

Sử dụng dữ liệu viễn thám radar trong xác định rừng ngập mặn

- Hoàng Phi Phụng¹
- Lâm Đạo Nguyên¹
- Phạm Bách Việt²

¹ Trung tâm Ứng dụng Công nghệ Vệ tinh miền Nam, Trung tâm Vệ tinh Quốc gia

² Trường Đại học Khoa học Xã hội và Nhân văn, ĐHQG-HCM

(Bản thảo nhận ngày 28 tháng 06 năm 2016, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 18 tháng 08 năm 2016)

TÓM TẮT:

Rừng ngập mặn (RNM) được xem là một trong những hệ sinh thái rừng có ý nghĩa quan trọng về mặt sinh thái, môi trường và tài nguyên sinh vật. Phương pháp viễn thám sử dụng dữ liệu radar có tiềm năng cao trong xác định, phân loại và giám sát RNM. Thu nhận ảnh theo phương pháp radar không bị ảnh hưởng bởi các hiện tượng thời tiết trong bầu khí quyển (như bị che phủ bởi mây) và có thể thu nhận ảnh vào bất kỳ thời điểm nào trong ngày (kể cả ngày và đêm). Nghiên cứu này xem xét khả năng xác định, phân loại RNM của hai loại ảnh radar

ENVISAT ASAR APP (kênh C) và ALOS PALSAR (kênh L) ở khu vực bán đảo Cà Mau. Kết quả cho thấy dữ liệu ENVISAT ASAR APP khó khăn khi phân loại các đối tượng RNM với phân cực kép HH&HV cho một thời điểm ảnh. Dữ liệu ALOS PALSAR phân cực kép HH&HV một thời điểm có khả năng xác định khác biệt rừng theo độ che phủ cây rừng, còn xác định kiểu rừng theo loài (như rừng Mắm và rừng Đước) thì khó nhận diện chính xác. Kết quả phân loại theo độ che phủ rừng có độ chính xác vào khoảng 81,91%.

Từ khóa: ALOS PALSAR, ENVISAT ASAR, xác định, rừng ngập mặn, phân cực.

1. GIỚI THIỆU

Các nghiên cứu cho thấy kết quả tốt nhất cho việc ước lượng rừng nhận được từ dữ liệu SAR kênh L và P [1]. Đặc biệt trong RNM, Mougin và cộng sự [2] đã tìm thấy tương quan cao khi sử dụng phân cực HV với kênh P. Các bước sóng dài cũng thuận lợi cho việc phân loại RNM tại một thời điểm. Sự phân biệt giữa rừng đang phát triển (young forest) và rừng trưởng thành (mature forest) có thể thực hiện được ở kênh L (thông qua tổ hợp của dữ liệu HH - HV) hoặc tốt hơn với bốn phân cực hoặc dữ liệu phân cực đầy đủ với pha bảo toàn (phase-preserved)

[3]. Dựa trên dữ liệu SIR-C/X-SAR, Kiplich [4] đã cho thấy là khó khăn khi tách biệt các giai đoạn sinh trưởng của rừng Amazon với độ chính xác vừa đủ khi thực hiện trên các kênh X, C và L. Tuy nhiên, Rignot và cộng sự [5] đã kết luận kênh C có khả năng tách biệt rừng hơn là kênh L và P. Các kết luận khác nhau của họ cho thấy nên nghiên cứu nhiều hơn ở các vùng và các loại thực vật khác nhau, và sử dụng dữ liệu phân cực, bước sóng và góc tới khác nhau để có thể tính đến các thay đổi địa phương.

Theo Tổ chức Lương thực và Nông nghiệp

Liên Hiệp Quốc (FAO), RNM là những cây thân gỗ và cây bụi mọc dưới mức triều cao của triều cường [6]. Cơ chế tương tác chủ yếu của sóng radar với các giai đoạn phát triển của RNM phụ thuộc vào bước sóng radar [7]. Mỗi quan hệ này có thể được tìm thấy trong nghiên cứu của Mougín và cộng sự [2], và Proisy và cộng sự [8] đã khảo sát mối quan hệ giữa dữ liệu SAR với các chế độ tần số và phân cực khác nhau, và cấu trúc thành phần RNM cho khu vực Guiana, Pháp.

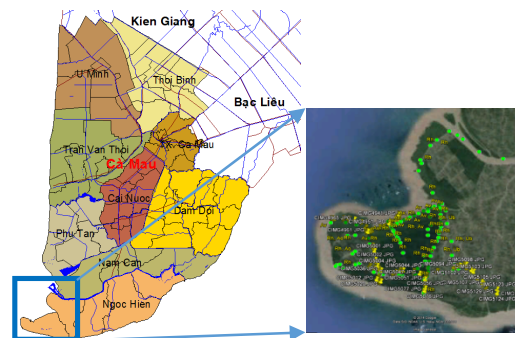
Phân loại RNM từ dữ liệu quang học hầu như đã được xem xét và nghiên cứu nhiều [9, 10], còn dữ liệu SAR thường được sử dụng như một dữ liệu bổ sung thông tin. Tuy nhiên với khả năng của các bộ cảm phân cực, dữ liệu radar có thể ứng dụng độc lập cho mục tiêu phân loại. Một vài nghiên cứu trích thông tin bản đồ rừng từ dữ liệu JERS-1 và ERS-1/ERS-2 ở vùng nhiệt đới, mục đích chính là xác định các vùng bị phá rừng [11, 12]. Các phương pháp dựa trên dữ liệu SAR cho việc tách biệt các lớp phủ như: phương pháp cây quyết định [13], công nghệ mixed spectral model [14], support vector machines (SVM) [15].... Các nghiên cứu khác sử dụng các dữ liệu SAR khác như RADARSAT [16], ALOS PALSAR (PLR) [17] và SIR-C/X-SAR [4].

Hiện nay hệ sinh thái RNM Cà Mau đang chịu ảnh hưởng nghiêm trọng bởi các hoạt động phá rừng hay chuyển đổi mục đích sử dụng đất, phát triển nuôi trồng thủy sản không theo quy hoạch. Nên việc nghiên cứu và giám sát RNM trở nên cấp thiết. Trong nghiên cứu này sẽ tìm hiểu khả năng phân loại RNM theo loại ở Cà Mau, cụ thể là hai loài mấn và đước (là hai loại cây chính ở RNM Cà Mau), và khả năng phân loại theo mật độ che phủ của RNM cho hai loại dữ liệu radar với bước sóng kênh L (PLR) và kênh C (ENVISAT ASAR - ASA) với hai phân cực HH và HV.

2. KHU VỰC NGHIÊN CỨU, DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1 Khu vực nghiên cứu

Phần lãnh thổ đất liền của tỉnh Cà Mau nằm trong tọa độ từ 8°30' - 9°10' vĩ Bắc và 104°8' - 105°5' kinh Đông. Tỉnh Cà Mau có đường bờ biển dài 254 km, chiếm 7,8 % chiều dài bờ biển cả nước (Nguồn: *Công thông tin điện tử Cà Mau, 2016*) có RNM là một tấm chắn tự nhiên bảo vệ bờ biển. Trong đề tài này sẽ giới hạn phạm vi nghiên cứu được trình bày ở hình 1.



Hình 1. Bản đồ hành chính tỉnh Cà Mau và vị trí khu vực nghiên cứu ở mũi Cà Mau

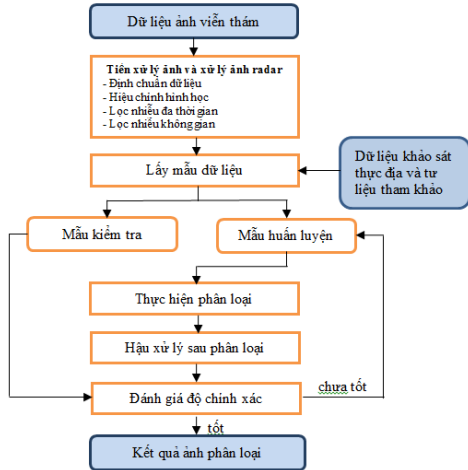
2.2 Dữ liệu sử dụng

Các dữ liệu ảnh đã thu thập cho nghiên cứu được trình bày ở bảng 2. Đề tài sử dụng dữ liệu thực địa vào ngày 30/11/2011 đến 06/12/2011 tại mũi Cà Mau. Trong hình 1 là các điểm khảo sát thực địa đã được thu thập, các thông tin ghi nhận như sau: trạng thái rừng, ước lượng độ tàn che; loài ưu thế, ước lượng chiều cao cây, mật độ cây. Các dữ liệu tham khảo khác gồm: a) Bản đồ loại đất loại rừng của Phân viện Điều tra Quy hoạch rừng Nam Bộ; b) Các ảnh của Google Earth. Dựa trên các dữ liệu này đề tài đã xây dựng bộ dữ liệu huấn luyện và dữ liệu kiểm tra.

2.3 Phương pháp nghiên cứu

Để khảo sát khả năng tách biệt các đối tượng trong RNM theo loại và mật độ che phủ của RNM, nghiên cứu đã thực hiện khảo sát các giá trị thông kê và hệ số tách biệt Jeffries-

Matusita [18] trên dữ liệu ảnh đã tiền xử lý. Các bước thực hiện việc phân loại được thể hiện qua sơ đồ hình 2, bao gồm các bước như sau: a) dữ liệu viễn thám gồm ảnh PLR và ASA sẽ được được tiền xử lý và xử lý; b) Chọn bộ mẫu dữ liệu kiểm tra và phân loại căn cứ vào dữ liệu đi thực địa và tư liệu tham khảo; c) Tiến hành việc phân loại và hậu xử lý sau khi phân loại ảnh.



Hình 2. Sơ đồ các bước thực hiện xử lý và phân loại ảnh radar

Tiền xử lý dữ liệu radar bằng cách sử dụng công cụ NEST (Next ESA SAR Toolbox) là một phần mềm mã nguồn mở, được sử dụng để định chuẩn bức xạ tuyệt đối cho dữ liệu ảnh PLR mức 1.5 và 1.1 và ảnh radar ASA ở level 1B. Sau đó hiệu chỉnh hình học để các dữ liệu ảnh trùng nhau và cùng một hệ tọa độ. Các ảnh SAR thường có hiện tượng nhiễu đốm làm giảm chất lượng ảnh và gây trở ngại cho công tác giải đoán ảnh radar. Việc giảm nhiễu có thể áp dụng

phương pháp lọc không gian và phương pháp lọc đa thời gian [16].

Phương pháp lấy mẫu huấn luyện theo Jensen [19, 20] là việc chọn số phần tử ảnh trong mỗi lớp ít nhất gấp 10 lần số kênh sử dụng. Điều này đảm bảo cho phép máy tính có thể tính toán ma trận phương sai và hiệp phương sai, bước tính toán này thường được thực hiện trong các phần mềm phân loại.

Để đánh giá kết quả phân loại, bài báo sử dụng phương pháp ma trận sai số và phương pháp lấy mẫu hệ thống (systematic pattern). Các mẫu kiểm tra đánh giá sai số được lấy dựa trên các dữ liệu như dữ liệu đi thực địa và dữ liệu tham khảo. Trong đề tài này số mẫu kiểm tra được lấy là 246 mẫu kiểm tra, áp dụng công thức xác suất nhị thức (binomial probability) để ước lượng số mẫu cần thiết [20].

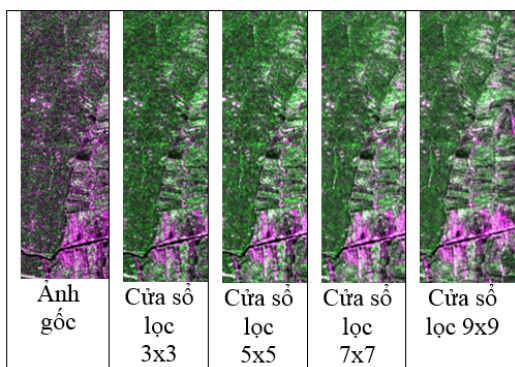
3. KẾT QUẢ

3.1 Lọc nhiễu đa thời gian

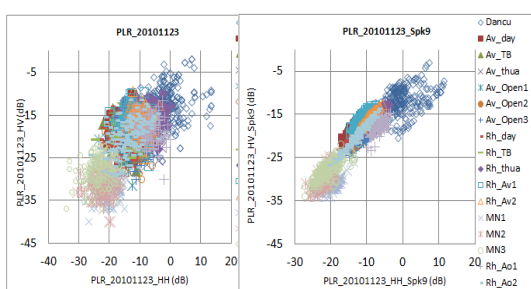
Đề tài đã thực hiện lọc đa thời gian với ba thời điểm ảnh PLR. Kết quả lọc đa thời gian cho ảnh PLR ngày 23/11/2010 phân cực kép HH và HV với các cửa sổ khác nhau là 3x3, 5x5, 7x7 và 9x9 (Hình 3). Dễ nhận thấy kết quả trước khi lọc và sau khi lọc có sự khác biệt nhiều, sau khi lọc các đối tượng nhìn thấy đồng đều và loại bỏ bớt hiện tượng nhiễu đốm. Cũng từ kết quả sau khi lọc đa thời gian với cửa sổ lọc càng lớn thì càng bớt nhiễu đốm hơn. Do đó trong đề tài này sẽ sử dụng phương pháp lọc đa thời gian với cửa sổ 9x9.

Bảng 1. Các thời điểm dữ liệu ảnh vệ tinh đã thu nhận

Bộ cảm	Thời gian	Phân cực	Kích thước phần tử ảnh (m)	Hướng thu ảnh	Góc tới (độ)	Ghi chú
ASA	03/04/2012	HH, HV	12,5	Ascending	20,60 -26,01	
PLR	23/08/2010	HH, HV	12,5	Ascending	38,70	Góc tới tại tâm ảnh
PLR	08/10/2010	HH, HV	12,5	Ascending	38,70	Góc tới tại tâm ảnh
PLR	23/11/2010	HH, HV	12,5	Ascending	38,70	Góc tới tại tâm ảnh



Hình 3. Phép lọc đa thời gian với các cửa sổ lọc khác nhau



Hình 4. Biểu đồ tán xạ của phân cực HH và HV cho khóa giải đoán của ảnh PLR 23/11/2010 trước khi lọc đa thời gian (trái) và sau khi lọc đa thời gian (phải).

3.2 Khả năng phân loại theo loài và theo mật độ cây của ảnh PLR

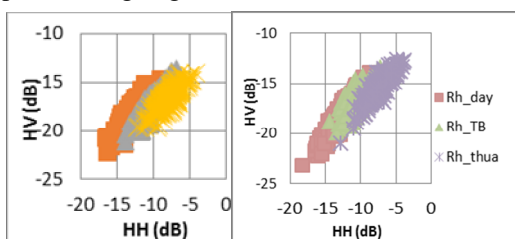
Chủ yếu căn cứ vào dữ liệu thực địa và bản đồ loại đất rừng của Phân viện Điều tra Quy hoạch rừng Nam Bộ để chọn các khóa giải đoán phân cấp theo loài và mật độ của cây rừng. Các khóa giải đoán được trình bày như trong bảng 2. Tất cả các khóa giải đoán này sẽ được trích các thông tin tán xạ ngược cho từng phân cực HH và HV trước khi lọc đa thời gian và sau khi lọc đa thời gian cho ảnh ngày 23/11/2010. Hình 4 cho thấy biểu đồ tán xạ của các phân cực HH và HV cho trường hợp trước và sau khi lọc đa thời gian, các lớp đối tượng ít bị nhiễu với nhau hơn so với trường hợp không có lọc nhiễu đa thời gian. Dễ nhận thấy các đối tượng RNM và mật nước giảm bớt nhiễu rất nhiều, còn đối tượng dân cư thì ít bị ảnh hưởng hơn bởi phép lọc này.

Bảng 2. Các khóa giải đoán được sử dụng cho phân loại theo loài và mật độ cây của ảnh PLR

TT	Ký hiệu	Mô tả
1	Dancu	Các công trình xây dựng (không phải rừng)
2	Av_day	Rừng mấm có mật độ cây dày có độ che phủ khoảng từ 70% trở lên
3	Av_TB	Rừng mấm có mật độ trung bình có độ che phủ khoảng từ 50% đến 70%
4	Av_thua	Rừng mấm có mật độ thưa có độ che phủ khoảng từ 30% đến 50%
5	Rh_day	Rừng đước có mật độ cây dày có độ che phủ khoảng từ 70% trở lên
6	Rh_TB	Rừng đước có mật độ trung bình có độ che phủ khoảng từ 50% đến 70%
7	Rh_thua	Rừng đước có mật độ thưa có độ che phủ khoảng từ 30% đến 50%
8	Av_Open 1	Rừng mấm mới phát triển trên bãi bồi ven biển có mật độ dày
9	Av_Open 2	Rừng mấm mới phát triển trên bãi bồi ven biển có mật độ trung bình
10	Av_Open 3	Rừng mấm mới phát triển trên bãi bồi ven biển có mật độ thưa
11	Rh_Av1	Rừng mấm và đước hỗn giao có mật độ dày
12	Rh_Av2	Rừng mấm và đước hỗn giao có mật độ trung bình
13	MN1	Mặt nước biển
14	MN2	Mặt nước sông
15	MN3	Mặt nước ao hồ
16	Rh_Ao1	Rừng đước xen kẽ ao nuôi tôm loại 1 (RNM có độ che phủ thấp hơn mặt nước)
17	Rh_Ao2	Rừng đước xen kẽ ao nuôi tôm loại 2 (RNM có độ che phủ cao hơn mặt nước)

Trong hình 5 cho thấy khó có khả năng phân biệt được đối tượng rừng đước và rừng mấm vì chúng có giá trị tán xạ ngược trung bình và độ lệch chuẩn gần như nhau. Điều này cũng

trương tự cho loại rừng hỗn giao mắm đước, nó cũng có giá trị trung bình và độ lệch chuẩn gần với loại rừng mắm và rừng đước. Còn loại rừng mắm mới phát triển ở các bãi bồi ven biển (Av_Open) có khả năng nhận biết được với ảnh radar PLR. Tuy nhiên nó cũng có khả năng nhầm lẫn cao với loại rừng đước xen khe ao nuôi tôm loại 1 (Rh_Ao1) vì giá trị trung bình của chúng gần nhau ở cả hai phân cực. Điều này có thể giải thích là rừng mắm mới phát triển thường ngập nước và mật độ cây thấp nên phần lớn tán xạ ngược của sóng radar sẽ bị mặt nước phản xạ đi giống như loại Rh_Ao1.



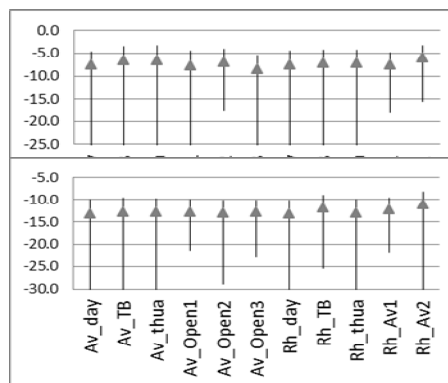
Hình 5. Biểu đồ tán xạ của phân cực HH và HV cho loài và mật độ RNM của PLR 23/11/2010 sau khi lọc đa thời gian

Cuối cùng còn lại rừng đước xen khe ao nuôi tôm loại 2 (Rh_Ao2) lại có khả năng nhầm lẫn với RNM trung bình và thưa (kể cả rừng mắm và rừng đước). Do đó khó khăn khi phân loại theo loài bằng ảnh PLR kênh L phân cực kép HH, HV với một thời điểm ảnh. Đồng thời từ kết quả đánh giá cũng cho thấy khả năng phân loại theo mật độ che phủ của RNM. Tuy nhiên cũng có khả năng nhầm lẫn giữa rừng mắm mới phát triển trên bãi bồi (Av_Open) với rừng đước xen khe ao nuôi tôm loại 1 (Rh_Ao1); và các loại RNM thưa và trung bình (Av_TB, Av_thua, Rh_thua và Rh_TB) với loại rừng đước xen khe ao nuôi tôm loại 2 (Rh_Ao2). Hình 5 cho thấy độ che phủ rừng thấp thì giá trị tán xạ ngược càng cao ở cả hai loại rừng. Điều này có thể giải thích là do rừng thưa nên sóng radar đi xuyên qua tán cây rừng và xuống nền rừng, nên tán xạ ngược cao do có sự góp phần: tán xạ từ

nền đất ẩm (đất ẩm tán xạ mạnh), và tán xạ double-bounce giữa mặt nước và cây rừng hoặc nền rừng và cây rừng.

3.3 Khảo sát khả năng phân loại theo loài và mật độ của ảnh ASA

Các khóa giải đoán được lấy tương tự như trường hợp ảnh PLR ở trên. Tất cả các khóa này sẽ được trích các thông tin tán xạ ngược cho phân cực kép HH, HV của ảnh ASA 03/04/2012. Do dữ liệu chỉ có một ảnh nên không thể lọc đa thời gian. Hình 6 trình bày giá trị trung bình và độ lệch chuẩn sau khi được thống kê. Giá trị trung bình của các loại RNM chênh lệch nhau không nhiều, mà giá trị độ lệch chuẩn của các loại này rất lớn. Do đó khả năng tách biệt và phân loại RNM theo loài và mật độ sẽ khó khăn với ảnh ASA phân cực kép HH, HV.



Hình 6. Biểu đồ giá trị trung bình và độ lệch chuẩn (đơn vị dB) của các khóa phân loại, ASA 03/04/2012, phân cực HH (phía trên) và HV (phía dưới)

3.4 Phân loại RNM sử dụng ảnh PLR

Từ kết quả phân tích thông kê các dữ liệu mẫu trong RNM của ảnh PLR, đồng thời nghiên cứu còn tính hệ số tách biệt Jeffries-Matusita cho các khóa giải đoán trong bảng 2. Kết quả hệ số tách biệt Jeffries-Matusita được trình bày ở bảng 3. Theo Richards [18] thì những cặp khóa giải đoán nào có hệ số tách biệt từ 1,9 là hai đối tượng phân biệt được tốt nhất. Hệ số này dưới 1 thì hai đối tượng này gần như không phân biệt

được, nên gộp chung thành một nhóm với cùng khóa giải đoán. Còn hệ số từ 1 đến 1,9 thì hệ số càng lớn thì độ tách biệt giữa các cặp khóa giải đoán càng lớn. Trong nghiên cứu này sẽ nhóm chung các lớp đối tượng nào có hệ số tách biệt Jeffries-Matusita dưới 1,5 để đảm bảo độ chính xác. Do đó các khóa giải đoán còn lại gồm 4 nhóm: RNM dày, RNM thưa, mặt nước, dân cư.

Bảng 3. Hệ số tách biệt Jeffries-Matusita của các khóa giải đoán cho dữ liệu ảnh PLR 23/11/2010

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1																	
2	1,97																
3	1,95	1,51															
4	1,92	1,80	1,14														
5	1,98	1,91	1,87	1,89													
6	1,98	1,96	1,83	1,78	0,36												
7	1,93	1,89	1,07	0,84	1,58	1,21											
8	1,97	0,12	1,63	1,83	1,93	1,98	1,92										
9	1,94	1,48	0,37	1,41	1,99	1,98	1,35	1,62									
10	1,90	1,89	1,28	0,86	1,99	1,97	1,39	1,92	1,20								
11	1,94	1,37	0,85	1,68	1,99	1,98	1,63	1,56	0,31	1,59							
12	1,95	1,89	0,91	1,79	2,00	2,00	1,61	1,93	0,54	1,42	1,06						
13	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00					
14	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	0,98				
15	1,98	1,99	2,00	2,00	1,91	1,91	1,94	1,97	2,00	2,00	2,00	2,00	1,62	1,47			
16	1,92	1,99	1,91	1,37	1,98	1,95	1,63	1,99	1,94	1,82	1,97	1,98	2,00	2,00	2,00		
17	1,96	1,31	0,79	1,58	1,46	1,71	1,53	1,35	1,21	1,72	1,42	1,36	1,90	1,86	1,38	1,86	

Bảng 4. Ma trận sai số phân loại cho ảnh PLR 23/11/2010 với phương pháp phân loại SVM

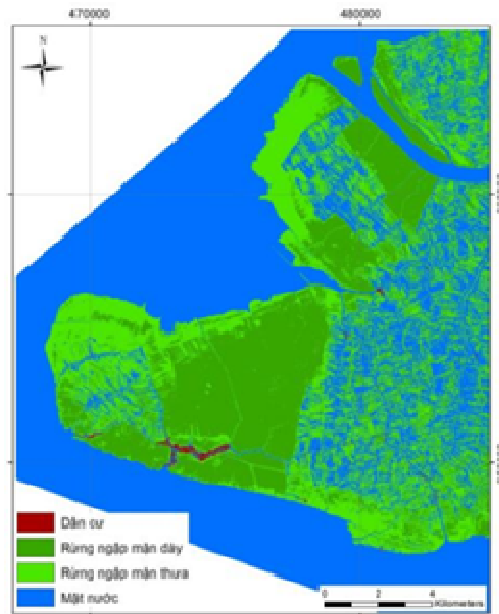
Phân loại	Dữ liệu mặt đất				
	1	2	3	4	Tổng
Dancu (1)	13	0	0	0	13
RNM_dày (2)	0	235	25	0	260
RNM_thưa (3)	3	37	265	11	316
MN (4)	0	12	90	293	395
Tổng	16	284	380	304	984
ĐCX người sản xuất (%)	81,3	82,8	69,7	96,4	
ĐCX người dùng (%)	100	90,4	83,9	74,2	

Độ chính xác toàn cục = $(806/984) = 81,91\%$

Hệ số Kappa = 0,7322

Kết quả phân loại các với 4 đối tượng sau khi bỏ đi các đối tượng dễ nhầm lẫn RNM trung bình và RNM xen kẽ mặt nước, với phương pháp phân loại SVM được trình bày như hình 7 và bảng 4. Để nhận thấy với hai phương pháp

SVM cho độ chính xác toàn cục và hệ số Kappa cao lần lượt là 81,91% và 0,7322. Trong đó độ chính xác (ĐCX) người sản xuất nhỏ nhất là 69,7% đối với đối tượng RNM thưa và ĐCX người sử dụng là 83,9%. Trong trường hợp này xảy ra nhầm lẫn giữa RNM thưa thành các đối tượng mặt nước là nhiều nhất, điều này làm giảm ĐCX người sản xuất ở đối tượng này chỉ còn 69,7% (Bảng 4). Còn ĐCX người sử dụng nhỏ nhất là 74,2% đối với đối tượng mặt nước.



Hình 7. Kết quả phân loại ảnh PLR 23/11/2010 theo phương pháp SVM

4. KẾT LUẬN

Phương pháp lọc đa thời gian cho thấy là một phương pháp hiệu quả cao trong việc lọc nhiễu đốm của ảnh radar và nâng cao độ chính xác phân loại. Kết quả khảo sát khả năng phân loại theo loài (rừng mấm và đước) khó khăn khi nhận biết đối với ảnh PLR hai phân cực HH và HV với một thời điểm. Ngược lại kết quả phân loại theo độ che phủ rừng có độ chính xác vào khoảng 81,91%. Đối với ảnh ASA với bước

sóng kênh C chỉ có tương tác ở tầng trên của tán rừng dẫn đến khó phân biệt các đối tượng RNM. Để nâng cao và đánh giá khả năng phân loại theo mật độ RNM chi tiết hơn cần có những nghiên cứu về cơ chế tương tác của sóng radar

đối với các loại đối tượng RNM và dữ liệu đo chi tiết hơn.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ phát triển khoa học và công nghệ quốc gia (NAFOSTED) trong đề tài mã số 105.99-2011.15.

Identifying mangrove forests using radar remote sensing data

- Hoang Phi Phung ¹
- Lam Dao Nguyen ¹
- Pham Bach Viet ²

¹ Vietnam Southern Satellite Technology Application Center, VNSC, Vietnam

² Ho Chi Minh city University of Social Sciences and Humanities, VNU-HCM, Vietnam

ABSTRACT

Mangrove is one of the ecologically significant ecosystems in coastal areas, both on environment and biological resources. Radar remote sensing demonstrates a high potential in detecting, identifying, mapping and monitoring mangrove forests. Advantages of radar remote sensing are that almost unaffected by the weather phenomena in the atmosphere, e.g. clouds so that it can acquire images at day and night times. This study considers possibilities of ALOS PALSAR (L-band) and ENVISAT ASAR

APP (C-band) for identifying mangrove forests. Results show that using single-date data of ENVISAT ASAR APP including dual polarization HH&HV are difficult to classify mangrove objects; whilst single-date data of ALOS PALSAR with dual polarization HH&HV have a better classification for tree density but at species level identification (e.g. Avicenna or Rhizophora) is more difficult. Results classified according to forest cover density data with overall accuracy of 81.91.

Keywords: ALOS PALSAR, ENVISAT ASAR, identify, mangrove forests, polarization.

REFERENCES

- [1]. Hoekman, D.H., Quinones, M.J., Land cover type and biomass classification using AirSAR data for evaluation of monitoring scenarios in the Colombian Amazon. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 38, 685-696 (2000)
- [2]. Mougin, E., Proisy, C., Marty, G., Fromard, F., Puig, H., Betoulle, J.L., Rudant, J.P., Multifrequency and multipolarization radar backscattering from mangrove forests. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 37, 94-102 (1999)
- [3]. McNeill, S., Pairman, D., Stand age retrieval in production forest stands in New Zealand using C- and L-band polarimetric radar. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 43, 2503-2515 (2005)
- [4]. Kuplich, T.M., Classifying regenerating forest stages in Amazonia using remotely sensed images and a neural network. *Forest Ecology and Management*, 234, 1-9 (2006)
- [5]. Rignot, E., Chellappa, R., Dubois, P., Unsupervised segmentation of polarimetric SAR data using the covariance matrix. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 30, 697-705 (1992)
- [6]. FAO, Tropical silviculture. Vol.1. (1952)
- [7]. Claudia Kuenzer, Andrea Bluemel, Steffen Gebhardt, Tuan Vo-Quoc and Stefan Dech. Remote Sensing of Mangrove Ecosystems: A Review. *Remote Sens.*, 3, 878-928 (2011)
- [8]. Proisy, C.; Mougin, E.; Fromard, F.; Karam, M.A., Interpretation of polarimetric radar signatures of mangrove forests. *Remote Sens. Environ.* 71, 56-66 (2000)
- [9]. Blasco, F. et al., Recent advances in mangrove studies using remote sensing data. *Marine Freshwater Resources.*, 49, 287-296 (1998)
- [10]. Giri, C. et al., Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. Wiley online library/ *Global Ecology and Biogeography*, 20, 1, 154-159 (2011)
- [11]. Grover, K., S. Quegan, and C. da Costa Freitas, Quantitative estimation of tropical forest cover by SAR, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 37, 1, 479-490 (1999)
- [12]. Podest, E. and S. Saatchi, Application of multiscale texture in classifying JERS-1 radar data over tropical vegetation, *Int. J. Remote Sens.*, 23, 7, 1487-1506 (2002)
- [13]. Simard, M., S. Saatchi, and G. DeGrandi, The use of decision tree and multiscale texture for classification of JERS-1 SAR data over tropical forest, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 38, 5, 2310-2321 (2000)
- [14]. Almeida-Filho, R., A. Rosenqvist, Y. Shimabukuro, and J. dos Santos, Evaluation and perspectives of using multitemporal L-band SAR data to monitor deforestation in the Brazilian Amazonia, *IEEE Geosci. Remote Sens. Lett.*, 2, 4, 409-412 (2005).
- [15]. Lardeux, C., P.L. Frison, C. Tison, J.C. Souyris, B. Stoll, B. Fruneau, and J.P. Rudant, Support vector machine for multifrequency SAR polarimetric data classification, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 47, 12, 4143-4152 (2009)
- [16]. Quegan, S., T. L. Toan, J. J. Yu, F. Ribbes and N. Floury, Multitemporal ERS SAR Analysis Applied to Forest Mapping, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 38, 2, (2000)

- [17].Hoekman, D., and M. Vissers, ALOS PALSAR PLR radar observation of tropical peat swamp forest as a monitoring tool for environmental protection and restoration, in Proc. IEEE Int. Geosci. Remote Sens. Symp., Barcelona, Spain, 3710–3714 (2007)
- [18].Richards, J.A., Remote Sensing Digital Image Analysis, Springer-Verlag, Berlin 240, (1999)
- [19].Jensen, J. R., Introductory digital image processing - A remote sensing perspective. Prentiss Hall. 3rd Ed, (2005)
- [20].Roger, M. M., - Field Methods in Remote Sensing. The Guilford Press A Division of Guilford Publication, Inc. ISBN 1-59385-079-4, 15-26 (2005)