

ĐÁNH GIÁ HIỆN TRẠNG LỚP PHỦ VÀ SINH KHỐI RỪNG NGẬP MẶN SỬ DỤNG ẢNH VỆ TINH QUANG HỌC VÀ RADAR: TRƯỜNG HỢP NGHIÊN CỨU TẠI KHU DỰ TRỮ SINH QUYỂN CẦN GIỜ, TP. HỒ CHÍ MINH

Nguyễn Viết Lương^{1*}, Tô Trọng Tú¹, Trình Xuân Hồng¹,
Phan Thị Kim Thanh¹, Lê Mai Sơn¹, Lê Quang Toàn¹, Lưu Thế Anh²,
Trần Văn Thụy³, Hán Phương Loan³, Nguyễn Thanh Tuấn⁴, Đào Văn Hải⁴

TÓM TẮT

Trong nghiên cứu này đã sử dụng dữ liệu từ vệ tinh quang học (Landsat 8 OLI) và radar (ALOS-2 PALSAR-2) cho đánh giá hiện trạng lớp phủ và sinh khối rừng ngập mặn tại Khu Dự trữ Sinh quyển Cần Giờ. Trong đó, ảnh vệ tinh Landsat được sử dụng cho phân loại hiện trạng lớp phủ rừng với độ chính xác đạt 88%, kết quả phân loại cho thấy: tổng diện tích tự nhiên là 75.048,76 ha, trong đó gồm có: diện tích rừng giàu có 34.209,50 ha (45,58%), rừng trung bình có 7.467,95 ha (9,95%), rừng nghèo có 4.344,28 ha (5,79%), diện tích đất khác có 934,83 ha (1,25%) và diện tích mặt nước là 28.092,20 ha (chiếm 37,43%). Sử dụng kết hợp ảnh vệ tinh radar (ALOS-2 PALSAR-2) và quang học (Landsat 8) đã cho thấy sự cải tiến trong xây dựng mô hình với $R^2 > 0,84$ và thành lập bản đồ sinh khối rừng ngập mặn với độ chính xác hơn 84%, kết quả cho thấy: rừng giàu sinh khối 33.236,50 ha (44,29%), rừng sinh khối trung bình là 7.453,51 ha (9,93%), rừng nghèo sinh khối là 5.365,60 ha (7,15%) và các đối tượng khác 28.993,15 ha (38,63%). Phương pháp và kết quả từ nghiên cứu này sẽ là công cụ hữu ích cho công tác quản lý, bảo tồn và phát triển một cách bền vững tại khu vực nghiên cứu.

Từ khóa: Landsat 8 OLI, ALOS-2 PALSAR-2, rừng ngập mặn, sinh khối, mô hình, Khu Dự trữ Sinh quyển Cần Giờ, Việt Nam.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Các hệ sinh thái rừng ngập mặn (RNM) chiếm một phần đáng kể trong các kiểu rừng ngập nước và thường phân bố tại các vùng ven biển, cửa sông, dọc theo các sông, kênh, rạch, chịu tác động trực tiếp của thủy triều ở các vùng nhiệt đới và cận nhiệt đới (Hồng và nnk., 1988, Kuenzer và nnk., 2011). Tuy nhiên, hiện nay RNM ở nhiều nơi trên thế giới đang suy giảm ở mức đáng báo động thậm chí còn nhanh hơn cả rừng nhiệt đới nội địa (Giri và nnk., 2007; Bunting và nnk., 2018). Khu vực Đông Nam Á trung bình mỗi năm mất khoảng 0,18% diện tích RNM (Richards và nnk., 2016).

Việt Nam là một trong những quốc gia chịu tác động mạnh nhất của biến đổi khí hậu, trong đó vùng ven biển là nơi chịu tác động trực tiếp và nặng nề

nhất. Kết quả của nhiều nghiên cứu cho thấy RNM có vai trò to lớn trong việc ứng phó với biến đổi khí hậu như: chắn sóng, chắn gió, bảo vệ đê biển, hấp thụ CO₂, duy trì nguồn lợi thủy sản. Năm 1945 diện tích RNM Việt Nam là 450.000 ha, năm 1983 giảm xuống còn 252.500 ha (dẫn bởi Hồng và nnk., 1988). Hiện cả nước còn khoảng 169.000 ha RNM, giảm gần 50% so với những năm 1980 (Bộ Nông nghiệp và PTNT, 2018). Theo Phan Nguyên Hồng và Hoàng Thị Sản (1984), Việt Nam có bốn vùng RNM chủ yếu như sau: (i) Vùng I - Ven biển Đông Bắc; (ii) Vùng II - Ven biển đồng bằng Bắc bộ; (iii) Vùng III - Ven biển Trung bộ; (iv) Vùng IV - Ven biển Nam bộ, trong đó RNM vùng biển Nam bộ chiếm phần lớn diện tích, đa dạng hơn về thành phần loài và kích thước cây rừng như đường kính, chiều cao (Phan Nguyên Hồng và nnk, 1984; 1999).

RNM khu vực Cần Giờ thuộc vùng ven biển Nam bộ (vùng 4), từng bị tàn phá nặng nề do chất khai quang trong chiến tranh tại Việt Nam. Từ năm 1978, chính quyền và nhân dân TP. Hồ Chí Minh đã nỗ lực, quyết tâm khôi phục RNM Cần Giờ. Ngày 21/01/2000, RNM Cần Giờ đã được Tổ chức

¹ Phòng Viễn thám ứng dụng, Viện Công nghệ vũ trụ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

² Viện Tài nguyên và Môi trường, Đại học Quốc gia Hà Nội

³ Khoa Môi trường, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội

⁴ Khoa Lâm học, Trường Đại học Lâm nghiệp - Phân hiệu Đồng Nai

*Email: nvluong@sti.vast.vn

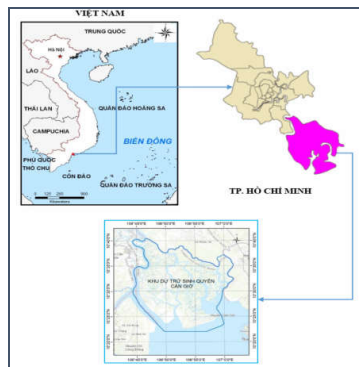
MAB/UNESCO công nhận là Khu dự trữ sinh quyển thế giới đầu tiên của Việt Nam (Tuấn và nnk, 2002).

Công nghệ viễn thám là một giải pháp hỗ trợ đắc lực, hiệu quả và tin cậy trong quản lý tài nguyên rừng nói chung và RNM nói riêng. Tuy nhiên, do nhiều nguyên nhân khác nhau việc sử dụng loại dữ liệu này còn hạn chế và chưa được chú trọng tiếp cận khai thác, ứng dụng đồng bộ và có hệ thống tại Việt Nam.

Mục tiêu của nghiên cứu này là sử dụng các loại dữ liệu viễn thám đánh giá hiện trạng lớp phủ cũng như sinh khối rừng, qua đó để thấy rõ được khả năng, lợi thế của các loại ảnh vệ tinh trong công tác quản lý RNM, phục vụ cho mục đích quản lý, bảo tồn và phát triển bền vững RNM tại KDTSQ Cần Giờ.

2. KHU VỰC NGHIÊN CỨU

Khu Dự trữ Sinh quyển Cần Giờ (KDTSQ Cần Giờ), TP. Hồ Chí Minh, có vị trí địa lý: 10°22' – 10°40' độ vĩ Bắc và 106°46' – 107°01' kinh độ Đông. Cách trung tâm TP. Hồ Chí Minh khoảng 60 km, KDTSQ Cần Giờ giáp tỉnh Đồng Nai ở phía Bắc, giáp biển Đông ở phía Nam, giáp tỉnh Tiền Giang và Long An ở phía Tây và giáp tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu ở phía Đông (Tri và nnk., 2000; Tuấn và nnk., 2002). Tổng diện tích KDTSQ Cần Giờ là khoảng hơn 75.000 ha. Vị trí khu vực nghiên cứu được thể hiện tại hình 1.



Hình 1. Vị trí địa lý Khu Dự trữ Sinh quyển Cần Giờ

Theo nghiên cứu gần đây nhất, hệ thực vật KDTSQ Cần Giờ có 112 loài thuộc 87 chi, 45 họ thuộc 2 ngành thực vật bậc cao có mạch, trong đó có 30 loài cây ngập mặn chủ yếu, 38 loài cây tham gia rừng ngập mặn và 44 loài cây du nhập. Tuy nhiên, có các loài cây ngập mặn phổ biến như: Đước đôi (*Rhizophora apiculata*), Đưng (*Rhizophora mucronata*), Đước vôi (*Rhizophora stylosa*), Trang (*Kandelia candel*), Dà quánh (*Ceriops decandra*), Dà vôi (*Ceriops tagal*), Vẹt trụ (*Bruguiera cylindrica*),

Vẹt dù (*Bruguiera gymnorhiza*), Vẹt tách (*Bruguiera parviflora*), Vẹt đen (*Bruguiera sexangula*), Bần chua (*Sonneratia caseolaris*), Bần ôi (*Sonneratia ovata*), Mắm trắng (*Avicennia alba*), Mắm đen (*Avicennia officinalis*) đã được ghi nhận bởi các nghiên cứu trước đây tại RNM Cần Giờ (Son, 2014; Lương và nnk., 2015, 2018, 2019; Lương, 2010).

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

3.1. Điều tra thực địa

Điều tra thực địa sử dụng các ô tiêu chuẩn (OTC), tại mỗi OTC các thông số của cấu trúc rừng như đường kính ($D_{1.3m}$), chiều cao (H_m), tên loài cây sẽ được ghi nhận. Tại trung tâm mỗi OTC tọa độ địa lý được ghi nhận bằng thiết bị định vị vệ tinh GPS cầm tay. Tổng cộng có 60 OTC (ô tiêu chuẩn) với kích thước 20mx25m (500m²) đã được điều tra, khảo sát sử dụng trong nghiên cứu này. Sử dụng phương pháp thống kê trung bình cộng để thống kê tính toán dữ liệu thực địa tại các OTC như đường kính, chiều cao, trữ lượng, sinh khối rừng. Bộ số liệu sử dụng cho đánh giá độ chính xác độc lập với bộ số liệu sử dụng để phân loại rừng, xây dựng mô hình tính toán sinh khối rừng. Trong đó, đã lựa chọn ngẫu nhiên 45 OTC cho phân loại, xây dựng mô hình và 15 OTC sẽ phục vụ cho việc đánh giá độ chính xác kết quả phân loại bản đồ cũng như kiểm định mô hình đã được xây dựng.

3.2. Viễn thám và GIS

Ảnh vệ tinh radar được sử dụng trong nghiên cứu này là từ vệ tinh ALOS-2 PALSAR-2 (HH, HV). Trong đó sử dụng các kỹ thuật như chuyển đổi giá trị cấp độ xám (DN) sang giá trị tán xạ ngược, tăng cường chất lượng ảnh, lọc nhiễu, nắn, ghép, tạo các ảnh tán xạ ngược, ảnh cấu trúc và chiết xuất các thông số từ ảnh vệ tinh radar (Haralick và nnk., 1973; JAXA, 2014; Luong và nnk., 2016). Ảnh vệ tinh quang học được sử dụng là ảnh từ vệ tinh Landsat 8 OLI (kênh 4, kênh 5 và kênh 8). Trong đó, các kỹ thuật xử lý ảnh chủ yếu được sử dụng gồm có: chuyển đổi giá trị cấp độ xám (DN) thành giá trị bức xạ phản xạ (TOA radiance), xử lý nhiễu và tăng cường chất lượng ảnh, tạo ảnh NDVI và chiết xuất các giá trị NDVI (Rouse và nnk., 1974; Luong và nnk., 2017; USGS, 2018; Nguyen và nnk., 2020).

Phương pháp phân loại thảm thực vật từ ảnh vệ tinh được sử dụng trong nghiên cứu này là phương pháp phân loại có kiểm định. Phương pháp xây dựng

mô hình tính toán sinh khối rừng trong nghiên cứu đã sử dụng phương pháp hồi quy tuyến tính. Phương pháp đánh giá độ chính xác của mô hình dựa vào hệ số xác định (R^2) và sai số tuyệt đối của mô hình được

xác định theo phương pháp bình phương nhỏ nhất (RMSE).

Thông tin chi tiết về ảnh vệ tinh sử dụng trong nghiên cứu này được thể hiện tại bảng 1 và bảng 2.

Bảng 1. Thông tin chi tiết ảnh vệ tinh Landsat 8 OLI

TT	Scene ID	Thời gian chụp	Path/ Row	Kênh ảnh
1	LC08_125053_20181031	31-10-2018	125/53	B4, B5 (30m), và B8 (15m)
2	LC08_124053_20181109	09-11-2018	124/53	B4, B5 (30m), và B8 (15m)

Bảng 2. Thông tin chi tiết ảnh vệ tinh ALOS-2 PALSAR-2

TT	Scene ID	Thời gian chụp	Phân cực	Góc quan sát	Độ phân giải/mức xử lý
1	ALOS2227640190_180810	10-08-2018	HH, HV	36.6°	10 m / L 2.1
2	ALOS2227640200_180810	10-08-2018	HH, HV	36.6°	10 m / L 2.1

Các phần mềm GIS được sử dụng như: ENVI 5.4, ERDAS IMAGINE 2014 và ArcGIS 10.2 cho xử lý ảnh vệ tinh, xây dựng và biên tập các loại bản đồ. Tất cả các phần mềm trên đều có bản quyền và được trang bị bởi Viện Công nghệ vũ trụ.

Kết quả chiết xuất các thông số từ ảnh vệ tinh như chỉ số thực vật NDVI từ ảnh vệ tinh Landsat 8 OLI. Giá trị tán xạ ngược và giá trị cấu trúc từ phân cực HH, HV của ảnh vệ tinh ALOS-2 PALSAR-2 tương ứng với vị trí 60 OTC đã được khảo sát thực địa đã được thực hiện phục vụ việc phân loại cũng như xây dựng mô hình tính toán sinh khối RNM.

3.3. Tính trữ lượng sinh khối loài cây cá thể RNM

Phương pháp tính toán các thông số cấu trúc rừng như: đường kính ($D_{1.3m}$), chiều cao (H_m), mật độ (N), trữ lượng rừng sẽ được thực hiện theo Hồng và nnk (2006). Các phương trình tính toán sinh khối cây RNM được áp dụng kế thừa từ các nghiên cứu trước đây gồm có: Ong và nnk. (2004), Fromard và nnk. (1998), Clough và Scott (1989), Komiyama và nnk. (2005), Binh (2009), Hoàn và nnk (2009) và IPCC (2003). Các phương trình được ghi chi tiết tại bảng 3.

Bảng 3. Các phương trình tính toán sinh khối loài cây RNM cá thể được áp dụng

Loài cây ngập mặn	Phương trình tương quan	Tài liệu trích dẫn	No. PT.
<i>Rhizophora appiculata</i>	$SK = 0,235 \cdot D^{2,42}$ ($R^2 = 0,98$)	Ong và nnk. (2004)	(1)
<i>Avicennia germinans</i>	$SK = 0,140 \cdot D^{2,40}$ ($R^2 = 0,97$)	Fromard và nnk. (1998)	(2)
<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	$SK = 0,186 \cdot D^{2,31}$ ($R^2 = 0,99$)	Clough và Scott. (1989)	(3)
<i>Bruguiera parviflora</i>	$SK = 0,168 \cdot D^{2,42}$ ($R^2 = 0,99$)	Clough và Scott. (1989)	(4)
<i>Xylocarpus granatum</i>	$SK = 0,0823 \cdot D^{2,59}$ ($R^2 = 0,99$)	Clough và Scott. (1989)	(5)
<i>Ceriops decandra</i>	$SK = 0,208 \cdot D^{2,36}$ ($R^2 = 0,96$)	Binh (2007)	(6)
<i>Lumnitzera racemosa</i>	$SK = 0,74 \cdot D^{2,32}$ ($R^2 = 0,99$)	Hoàn và nnk. (2009)	(7)
<i>Sonneratia caseolaris</i>	$SK = 0,199 \rho^{0,90} D^{2,22}$	Komiyama và nnk. (2005)	(8)
Common equation	$SK = 0,25 \rho \cdot D^{2,59}$ ($R^2 = 0,98$)	Komiyama và nnk. (2005)	(9)

Trong các phương trình từ (1) - (9):

- SK là sinh khối trên mặt đất của cây tính bằng kilogram (kg);
- D là đường kính ngang ngực (1,3 m) tính bằng centimet (cm);
- ρ là tỉ trọng gỗ (tấn chất khô/m³ tươi) (IPCC, 2003).

Các tiêu chí phân loại rừng được áp dụng theo Thông tư 33/2018/TT-BNNPTNT, ban hành ngày 16 tháng 11 năm 2018 về “Quy định về điều tra, kiểm kê và theo dõi diễn biến rừng”.

4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

4.1. Điều tra thực địa

Kết quả tính toán các thông số cấu trúc RNM từ hệ thống ô tiêu chuẩn đã khảo sát cho thấy, đường kính thân cây từ 6,70-23,32 cm; chiều cao từ 7,37-20,10 m; trữ lượng từ 5,17-270,53 m³/ha và sinh khối từ 7,26-307,92 tấn/ha. Tóm tắt dữ liệu khảo sát ngoài thực địa được cung cấp khái quát trong bảng 4.

Bảng 4. Thông số cấu trúc RNM điều tra từ hệ thống ô tiêu chuẩn

TT	Các thông số rừng	Giá trị nhỏ nhất	Giá trị lớn nhất	Giá trị trung bình
1	Đường kính (m)	6,70	23,32	12,90
2	Chiều cao (m)	7,37	20,10	11,78
3	Trữ lượng (m ³)	5,17	270,53	55,22
4	Sinh khối (tấn)	7,26	307,92	100,16

Một số hình ảnh về hiện trạng và khảo sát RNM tại KDTSQ Cần Giờ tại hình 2.



(a) Rừng ngập mặn giàu



(b) Rừng ngập mặn trung bình



(c) Rừng ngập mặn nghèo



(d) Đất trống

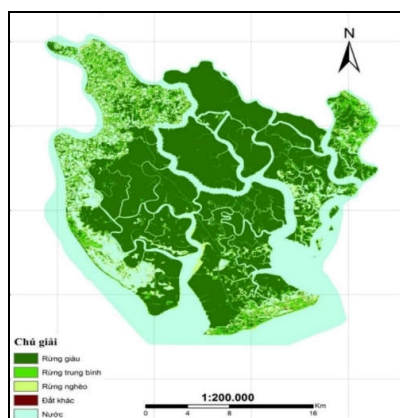
Hình 2. Hiện trạng và khảo sát tại RNM tại Cần Giờ

4.2. Bản đồ hiện trạng lớp phủ RNM

Kết quả thống kê, phân tích diện tích hiện trạng lớp phủ RNM tại KDTSQ Cần Giờ cho thấy: tổng diện tích tự nhiên là 75.048,76 ha, trong đó diện tích rừng giàu có 34.209,50 ha (chiếm 45,58%), diện tích rừng trung bình có 7.467,95 ha (chiếm 9,95%), diện tích rừng ngập mặn nghèo có 4.344,28 ha (chiếm 5,79%), diện tích đất khác có 934,83 ha (chiếm 1,25%) và diện tích mặt nước là 28.092,20 ha (chiếm 37,43%). Kết quả bản đồ phân loại hiện trạng lớp phủ RNM của KDTSQ Cần Giờ từ ảnh vệ tinh Landsat 8 OLI được thể hiện tại bảng 5 và hình 3.

Bảng 5. Diện tích lớp phủ rừng ngập mặn tại KDTSQ Cần Giờ

TT	Lớp	Diện tích	
		ha	%
1	Rừng giàu	34.209,50	45,58
2	Rừng trung bình	7.467,95	9,95
3	Rừng nghèo	4.344,28	5,79
4	Đất khác	934,83	1,25
5	Nước	28.092,20	37,43
	Tổng	75.048,76	100,00



Hình 3. Bản đồ hiện trạng lớp phủ RNM của KDT SQ
Cần Giờ

Kết quả đánh giá độ chính xác cho thấy sai số trong phân loại hiện trạng lớp phủ RNM của KDT SQ Cần Giờ sử dụng ảnh vệ tinh Landsat 8 là 12%, tức là độ chính xác đạt 88%.

4.3. Bản đồ sinh khối rừng

4.3.1. Kết quả xây dựng mô hình đơn biến

Kết quả xây dựng được 8 mô hình sử dụng đơn biến trong ước lượng sinh khối RNM tại KDT SQ Cần Giờ, trong đó mô hình 4 có kết quả tốt nhất. Tóm tắt kết quả trong xây dựng mô hình đơn biến cho ước lượng sinh khối RNM được trình bày tại bảng 6.

Bảng 6. Tóm tắt kết quả của mô hình đơn biến tính sinh khối rừng KDT SQ Cần Giờ

Mô hình	Biến số sử dụng	Kết quả mô hình đơn biến	(R ²)	RMSE
Mô hình 1	HH với sinh khối	$SK = 590,41 + 39,53 \cdot HH$	0,44	43,42
Mô hình 2	HH với sinh khối	$SK = 110,79 + 341,153 \cdot HH + 166,298 \cdot HH^2$	0,54	35,66
Mô hình 3	HV với sinh khối	$SK = 745,71 + 35,34 \cdot HV$	0,74	20,16
Mô hình 4	HV với sinh khối	$SK = 110,79 + 441,466 \cdot HV + 118,116 \cdot HV^2$	0,79	16,28
Mô hình 5	NDVI_LS8 với sinh khối	$SK = -169,97 + 469,12 \cdot NDVI_LS8$	0,69	24,03
Mô hình 6	NDVI_LS8 với sinh khối	$SK = 110,79 + 427 \cdot NDVI_LS8 + 130,49 \cdot (NDVI_LS8)^2$	0,75	19,38
Mô hình 7	NDVI_S2 với sinh khối	$SK = -161,66 + 449 \cdot NDVI_S2$	0,65	27,14
Mô hình 8	NDVI_S2 với sinh khối	$SK = 110,79 + 415,246 \cdot NDVI_S2 + 116,551 \cdot (NDVI_S2)^2$	0,70	23,26

Từ kết quả nghiên cứu (Bảng 6) cho thấy: mô hình 1 (R² = 0,44), mô hình 2 (R² = 0,54), mô hình 7 (R² = 0,65) và có 3 mô hình có hệ số R² > 0,70, đó là các mô hình 4 (R² = 0,79; RMSE = 16,28), mô hình 6 (R² = 0,75; RMSE = 19,38) và mô hình 8 (R² = 0,70; RMSE = 23,26).

4.3.2. Kết quả xây dựng mô hình đa biến và kết hợp

Kết quả xây dựng được 18 mô hình đa biến và kết hợp cho tính toán sinh khối RNM tại KDT SQ Cần Giờ. Trong đó, có các mô hình đạt kết quả tốt (R² > 0,8) gồm có mô hình 18, 19, 20, 21, 23 và 24. Tóm tắt kết quả xây dựng mô hình sử dụng hình đa biến và kết hợp trong tính toán sinh khối RNM tại KDT SQ Cần Giờ được trình bày tại bảng 7.

Bảng 7. Tóm tắt kết quả xây dựng mô hình đa biến và kết hợp tính sinh khối KDT SQ Cần Giờ

Mô hình	Biến số sử dụng	Kết quả mô hình đa biến	(R ²)	RMSE
Mô hình 9	(HH+HV)/2 với sinh khối	$SK = 788,968 + 45,064 \cdot (HH+HV)/2$	0,72	21,71
Mô hình 10	(HH+HV)/2 với sinh khối	$SK = 110,79 + 436,57 \cdot (HH+HV)/2 + 117,26 \cdot [(HH+HV)/2]^2$	0,77	17,83
Mô hình 11	(HH*HH/HV) + HV với sinh khối	$SK = 741,623 + 24,062 \cdot (HV+HH \cdot HH/HV),$	0,64	27,91
Mô hình 12	(HH*HH/HV) + HV với sinh khối	$SK = 110,79 + 410,82 \cdot (HV+HH \cdot HH/HV) + 132,55 \cdot (HV+HH \cdot HH/HV)^2$	0,70	23,26
Mô hình 13	HH, HV và sinh khối	$SK = 781,345 + 9,398 \cdot HH + 30,977 \cdot HV$	0,75	19,38
Mô hình 14	8 textures với sinh khối	$SK = 2128,697 - 5,475 \cdot Contrast + 79,814 \cdot Correlation + 102,83 \cdot Dissimilarity - 751,639 \cdot Entropy -$	0,20	62,02

KHOA HỌC CÔNG NGHỆ

Mô hình	Biến số sử dụng	Kết quả mô hình đa biến	(R ²)	RMSE
		148,917*Homogeneity + 12,267*Mean – 5891,876*SecondMoment – 8,064*Variance		
Mô hình 15	8 textures, HH với sinh khối	SK = 451,199 + 41,106*HH + 8,918* Contrast + 33,039* Correlation – 6,446* Dissimilarity – 63,614* Entropy -156,907*Homogeneity + 8,249*Mean + 1722,558*SecondMoment – 12,884* Variance	0,54	35,66
Mô hình 16	8 textures, HV với sinh khối	SK = 2531,3625 + 36,911*HV + 2,6652*Contrast + 39,3443*Correlation – 16,9349*Dissimilarity – 416,3001*Entropy – 0,1086*Homogeneity – 7,5169*Mean – 3707,0741*SecondMoment – 3,6162*Variance	0,78	17,06
Mô hình 17	8 textures, NDVI_LS8 với sinh khối	SK = 1522,706 + 481,666*NDVI_LS8 + 4,095*Contrast + 43,757*Correlation – 116,883*Dissimilarity – 434,602*Entropy – 487,698*Homogeneity + 6,654*Mean – 5375,417*SeconMoment 11,133*Variance	0,76	18,61
Mô hình 18	8 textures, HH, NDVI_LS8 với sinh khối	SK = 748,403 + 21,769*HH + 390,993*NDVI_LS8 + 9,916*Contrast + 25,773*Correlation – 133,393*Dissimilarity – 129,915*Entropy – 428,155*Homogeneity + 5,583*Mean – 1440,141*SeconMoment + 4,967*Variance	0,83	13,18
Mô hình 19	8 textures, HV, NDVI_LS8 với sinh khối	SK = 2060,677 + 22,082*HV + 245,536*NDVI_LS8 + 4,273*Contrast + 37,223*Correlation – 80,82*Dissimilarity – 389,41*Entropy – 232,592*Homogeneity – 2,43*Mean – 4321,56*SecondMoment + 4,383*Variance	0,84	12,40
Mô hình 20	HH, NDVI_LS8 với sinh khối	SK = 156,866 + 22,438*HH + 377,884*NDVI_LS8	0,81	14,73
Mô hình 21	HV, NDVI_LS8 với sinh khối	SK = 371,987 + 22,173*HV + 229,183*NDVI_LS8	0,80	15,51
Mô hình 22	8 textures, NDVI_S2 với sinh khối	SK = 1855,432 + 467,93*NDVI_S2 + 6,122*Contrast + 58,15*Correlation – 126,478*Dissimilarity – 494,5*Entropy – 503,878*Homogeneity + 4,341*Mean – 6243,938*SeconMoment + 9,032*Variance	0,72	21,71
Mô hình 23	8 textures, HH, NDVI_S2 với sinh khối	SK = 962,215 + 23,246*HH + 373,028*NDVI_S2 + 11,909*Contrast + 36,092*Correlation – 141,768*Dissimilarity – 157,568*Entropy – 436,406*Homogeneity + 3,677*Mean – 1866,514*SeconMoment + 2,839*Variance	0,81	14,73
Mô hình 24	8 textures, HV, NDVI_S2 với sinh khối	SK = 2279,504 + 24,782*HV + 204,692*NDVI_S2 + 5,063*Contrast + 43,167*Correlation – 77,887*Dissimilarity – 414,014*Entropy – 204,284*Homogeneity – 4,483*Mean – 4579,035*SeconMoment + 2,401*Variance	0,82	13,96
Mô hình 25	HH, NDVI_S2 với sinh khối	SK = 176,292 + 23,229*HH + 356,507*NDVI_S2	0,78	17,06
Mô hình 26	HV, NDVI_S2 với sinh khối	SK = 427,15 + 24,12*HV + 192,66*NDVI_S2	0,78	17,06

Kết quả nghiên cứu (Bảng 7) cho thấy: duy nhất có một mô hình với $R^2=0,20$, một mô hình có $R^2=0,64$, có 6 mô hình có giá trị R^2 từ 0,70-0,80. Đặc biệt trong đó có 6 mô hình có hệ số tương quan đạt $R^2 > 0,80$, bao gồm các mô hình 18 ($R^2 = 0,83$; RMSE = 13,18), mô hình 19 ($R^2 = 0,84$; RMSE = 12,40), mô hình 20 ($R^2 = 0,81$; RMSE = 14,73), mô hình 21 ($R^2 = 0,80$; RMSE = 15,51), mô hình 23 ($R^2 = 0,81$; RMSE = 14,73) và mô hình 24 ($R^2 = 0,82$; RMSE = 13,96).

4.3.3. Kết quả kiểm định mô hình

Đã lựa chọn các mô hình có hệ số $R^2 > 0,80$ cho kiểm định. Các kết quả kiểm định cho thấy: mô hình 18 ($R^2=0,83$; RMSE=35,92), mô hình 19 ($R^2=0,85$; RMSE=33,74), mô hình 20 ($R^2=0,80$; RMSE=38,96), mô hình 21 ($R^2=0,81$; RMSE=37,97), mô hình 23 ($R^2=0,83$; RMSE=35,92) và mô hình 24 ($R^2=0,76$; RMSE=42,68).

4.3.4. Lựa chọn mô hình cho xây dựng bản đồ sinh khối rừng

Căn cứ vào kết quả xây dựng mô hình và kết quả kiểm định mô hình cho thấy mô hình 19 trong nghiên cứu đồng thời có hệ số R^2 tốt nhất trong kết quả xây dựng cũng như kiểm định mô hình. Do vậy, đã lựa chọn mô hình này để thành lập bản đồ sinh

khối RNM khu vực nghiên cứu. Mô hình được viết dưới dạng sau:

$$\text{Sinh khối (tấn/ha)} = 2060,677 + 22,082 \cdot \text{HV} + 245,536 \cdot \text{NDVI_LS8} + 4,273 \cdot \text{Contrast} + 37,223 \cdot \text{Correlation} - 80,82 \cdot \text{Dissimilarity} - 389,41 \cdot \text{Entropy} - 232,592 \cdot \text{Homogeneity} - 2,43 \cdot \text{Mean} - 4321,56 \cdot \text{SecondMoment} + 4,383 \cdot \text{Variance}.$$

Trong đó: HV là giá trị tán xạ ngược từ phân cực HV; NDVI_LS8 là giá trị chỉ số thực vật (NDVI) từ ảnh Landsat 8 OLI; Contrast, Correlation, Dissimilarity, Entropy, Homogeneity, Mean, SeconMoment và Variance là giá trị về cấu trúc từ phân cực HV.

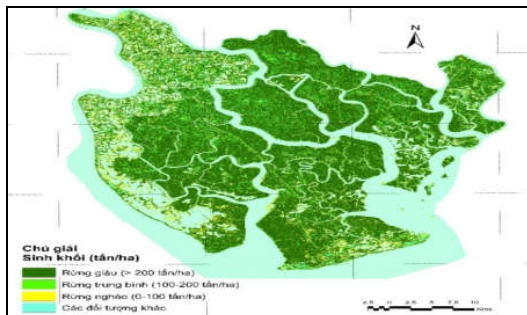
4.3.5. Kết quả xây dựng bản đồ sinh khối rừng

Một bản đồ sinh khối tỷ lệ 1:50.000 với độ phân giải 15m năm 2018 đã được thành lập. Kết quả thống kê, phân tích từ bản đồ sinh khối rừng KDTSQ Cần Giờ cho thấy: tổng diện tích là 75.048,76 ha, trong đó diện tích rừng giàu sinh khối là 33.236,50 ha (44,29%), diện tích rừng trung bình sinh khối là 7.453,51 ha (9,93%), diện tích rừng nghèo sinh khối là 5.365,60 ha (7,15%) và các đối tượng khác 28.993,15 ha (38,63%). Kết quả số liệu chi tiết được thể hiện ở bảng 8.

Bảng 8. Kết quả thống kê trữ lượng sinh khối phân bố theo diện tích KDTSQ Cần Giờ

TT	Lớp	Tiêu chuẩn trữ lượng sinh khối (tấn/ha)	Diện tích	
			ha	%
1	Rừng giàu sinh khối	>200	33.236,50	44,29
2	Rừng trung bình sinh khối	100-200	7.453,51	9,93
3	Rừng nghèo sinh khối	0-100	5.365,60	7,15
4	Đối tượng khác		28.993,15	38,63
	Tổng		75.048,76	100,00

Kết quả bản đồ sinh khối RNM tại KDTSQ Cần Giờ được thể hiện tại hình 4.



Hình 4. Bản đồ sinh khối RNM tại Khu Dự trữ Sinh quyển Cần Giờ

Sử dụng số liệu về trạng thái từ thực địa (38 điểm) để so sánh với trạng thái cùng vị trí trên bản đồ sinh khối RNM đã xây dựng. Kết quả cho thấy sai số là 15,34%, tức là độ chính xác chung của bản đồ sinh khối RNM tại KDTSQ Cần Giờ được thành lập từ ảnh vệ tinh ALOS-2 PALSAR-2 và Landsat 8 OLI đạt 84,66%.

5. ĐỀ XUẤT CÁC GIẢI PHÁP QUẢN LÝ, GIÁM SÁT CHO BẢO TỒN VÀ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG

Trên cơ sở đánh giá tiềm năng cũng như thách thức, đã đề xuất một số giải pháp quản lý, giám sát cho bảo tồn và phát triển bền vững KDTSQ Cần Giờ như sau:

Không phát triển kinh tế bằng mọi giá, khi lập quy hoạch và thực hiện các dự án xây dựng phải đảm bảo sự hài hòa với thiên nhiên, giảm đến mức tối thiểu tác động tới hệ sinh thái RNM. Coi trọng các giá trị cốt lõi của hệ sinh thái, cảnh quan, môi trường RNM và xem là nền tảng trọng tâm cho các định hướng sự phát triển kinh tế-xã hội.

Không quy hoạch, mở rộng quy hoạch hoặc phát triển đô thị vào vùng phục hồi sinh thái, vùng bảo tồn nghiêm ngặt của RNM thuộc KDTSQ Cần Giờ. Các dự án xây dựng, đặc biệt là các dự án lớn trên địa bàn huyện Cần Giờ cần được đánh giá tác động môi trường một cách toàn diện và thận trọng, kèm theo đó là giám sát thực thi chặt chẽ và nghiêm túc trong quá trình triển khai.

Các công trình xây dựng đã, đang và sẽ được thực hiện tại khu vực huyện Cần Giờ có thể có những nguy cơ ít-nhiều tác động đến hệ sinh thái RNM, cũng như môi trường. Do vậy, không mở rộng, mở mới các tuyến đường hoặc sử dụng một phần diện tích trong khu vực này làm các bãi tập kết vật liệu xây dựng, nhà kho, xây dựng các lán trại tạm cho công nhân trong quá trình xây dựng.

Cần xây dựng một công cụ cho việc giám sát hệ sinh thái RNM, chất lượng môi trường, tình trạng bồi lắng, sạt lở, độ mặn trong hệ thống kênh rạch v.v, bằng các công nghệ tiên tiến, hiện đại như sử dụng các loại ảnh viễn thám, WebGIS để cập nhật dữ liệu với chu kỳ hàng tháng, quý, năm nhằm phát hiện nhanh, chính xác những thông tin, nhất là những thay đổi theo chiều hướng tiêu cực để có biện pháp xử lý kịp thời trong công tác quản lý, giám sát, bảo vệ hệ sinh thái rừng ngập mặn.

6. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, việc đánh giá hiện trạng và sinh khối RNM sử dụng ảnh vệ tinh quang học và radar. Đối với đánh giá hiện trạng lớp phủ RNM theo trữ lượng bằng cách sử dụng chỉ số khác biệt thực vật (NDVI) từ ảnh vệ tinh Landsat 8 và dữ liệu khảo sát thực địa. Một bản đồ hiện trạng RNM với tỷ lệ 1:50.000, độ phân giải không gian 15m đã được xây dựng đạt độ chính xác 88%. Kết quả phân loại hiện trạng lớp phủ của Khu DTSQ Cần Giờ cho thấy: rừng giàu trữ lượng có 34.209,50 ha (chiếm 45,58%); rừng trung bình trữ lượng có 7.467,95 ha (chiếm 9,95%); rừng có trữ lượng nghèo có 4.344,28 ha (chiếm 5,79%); diện tích đất khác có 934,83 ha (chiếm 1,25%) và diện tích mặt nước là 28.092,20 ha (chiếm 37,43%).

Đối với trữ lượng sinh khối RNM, nghiên cứu này đã sử dụng tổ hợp chỉ số NDVI từ ảnh vệ tinh quang học (Landsat 8 OLI) với các thông số về tán xạ ngược, thông số cấu trúc của phân cực HV từ ảnh vệ tinh radar (ALOS-2 PALSAR-2) đã cho thấy sự cải thiện trong xây dựng mô hình với $R^2 > 0,84$. Một bản đồ sinh khối RNM với tỷ lệ 1: 50.000 đã được thành lập, độ phân giải không gian là 10 m, độ chính xác đạt hơn 84%. Kết quả thống kê từ bản đồ sinh khối RNM của Khu DTSQ Cần Giờ cho thấy: rừng giàu sinh khối 33.236,50 ha (44,29%), rừng sinh khối trung bình là 7.453,51 ha (9,93%), rừng nghèo sinh khối là 5.365,60 ha (7,15%) và các đối tượng khác 28.993,15 ha (38,63%).

Từ kết quả trên cho thấy trữ lượng sinh khối và hiện trạng lớp phủ RNM không có sự khác biệt đáng kể, có thể nói rừng có chất lượng tốt. Kết quả nghiên cứu cho thấy Khu Dự trữ Sinh quyển Cần Giờ đã và đang được quản lý và bảo vệ tốt. KDTSQ Cần Giờ với hệ động, thực vật đa dạng, phong phú, thảm thực vật độc đáo cùng với “Khu Di tích lịch sử Chiến khu Rừng Sác”, đây là những tiềm năng, lợi thế lớn để phát triển kinh tế-xã hội. Có thể nói rằng KDTSQ Cần Giờ xứng đáng là lá phổi xanh với vai trò điều hòa khí hậu, hấp thụ CO₂ không những cho TP. Hồ Chí Minh và còn cả cho khu vực phía Nam.

LỜI CẢM ƠN

Tác giả cảm ơn Đề tài VAST01.07/20-21 từ Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam đã cung cấp kinh phí cho thực hiện. Cảm ơn JAXA, USGS (NASA) đã chia sẻ dữ liệu ALOS-2 PALSAR-2 và Landsat 8 OLI cho nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Phan Nguyên Hồng, Hoàng Thị Sản (1984). *Kết quả nghiên cứu hệ thực vật rừng ngập mặn Việt Nam*. Tuyển tập hội thảo quốc gia về hệ sinh thái rừng ngập mặn Việt Nam lần thứ nhất. Hà Nội, 27-28/12/1984:68-67.
2. Kuenzer, C., Bluemel, A., Gebhardt, S., Quoc, T. V., & Dech, S. (2011). Remote sensing of mangrove ecosystems: A review. *Remote Sensing*, 3(5), 878-928.
3. Giri, C., Pengra, B., Zhu, Z., Singh, A., & Tieszen, L. L. (2007). Monitoring mangrove forest dynamics of the Sundarbans in Bangladesh and India using multi-temporal satellite data from 1973 to 2000. *Estuarine, coastal and shelf science*, 73(1-2), 91-100.

4. Bunting, P., Rosenqvist, A., Lucas, R. M., Rebelo, L. M., Hilarides, L., Thomas, N.,... & Finlayson, C. M. (2018). The global mangrove watch-a new 2010 global baseline of mangrove extent. *Remote Sensing*, 10(10), 1669.
5. Richards, D. R., & Friess, D. A. (2016). Rates and drivers of mangrove deforestation in Southeast Asia, 2000–2012. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(2), 344-349.
6. Phan Nguyên Hồng, Nguyễn Bội Quỳnh, Nguyễn Hoàng Chí (1988). *Rừng ngập mặn-Tập 1*. Nxb. Nông nghiệp 1988.
7. Bộ Nông nghiệp và PTNT (2018). Quyết định số 1187/QĐ-BNN-TCLN, ngày 3 tháng 4 năm 2018 về công bố hiện trạng rừng toàn quốc. Bộ trưởng Bộ Nông nghiệp và PTNT.
8. Phan Nguyên Hồng, Trần Văn Ba, Viên Ngọc Nam, Hoàng Thị Sản, Vũ Trung Tạng, Lê Thị Trễ, Nguyễn Hoàng Trí, Mai Sỹ Tuấn, Lê Xuân Tuấn, (1999). *Rừng ngập mặn Việt Nam*. Nxb. Nông nghiệp Hà Nội. 205p.
9. Lê Đức Tuấn và nnk. (2002). *Khu Dự trữ Sinh quyển rừng ngập mặn Cần Giờ*. Nxb. Nông nghiệp, TP. Hồ Chí Minh-2002.
10. Sơn, Đ. V. (2014). Hiện trạng tài nguyên thực vật rừng ngập mặn ở Khu Dự trữ Sinh quyển Cần Giờ, TP. Hồ Chí Minh. *Hue University Journal of Science (HUJOS)*, 97(9), 179-192.
11. Luong Viet Nguyen, Tu Trong To, Hong Xuan Trinh, Hoan Thanh Nguyen, Thuy Thu Luu Hoang (2019). Biomass estimation and mapping of Can Gio Mangrove Biosphere Reserve, South of Viet Nam using ALOS-2 PALSAR-2 data. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(1), 15-31.
12. Nguyễn Viết Lương (2010). Thảm thực vật rừng ngập mặn Cần Giờ sau 10 năm được MAB/UNESCO ghi nhận là Khu Dự trữ Sinh quyển Thế giới. Hội nghị khoa học quốc gia lần thứ 4 về Sinh thái và Tài nguyên sinh vật, tháng 10 năm 2010.
13. Luong, N. V., Tateishi, R., & Hoan, N. T. (2015). Analysis of an impact of succession in mangrove forest association using remote sensing and GIS technology. *Journal of Geography and Geology*, 7(1), 106.
14. Luong Viet Nguyen and *et al.* (2018). The analysis of mangrove forest changes period of 20 years in Can Gio Biosphere Reserve, Vietnam using remote sensing and GIS technology. *International Journal of UNESCO Biosphere Reserves*. Volume 2, Issue 2.
15. Haralick, R. M., Shanmugam, K., & Dinstein, I. H. (1973). Textural features for image classification. *IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics*, (6), 610-621.
16. JAXA (2014). ALOS-2/Calibration Result of JAXA Standard Products; Japan Aerospace Exploration Agency, Earth Observation Research Center: Tsukuba, Japan, 2014.
17. Luong Nguyen Viet., Tateishi, R., Kondoh, A., Sharma, R. C., Thanh Nguyen, H., Trong To, T., & Ho Tong Minh, D. (2016). Mapping tropical forest biomass by combining ALOS-2, Landsat 8, and field plots data. *Land*, 5(4), 31.
18. Rouse, J., Jr.; Haas, R.H.; Schell, J.A.; Deering, D.W (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *NASA Spec. Publ.351*, 309.
19. Nguyen, L. V., Van Nguyen, H., Kieu, L. Q., To, T. T., Phan, T. K. T., Pham, T. A., & Tran, C. K. (2020). Seasonal Effects of Backscattering Intensity of ALOS-2 PALSAR-2 (L-Band) on Retrieval Forest Biomass in the Tropics. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 8(11), 26-40.
20. USGS (2018). Landsat Normalized Difference Vegetation Index. <https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat/landsat-normalized-difference-vegetation-index>
21. Luong, N. V., Tateishi, R., Kondoh, A., Anh, N. D., & Thanh, N. (2017). Land cover mapping in Yok Don National Park, Central Highlands of Viet Nam using Landsat 8 OLI images. *Vietnam Journal of Earth Sciences*, 39(4), 393-406.
22. Võ Văn Hồng, Trần Văn Hùng, Phạm Ngọc Bầy (2006). *Cẩm nang ngành lâm nghiệp (Công tác điều tra rừng ở Việt Nam)*. Bộ Nông nghiệp và PTNT.
23. Ong, J. E., Gong, W. K., & Wong, C. H. (2004). Allometry and partitioning of the mangrove, *Rhizophora apiculata*. *Forest Ecology and Management*, 188(1-3), 395-408.
24. Fromard, F., Puig, H., Mougin, E., Marty, G., Betoulle, J.L., Cadamuro, L., 1998. Structure above-ground biomass and dynamics of mangrove ecosystems: new data from French Guiana. *Oecologia* 115, 39–53.
25. Clough, B.F., Scott, K., 1989. Allometric

relationships for estimating aboveground biomass in six mangrove species. *Forest Ecol. Manage.* 27, 117-127.

26. Komiyama, A., S. Pongpan, and S. Kato. 2005. Common Allometric Equations for Estimating the Tree Weight of Mangroves. *Journal of Tropical Ecology* 21 (04): 471-477. doi:10.1017/S0266467405002476.

27. Cao Huy Bình (2009). *Nghiên cứu khả năng hấp thụ CO₂ của quần thể Dừa quánh (Ceriops decandra Dong Hill) tự nhiên tại Khu Dữ trữ Sinh quyển rừng ngập mặn Cần Giờ*. Luận văn thạc sỹ khoa học Nông nghiệp. Đại học Nông lâm TP. Hồ Chí Minh.

28. Hoàn, H. Đ., Sinh, L. V., Trung, P. V., & Sơn, Đ. V. (2009). *Nghiên cứu khả năng tích tụ carbon của rừng trồng Cóc trắng (Lumnitzera racemosa*

WILLD) tại Khu Dữ trữ Sinh quyển rừng ngập mặn Cần Giờ - TP. Hồ Chí Minh. Luận văn thạc sỹ khoa học Nông nghiệp. Đại học Nông lâm TP. Hồ Chí Minh.

29. IPCC (2003). *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*, IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme Technical Support Unit: City, Japan, 2003.

30. Thông tư 33/2018/TT-BNNPTNT. Ban hành ngày 16 tháng 11 năm 2018 về “Quy định về điều tra, kiểm kê và theo dõi diễn biến rừng”.

31. Tri, N. H., Hong, P. N., Manh, M. N. T., Tuan, M. L. X., Anh, M. P. H., Tho, M. N. H., ... & Tuan, M. L. D. (2000). Valuation of the mangrove ecosystem in Can Gio mangrove biosphere reserve, Vietnam.

ASSESSMENT OF STATUS AND BIOMASS OF MANGROVE FOREST USE OPTICAL AND RADAR SATELLITE DATA: A CASE STUDY IN CAN GIO MANGROVE BIOSPHERE RESERVE, HO CHI MINH CITY

**Nguyen Viet Luong, To Trong Tu, Trinh Xuan Hong,
Phan Thi Kim Thanh, Le Mai Son, Le Quang Toan, Luu The Anh,
Tran Van Thuy, Han Phuong Loan, Nguyen Thanh Tuan, Dao Van Hai**

Summary

In this study, we used images from Landsat 8 OLI and ALOS-2 PALSAR-2 satellite for the assessment of forest cover status and biomass of Can Gio Mangrove Biosphere Reserve. In which, Landsat 8 OLI satellite images were used for the classification of the current status of land covers, the results show that: Total natural area is 75,048.76 ha. In which, rich forest area is 34,209.50 ha (45.58%), medium forest is 7,467.95 ha (9.95%), poor forest is 4,344.28 ha (5.79%), other land is 934.83 ha (1.25%) and water body is 28,092.20 ha (37.43%). The combined use of radar (ALOS-2 PALSAR-2) and optical (Landsat 8) satellite images has shown an improvement in biomass modeling ($R^2 > 0.84$) and mangrove biomass mapping with more than 84% accuracy, the results show that: rich biomass forest is 33,236.50 ha (44.29%), medium biomass forest is 7,453.51 ha (9.93%), poor biomass forest is 5,365.60 ha (7.15%) and other land is 28,993.15 ha (38.63%). We hope that the method and results of this study will be useful tools for sustainable management, conservation and development in this study area.

Keywords: *Landsat 8 OLI, ALOS-2 PALSAR-2, mangrove forest, biomass, model, Can Gio Mangrove Biosphere Reserve, Vietnam.*

Người phản biện: TS. Lê Anh Hùng

Ngày nhận bài: 12/8/2021

Ngày thông qua phản biện: 13/9/2021

Ngày duyệt đăng: 20/9/2021