

ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ VIỄN THÁM VÀ GIS ƯỚC TÍNH SINH KHỐI RỪNG THÔNG BA LÁ (*PINUS KESIYA ROYLE EX GORDON*) KHU VỰC HỒ TUYỀN LÂM, THÀNH PHỐ ĐÀ LẠT TỈNH LÂM ĐỒNG

NGUYỄN VIỆT LƯƠNG⁽¹⁾, ĐẶNG VŨ KHẮC⁽²⁾, NGUYỄN QUYẾT CHIẾN⁽²⁾
NGUYỄN THỊ VÂN ANH⁽²⁾, NGUYỄN TRỌNG TRƯỜNG SƠN⁽³⁾

⁽¹⁾Phòng Công nghệ viễn thám, GIS và GPS, Viện Công nghệ vũ trụ, Viện Hàn lâm KHCN VN

⁽²⁾Khoa Địa lý, Trường Đại học Sư phạm Hà Nội

⁽³⁾Khoa Quản lý đất đai, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

Tóm tắt:

Nghiên cứu đã sử dụng dữ liệu ảnh vệ tinh Landsat 8, Sentinel-2 và ALOS-2 kết hợp với dữ liệu khảo sát thực địa để xây dựng mô hình ước tính sinh khối và thành lập bản đồ sinh khối tại khu vực Hồ Tuyền Lâm, thành phố Đà Lạt, tỉnh Lâm Đồng. Nghiên cứu đã tiến hành xây dựng và lựa chọn được mô hình tốt nhất cho ước tính sinh khối và thành lập bản đồ sinh khối rừng thông khu vực nghiên cứu bằng sự kết hợp các thông số từ vệ tinh ALOS-2 và Sentinel-2 với độ tin cậy là hơn 79%. Các kết quả này sẽ hữu ích trong công tác quản lý và phát triển rừng bền vững tại khu vực nghiên cứu. Bên cạnh đó, nghiên cứu cũng sẽ góp phần bổ sung cơ sở khoa học quan trọng trong việc giám sát, quản lý khí phát thải/hấp thụ nhà kính từ rừng, góp phần vào nỗ lực chung của Việt Nam trong giảm nhẹ và thích ứng với biến đổi khí hậu hiện nay.

Từ khóa: Sinh khối; Rừng thông; Các-bon; Viễn thám; Landsat 8; Sentinel-2; ALOS-2

1. Tổng quan vấn đề nghiên cứu

Rừng có vai trò vô cùng quan trọng trong đời sống của con người như: cung cấp nguyên liệu gỗ, lương thực, thực phẩm, thuốc, ngoài ra rừng còn giúp duy trì sự cân bằng sinh thái, bảo vệ đa dạng sinh học, chống lũ, sạt lở đất, tích trữ các-bon và hấp thụ CO₂ [8], [1]. Vì vậy, việc quản lý và phát triển rừng một cách bền vững là rất cần thiết. Một trong những bước quan trọng để đạt được điều này là có đầy đủ thông tin chính xác về tài nguyên rừng, trong đó có sinh khối rừng. Tuy nhiên, đây là một thách thức đối với các nhà quản lý [7].

Ngày nay, với sự phát triển nhanh của công nghệ vệ tinh quan sát trái đất đã cải thiện năng lực cung cấp, độ phân giải không gian và thời gian. Do vậy, phương pháp sử dụng ảnh vệ tinh trong ước tính sinh khối rừng đã trở thành một phương pháp hiệu quả trong ước tính sinh khối rừng [3], [4]. Tuy nhiên ở Việt Nam, việc ứng dụng dữ liệu viễn thám trong xác định sinh khối rừng còn có những hạn chế. Một số nghiên cứu có thể kể đến như của [1] nghiên cứu sử dụng ảnh radar trong xác định sinh khối rừng ở Hòa Bình. [4] đã sử dụng ảnh ALOS-2 cho tính toán sinh khối rừng ngập mặn tại Khu dự trữ sinh

quyển rừng ngập mặn Cần Giờ. [6] sử dụng ảnh Sentinel-1A và SPOT để ước tính sinh khối rừng ngập mặn tại Cà Mau.

Các nghiên cứu trên cho thấy rằng: (i) Các nghiên cứu thường chỉ sử dụng một loại dữ liệu ảnh vệ tinh quang học, một số ít nghiên cứu sử dụng dữ liệu radar; (ii) nghiên cứu kết hợp hai loại dữ liệu ảnh vệ tinh quang học và radar chưa được quan tâm nhiều.

Do vậy, mục tiêu của nghiên cứu này sẽ ứng dụng các dữ liệu từ các vệ tinh phổ biến, đảm bảo năng lực cung cấp hiện nay là: Landsat 8, Sentinel-2 và ALOS-2 PALSAR-2 cho ước tính sinh khối rừng trên mặt đất với mong muốn cung cấp cơ sở khoa học nhằm quản lý rừng và hỗ trợ việc đánh giá, giám sát năng lực tham gia

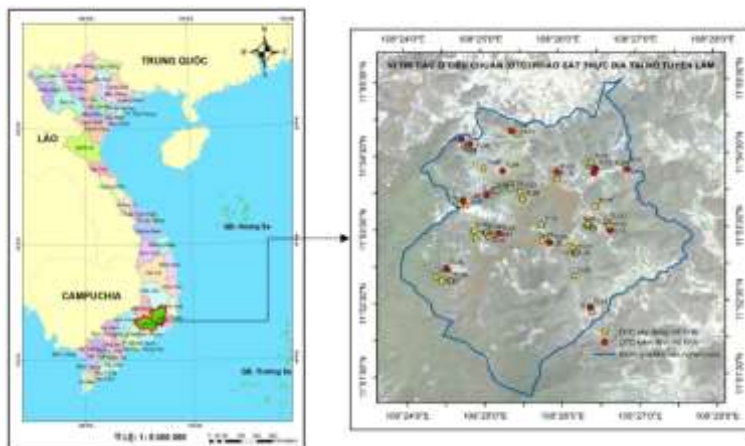
Khu vực nghiên cứu được thể hiện tại hình 1.

vào thị trường tín chỉ các-bon của khu vực nghiên cứu cũng như các khu vực khác có đối tượng tương đồng, góp phần vào việc thực hiện mục tiêu netzero hiện nay của Việt Nam.

2. Khu vực nghiên cứu

Hồ Tuyên Lâm, tỉnh Lâm Đồng cách trung tâm thành phố Đà Lạt 5 km về phía Nam. Rừng tại khu vực chủ yếu là loài Thông ba lá (*Pinus kesiya* Royle ex Gordon), trong đó rừng tự nhiên chiếm khoảng 52% và rừng trồng chiếm 18% [5].

Rừng thông tại khu vực nghiên cứu không chỉ có giá trị về mặt kinh tế, môi trường, sinh thái và cảnh quan mà còn là một phần quan trọng trong việc phát triển bền vững du lịch của thành phố.



Hình 1: Vị trí khu vực nghiên cứu

3. Phương pháp và dữ liệu nghiên cứu

3.1. Dữ liệu thực địa

Nghiên cứu đã sử dụng dữ liệu từ hệ thống ô tiêu chuẩn (OTC) với kích thước là 500 m² (20 m x 25 m). Nghiên cứu đã áp dụng Phương trình (1) tính toán sinh khối trên mặt đất cho loài Thông ba lá (*Pinus kesiya* Royle ex Gordon) được phát triển bởi [10]. Dạng phương trình chung được mô tả như sau:

$$SK (\text{tấn/ha}) = 0,025 * D^{2,87} \quad (1)$$

Trong đó: SK là Sinh khối rừng trên mặt đất; D là đường kính ngang ngực tại vị trí 1,3 m (đơn vị là mét).

3.2. Dữ liệu ảnh vệ tinh

Ảnh vệ tinh ALOS-2 PALSAR-2, Landsat 8 OLI và Sentinel-2 được sử dụng trong nghiên cứu này. Các thông tin cơ bản của ảnh vệ tinh đã sử dụng được ghi tại Bảng 1.

Bảng 1: Danh sách ảnh vệ tinh ALOS-2 PALSAR-2, Landsat 8 và Sentinel-2

STT	Vệ tinh	Thời gian chụp	Số hiệu cảnh ảnh (ID)	Phân cực, kênh phổ	Số lượng cảnh	Độ phân giải không gian
1	ALOS-2 PALSAR-2	30-04-2018	ALOS2158513370-170430	HH, HV	1	10 m
2	Landsat 8 OLI	17-03-2018	LC081240522017031101T1	B4, B5, B8	2	30 m, 15 m
		10-02-2018	LC08_L1TP_124052_20180210	B4, B5, B8		30 m, 15 m
3	Sentinel-2	18-04-2018	S2B_tile_20180418_49PBP_0	B4, B8	1	10 m

3.3. Phương pháp xử lý ảnh vệ tinh

Dữ liệu ảnh radar từ ALOS-2 PALSAR-2, mức độ xử lý 2.1 với 2 phân cực HH và HV, độ phân giải không gian của dữ liệu là 10 m. Chuyển đổi giá trị DN (digital number) của hai phân cực HH và HV sang giá trị tán xạ ngược (backscattering intensity) được tính theo Công thức (2) sau đây (ALOS-2, 2017).

$$\sigma^{\circ} = 10 \times \log_{10} (DN^2) + CF \quad (2)$$

Trong đó: σ° là giá trị tán xạ ngược; DN là giá trị số của điểm ảnh; đơn vị là decibels (dB), và CF là hệ số chuyển đổi. Theo công bố của JAXA đối với ảnh mức (1.5 và 2.1) thì CF là -83.0. Bên cạnh đó, tám giá trị kết cấu từ ảnh ALOS-2 PALSAR-2 được sử dụng trong nghiên cứu này gồm có: Contrast, Correlation, Dissimilarity, Entropy, Homogeneity, Mean, Second Moment, và Variance. Phương pháp phân tích kết cấu dựa trên ma trận tương quan cấp độ xám (Gray Level Cooccurrence Matrix - GLCM) được thực hiện theo Haralick và cs. (1973) và sử dụng kích thước cửa sổ là 5 x 5 và lấy trung bình bốn hướng: ngang, dọc và hai đường chéo.

Tạo ảnh NDVI từ vệ tinh Landsat 8 OLI và Sentinel-2: Ảnh chỉ số thực vật từ vệ tinh Landsat 8 và Sentinel-2 được tạo theo Phương trình (3) sau đây:

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \quad (3)$$

Trong đó: Red là kênh đỏ; NIR là kênh cận hồng ngoại trên ảnh vệ tinh.

3.4. Xây dựng các lớp phân loại cho bản đồ sinh khối

Trong nghiên cứu này chúng tôi phân loại rừng theo trữ lượng sinh khối rừng thành các lớp như sau: Lớp 1: Rừng rất giàu sinh khối > 300 tấn/ha; Lớp 2: Rừng giàu với sinh khối từ 200-300 tấn/ha; Lớp 3: Rừng trung bình với sinh khối từ 100-200 tấn/ha; Lớp 4: Rừng nghèo với sinh khối rừng từ 0-100 tấn/ha [3], [4].

3.5. Phương pháp xây dựng mô hình tính toán sinh khối

Năng lực của mô hình xây dựng để tính toán sinh khối từ các thông số chiết xuất từ vệ tinh gọi là biến độc lập với sinh khối khảo sát ngoài thực địa được gọi là biến phụ thuộc và được phân tích bằng phương pháp thống kê hồi quy tuyến tính đơn giản và phân tích hồi quy tuyến tính đa biến. 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) là thước đo để đánh giá các mối quan hệ giữa các biến theo Phương trình (4) và phương trình (5) dưới đây:

$$R^2 = 1 - \frac{\text{Tổng bình phương sai số}}{\text{Tổng bình phương}} \quad (4)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (\text{Giá trị tiên lượng} - \text{Giá trị quan sát})^2} \quad (5)$$

Trong đó: Phương trình (4), (5) được giải thích như sau: Giá trị tiên lượng là giá trị thu được từ mô hình; Giá trị quan sát được là giá trị từ dữ liệu kiểm kê; n là số mẫu được sử dụng.

4. Kết quả nghiên cứu

4.1. Khảo sát thực địa

Tổng có 50 ô tiêu chuẩn (OTC) khảo sát ngoài thực địa được sử dụng. Trong đó, nghiên cứu đã lựa chọn ngẫu nhiên 35 OTC cho xây dựng mô hình và 15 OTC sẽ phục vụ cho việc kiểm định mô hình. Các thông số thu được bao gồm đường kính cây rừng, chiều cao cây, sinh khối và tên khoa học đã được ghi nhận.

Từ kết quả thực địa thu được tiến hành tính toán và phân tích các thông số cấu trúc rừng tại vị trí các OTC như: Đường kính cây ngang ngực tại vị trí 1,3 m ($D_{1,3\text{tb}}(\text{cm})$); Chiều cao cây (H_m); Tiết diện ngang thân cây (G); Mật độ cây (N); Thể tích gỗ (M) và cuối cùng là tính toán sinh khối (SK).

4.2. Kết quả xây dựng mô hình tính toán sinh khối rừng từ ảnh vệ tinh

Bảng 2: Tóm tắt các kết quả của mô hình đơn biến ước tính sinh khối rừng thông khu vực nghiên cứu

Mô hình	Dạng mô hình	Kết quả mô hình đơn biến	(R ²)
Mô hình 1	HH với sinh khối	$SK = 29,848*HH + 342,671$	0,41
Mô hình 2	HH với sinh khối	$SK = 465,25*HH + 182,77*HH^2 + 196,81$	0,48
Mô hình 3	HV với sinh khối	$SK = 28,377*HV + 489,952$	0,46
Mô hình 4	HV với sinh khối	$SK = 491,86*HV + 183,78*HV^2 + 196,81$	0,52
Mô hình 5	NDVI LS8 với sinh khối	$SK = 695,3*LS8 \text{ NDVI} - 313,7$	0,18
Mô hình 6	NDVI LS8 với sinh khối	$SK = 308,51*LS8 \text{ NDVI} - 42,46*LS8 \text{ NDVI}^2 + 196,81$	0,18
Mô hình 7	NDVI S2 với sinh khối	$SK = 1026,3*NDVI \text{ S2} - 556,9$	0,25
Mô hình 8	NDVI S2 với sinh khối	$SK = 364,46*NDVI \text{ S2} + 19,14*NDVI \text{ S2}^2 + 196,81$	0,25

Kết quả tại bảng 2 cho thấy: Tổng có 8 mô hình đơn biến đã được xây dựng, trong đó Mô hình 4 với $R^2 = 0,52$ có kết quả tốt nhất, các mô hình còn lại có R^2 đều thấp hơn 0,5. Như vậy, đối với mô hình đơn biến không có hiệu quả tốt trong tính toán sinh khối rừng thông tại khu vực này.

4.2.2. Kết quả xây dựng mô hình đa biến

Đối với mô hình đa biến, tổng có 18 mô hình đa biến đã được xây dựng, kết quả cho thấy có 11 mô hình có hệ số tương quan lớn hơn 0,5 ($R^2 > 0,50$). Trong đó, nhóm mô hình có hệ số tương quan từ 0,5 đến 0,6 gồm có 3 mô hình: Mô hình 10 ($R^2 = 0,58$), Mô hình 12

Kết quả chiết xuất dữ liệu từ ảnh vệ tinh như NDVI từ ảnh Landsat 8 OLI, Sentinel-2 và các giá trị tán xạ ngược và giá trị cấu trúc từ ảnh vệ tinh radar (ALOS-2 PALSAR-2) tương ứng với vị trí các OTC đã được điều tra từ thực địa.

4.2.1. Kết quả xây dựng mô hình đơn biến

Đối với mô hình đơn biến, chúng tôi xây dựng được 8 mô hình từ các thông tin chiết xuất là HH, HV từ ảnh radar của vệ tinh ALOS-2 PALSAR 2, chỉ số thực vật NDVI từ vệ tinh Landsat 8 và Sentinel-2. Các kết quả tóm tắt xây dựng mô hình đơn biến trong ước tính sinh khối rừng tại khu vực Hồ Tuyên Lâm được trình bày tóm tắt tại bảng 2 dưới đây:

($R^2 = 0,56$) và Mô hình 14 ($R^2 = 0,50$). Các mô hình có hệ số tương quan từ 0,6 - 0,7, gồm 2 Mô hình đó là: Mô hình 17 ($R^2 = 0,65$), Mô hình 22 ($R^2 = 0,68$). Các mô hình có hệ số tương quan từ 0,7 - 0,8 gồm có 6 mô hình Mô hình 15 ($R^2 = 0,73$), Mô hình 16 ($R^2 = 0,74$), Mô hình 18 ($R^2 = 0,78$), Mô hình 19 ($R^2 = 0,76$), Mô hình 23 ($R^2 = 0,79$) và Mô hình 24 ($R^2 = 0,76$), đây là những mô hình có hệ số tương quan chặt, có thể sử dụng để tính toán trữ lượng sinh khối rừng thông tại khu vực nghiên cứu từ ảnh vệ tinh. Kết quả xây dựng mô hình đa biến cho tính toán sinh khối rừng được thể hiện tóm tắt ở Bảng 3.

Bảng 3: Tóm tắt kết quả xây dựng mô hình đa biến và kết hợp tại khu vực nghiên cứu

Mô hình	Dạng mô hình	Kết quả mô hình đa biến	(R ²)
Mô hình 9	(HH+HV)/2 với sinh khối	SK = 31,524*(HH+HV)/2 + 436,66	0,47
Mô hình 10	(HH+HV)/2 với sinh khối	SK = 498,68*(HH+HV)/2 + 237,88 *(HH+HV)/2) ² + 196,81	0,58
Mô hình 11	(HH*HH/HV) + HV với sinh khối	SK = 17,417 * (HV+HH*HH/HV) + 420,925	0,45
Mô hình 12	(HH*HH/HV) + HV với sinh khối	SK = 485,65* (HV+HH*HH/HV) + 243,34*(HV+HH*HH/HV) ² + 196,81	0,56
Mô hình 13	HH, HV với sinh khối	SK = 11,05*HH + 19,96*HV +457,02	0,47
Mô hình 14	8 textures với sinh khối	SK = 6859,668 + 484,108*Contrast + 115,986*Correlation - 3180,993*Dissimilarity - 457,826*Entropy - 5870,349*Homogeneity + 7,555*Mean - 1716,716*SecondMoment + 7,608*Variance	0,50
Mô hình 15	8 textures, HH với sinh khối	SK = 7441 + 26,56*HH + 456,8* Contrast + 146* Correlation - 3250* Dissimilarity -349,4* Entropy -6635* Homogeneity + 0,06738*Mean - 1031* SecondMoment + 5,672* Variance	0,73
Mô hình 16	8 textures, HV với sinh khối	SK = 5568,9978 + 25,4566*HV + 320,9756* Contrast + 213,0898* Correlation -2165,4362* Dissimilarity -341,0801* Entropy - 4462,9752* Homogeneity -3,7132*Mean - 1072,3684*SecondMoment - 0,6372*Variance	0,74
Mô hình 17	8 textures, NDVI_LS8 với sinh khối	SK = 3970,799 + 765,524*LS8_NDVI + 257,338*Contrast + 228,334*Correlation - 1639,082*Dissimilarity - 462,211*Entropy - 3361,687* Homogeneity - 1,231* Mean - 1622,531*SeconMoment - 2,296*Variance	0,65
Mô hình 18	8 textures, HH, NDVI_LS8 với sinh khối	SK = 5611,1908 + 21,1897*HH + 453,7277*LS8_NDVI + 327,9517*Contrast + 206,5457*Correlation - 2321,8967*Dissimilarity - 373,8939*Entropy - 4993,5175*Homogeneity -3,6253*Mean - 1114,1785*SeconMoment + 0,1936*Variance	0,78
Mô hình 19	8 textures, HV, NDVI_LS8 với sinh khối	SK = 4780,25 + 21,016*HV + 268,667*LS8_NDVI + 269,843*Contrast + 235,582*Correlation - 1801,427*Dissimilarity - 362,982*Entropy - 3828,02*Homogeneity - 4,831*Mean - 1151,703*SecondMoment - 2,675*Variance	0,76
Mô hình 20	HH, NDVI_LS8 với sinh khối	SK = 93,097 + 26,133*HH + 315,203*LS8_NDVI	0,44
Mô hình 21	HV, NDVI_LS8 với sinh khối	SK = 535,254 + 29,212 * HV - 49,953*LS8_NDVI	0,46
Mô hình 22	8 textures, NDVI_S2 với sinh khối	SK = 5115,3472 + 984,284*NDVI_S2 + 382,9562*Contrast + 192,4735*Correlation -2550,4386*Dissimilarity -401,3302*Entropy - 4768,5470* Homogeneity +0,3699* Mean - 1531,8489*SeconMoment +1,3109*Variance	0,68
Mô hình 23	8 textures, HH, NDVI_S2 với sinh khối	SK = 6171,855 20,356*HH + 639,517*NDVI_S2 + 397,493*Contrast + 188,71*Correlation -2823,946*Dissimilarity - 337,991*Entropy -5740,541* Homogeneity -2,852* Mean - 1071,39*SeconMoment + 2,033*Variance	0,79
Mô hình 24	8 textures, HV, NDVI_S2 với sinh khối	SK = 5168,003 + 19,512*HV + 396,338*NDVI_S2 + 318,338*Contrast + 221,214*Correlation -2148,676*Dissimilarity - 345,592*Entropy -4347,952* Homogeneity -3,975* Mean - 1148,390*SeconMoment -1,247*Variance	0,76
Mô hình 25	HH, NDVI_S2 với sinh khối	SK = -147,721 + 24,593*HH + 632,781*NDVI_S2	0,49
Mô hình 26	HV, NDVI_S2 với sinh khối	SK = 285,059 + 25,285*HV + 235,506*NDVI_S2	0,47

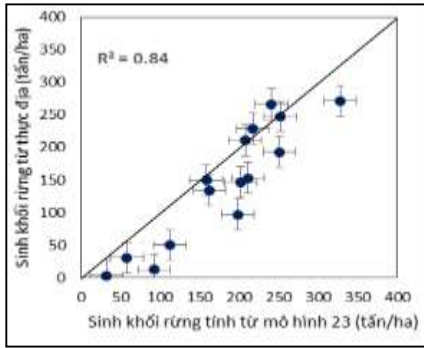
4.3. Kiểm định và lựa chọn mô hình

Nghiên cứu đã lựa chọn 6 mô hình có kết quả với R² > 0,70 cho kiểm định. Kết quả của

mô hình xây dựng/mô hình kiểm định như sau:

Mô hình 15 (R² = 0,73/R² = 0,78), Mô hình 16 (R² = 0,74/R² = 0,77), Mô hình 18 (R² =

0,78/R² = 0,81), Mô hình 19 (R² = 0,76/R² = 0,80), Mô hình 23 (R² = 0,79/R² = 0,84) và Mô hình 24 (R² = 0,76/R² = 0,79).



Hình 2: Kiểm định mô hình 23 sử dụng tính toán sinh khối rừng (tỉ lệ 1:1)

Theo kết quả kiểm định thì Mô hình 23 với (R² = 0,84) (Hình 2) cho thấy đây cũng là một mô hình có hệ số tương quan (R²) tốt nhất trong các mô hình được kiểm định, đồng thời cũng là mô hình có hệ số tương quan cao trong tính toán sinh khối với (R² = 0,79) (Bảng 3). Do vậy, mô hình này sẽ được lựa chọn để tính toán sinh khối rừng cho khu vực nghiên cứu. Mô hình được mô tả như sau:

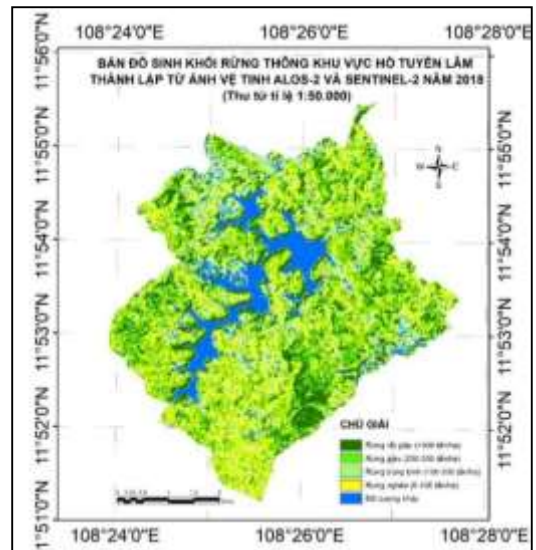
$$SK \text{ (tấn/ha)} = 6171,855 \cdot 20,356 \cdot HH + 639,517 \cdot NDVI_S2 + 397,493 \cdot Contrast + 188,71 \cdot Correlation - 2823,946 \cdot Dissimilarity - 337,991 \cdot Entropy - 5740,541 \cdot Homogeneity - 2,852 \cdot Mean - 1071,39 \cdot SeconMoment + 2,033 \cdot Variance.$$

Trong đó: HH là giá trị tán xạ ngược từ phân cực HH từ vệ tinh ALOS-2; NDVI_S2 là giá trị chỉ số thực vật từ ảnh vệ tinh Sentinel-2; Contrast, Correlation, Dissimilarity, Entropy, Homogeneity, Mean,

SeconMoment, và Variance là các giá trị về cấu trúc từ ảnh vệ tinh ALOS-2 PALSAR-2.

4.4. Kết quả bản đồ

Từ mô hình tính toán sinh khối được lựa chọn. Một bản đồ sinh rừng khối tỷ lệ 1:50.000 với độ phân giải 15 m được thành lập. Kết quả thành lập bản đồ và thống kê sinh khối rừng khu vực nghiên cứu được trình bày tại hình 3 và bảng 4.



Hình 3: Bản đồ sinh khối rừng thông khu vực nghiên cứu

Kết quả phân tích thống kê trữ lượng sinh khối rừng từ bản đồ sinh khối khu vực rừng thông Hồ Tuyền Lâm cho thấy: diện tích rừng rất giàu sinh khối chiếm 182,83 ha (6,57%), diện tích rừng giàu sinh khối 459,37 ha (16,51%), diện tích rừng sinh khối trung bình là 983,53 ha (35,35%), diện tích rừng sinh khối nghèo 669,05 ha (24,04%) và các đối tượng khác 487,76 ha (17,53%). Kết quả chi tiết được ghi tại bảng 4.

Bảng 4: Kết quả thống kê trữ lượng sinh khối phân bố theo diện tích

TT	Lớp	Tiêu chuẩn (tấn/ha)	Diện tích	
			(ha)	(%)
1	Rừng rất giàu	> 300	182,83	6,57
2	Rừng giàu	200-300	459,37	16,51
3	Rừng trung bình	100-200	983,53	35,35
4	Rừng nghèo	0-100	669,05	24,04
5	Đối tượng khác	Không có rừng	487,76	17,53
	Tổng		2.782,54	100

5. Kết luận

Nghiên cứu đã sử dụng dữ liệu ALOS-2, Sentinel-2 và Landsat 8 để ước tính trữ lượng sinh khối tại rừng Thông (*Pinus kesiya* Royle ex Gordon) khu vực Hồ Tuyên Lâm, TP. Đà Lạt, tỉnh Lâm Đồng và có một số kết luận như sau:

Tổng cộng 26 mô hình đã được xây dựng, gồm có: 8 mô hình đơn biến và 18 mô hình đa biến và kết hợp. Các mô hình đơn biến không hiệu quả trong tính toán sinh khối rừng. Tuy nhiên, các mô hình đa biến và kết hợp đã cải thiện mô hình ước tính.

Mô hình đạt kết quả tốt nhất được lựa chọn từ sự kết hợp giữa giá trị NDVI (Sentinel-2) và HH, 8 texture (ALOS-2 PALSAR-2) có độ tin cậy lên tới 79% cho rừng Thông (*Pinus kesiya* Royle ex Gordon) tại khu vực nghiên cứu.

Sử dụng mô hình tính toán sinh khối tốt nhất đã được lựa chọn, một bản đồ sinh khối rừng thông khu vực nghiên cứu được thành lập có tỷ lệ 1:50.000 với độ phân giải 15 m với 5 lớp, bao gồm; Rừng rất giàu; Rừng giàu; Rừng trung bình, Rừng nghèo và đối tượng khác.

Các kết quả từ nghiên cứu này hy vọng sẽ hữu ích cho Ban quản lý Khu rừng thông Hồ Tuyên Lâm, TP. Đà Lạt, tỉnh Lâm Đồng trong công tác quản lý, bảo vệ và phát triển rừng bền vững. Ngoài ra, nghiên cứu cũng sẽ góp phần bổ sung cơ sở khoa học quan trọng trong việc đánh giá, giám sát, quản lý khí phát thải và hấp

thụ nhà kính từ rừng, góp phần vào nỗ lực chung của Việt Nam trong giảm nhẹ và thích ứng với biến đổi khí hậu hiện nay.

Lời cảm ơn

Tập thể tác giả xin cảm ơn Đề tài VT-UD. 05/17-20 đã cung cấp số liệu cho nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

- [1]. FAO (2020). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Global Forest Resources Assessment 2020: Main report.
- [2]. Haralick, R. M., Shanmugam, K., & Dinstein, I. H. (1973). Textural features for image classification. *IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics*, (6), 610-621.
- [3]. Luong, Nguyen Viet, Tateishi, R., Kondoh, A., Sharma, R. C., Hoan, Nguyen Thanh, Tu, To Trong., Dinh, Ho Tong Minh (2016). *Mapping tropical forest biomass by combining ALOS-2, Landsat 8, and field plots data. Land*, 5(4), 31
- [4]. Luong, V. N., Tu, T. T., Khoi, A. L., Hong, X. T., Hoan, T. N., & Thuy, T. L. H. (2019). *Biomass estimation and mapping of Can Gio Mangrove Biosphere Reserve in South of Viet Nam using ALOS-2 PALSAR-2 data. Applied Ecology & Environmental Research*, 17(1).
- [5]. Nguyễn Xuân Thành và cs. (2007). Báo cáo đánh giá tác động môi trường

Dự án đầu tư Khu du lịch Hồ Tuyền Lâm. UBND tỉnh Lâm Đồng. Ban Quản lý Khu du lịch Hồ Tuyền Lâm (7/2007).

[6]. Pham, M. H., Do, T. H., Pham, V. M., & Bui, Q. T. (2020). Mangrove forest classification and aboveground biomass estimation using an atom search algorithm and adaptive neuro-fuzzy inference system. *Plos one*, 15(5), e0233110.

[7]. Pham, T. D., Yokoya, N., Bui, D. T., Yoshino, K., & Friess, D. A. (2019). Remote sensing approaches for monitoring mangrove species, structure, and biomass: Opportunities and challenges. *Remote Sensing*, 11(3), 230.

[8]. Thảo, V. T. P., & Huyền, T. T. (2019). Khả năng tính toán phát thải khí các

bon trong lĩnh vực sử dụng đất, thay đổi sử dụng đất và rừng sử dụng dữ liệu ảnh viễn thám. *Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ*, (42), 44-50.

[9]. Ngọc, T. T., & Nga, N. T. (2014). Ứng dụng dữ liệu viễn thám Radar trong xác định sinh khối lớp phủ rừng tại Việt Nam. *Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ*, (19), 39-46.

[10]. Phương, V. T. (2012). Xác định trữ lượng các bon và phân tích hiệu quả kinh tế rừng trồng Thông ba lá (*Pinus kesiya* Royle ex gordon) theo cơ chế phát triển sạch ở Việt Nam, Luận án Tiến sĩ. Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam.

Summary

Application of remote sensing and GIS technology to estimate the three-needled pine forest biomass (*Pinus kesiya* Royle ex Gordon) in the Tuyen Lam Lake Area, Da Lat City, Lam Dong Province

Nguyen Viet Luong, Space Technology Institute, Vietnam Academy of Science and Technology

Dang Vu Khac, Nguyen Quyet Chien, Nguyen Thi Van Anh, Faculty of Geography, Hanoi National University of Education

Nguyen Trong Truong Son, Faculty of Land Administration, Hanoi University of Natural Resources and Environment

This study utilized Landsat 8, Sentinel-2, and ALOS-2 satellite imagery combined with field survey data from 66 sample plots to develop a biomass estimation model and create a biomass map for the Tuyen Lam Lake area in Da Lat City, Lam Dong Province. The study has developed and selected the optimal model for estimating biomass and creating a biomass map of pine forests in the study area by integrating parameters from ALOS-2 and Sentinel-2 satellites with an R^2 value of 0.79. These results will be useful in the management and sustainable development of forests in the research area. In addition, the study will also contribute to supplementing an important scientific basis in monitoring and managing greenhouse gas emissions and absorption from forests, contributing to Vietnam's common efforts in mitigating and adapting to current climate change.

Keywords: Biomass; Pine Forest; Carbon; Remote sensing; Landsat 8; Sentinel-2; ALOS-2.