1), 41-56.
- Ulaby, F. T., K. Sarabandi, K. McDonald, M. Whitt, and M. C. Dobson, 1990. "Michigan microwave canopy scattering model," *Int. J. Remote Sens.* 11(7), 1223-1253.
- Wang, Y., L. L. Hess, S. Filoso, and J. M. Melack, 1995. "Understanding the radar backscattering from flooded and nonflooded Amazonian forests: results from canopy backscatter modeling," *Remote Sens. Environ.* 54(3), 324-332.
- Whiteside, T., & Ahmad, W., 2004. "Object-oriented classification of ASTER imagery for landcover mapping in monsoonal northern Australia," *Proceedings of 12th Australasian. Remote Sensing and Photogrammetry Conference.*
- Willhauck, G., Schneider, T., De Kok, R., & Ammer, U., 2000. "Comparison of object-oriented classification techniques and standard image analysis for the use of change detection between SPOT multispectral satellite images and aerial photos," *Proceedings of XIX ISPRS Congress*, 16-22 July, Amsterdam.

ABSTRACT

Monitoring the process of vegetation inundation in Vinh Long and Tra Vinh provinces using multi-temporal Sentinel-1A data

Trung Van Nguyen

Faculty of Geomatics and Land Administration, Hanoi University of Mining and Geology, Vietnam

The aims of the study were to determine the vegetation change due to the effect of the flood in Tra Vinh and Vinh Long provinces during the annual flood pulse. For performing this purpose, the flooded maps of vegetation were constructed from classified results of Sentinel-1A data, Digital Elevation Models (DEM), and water level data in the study area. In this paper, we used an object-oriented classification method for multi-temporal Sentinel-1A data with 24 days interval based on the association with DEM and the water level data in the year (from October 2014 to November 2015) with overall accuracy and kappa coefficient (0.81 and 0.78, respectively). The advantage of this study was that land cover information can be observed from radar data in all weather condition, and able to detect the surface condition changes beneath the canopy of vegetation. The areal variations of vegetated types were estimated based on the backscattering coefficient values change because these value changes were affected by varying the floodwater level for vegetation. The results indicated that a large portion of the lowland vegetation (about 10.3% of the total study area) was covered with the water surface at the peak of the flooding. A backscattering coefficient changes from -7.6 dB to -20.6 dB in the flood development stage showed that the areal vegetation was completely inundated about 15.38% of the total study area.

Keywords: Cuu Long rivers, Land cover, Sentinel-1A, floodplain, monitoring.