

# ƯỚC LƯỢNG TRỮ LƯỢNG LÂM PHẦN LÁ RỘNG THƯỜNG XANH NHIỆT ĐỚI BẰNG ẢNH VỆ TINH SPOT 5 TẠI HUYỆN TUY ĐỨC, TỈNH ĐẮK NÔNG

*Nguyễn Thị Thanh Hương<sup>1</sup>*

**Tóm tắt:** Nghiên cứu này mô tả tiềm năng ứng dụng ảnh vệ tinh để ước lượng trữ lượng lâm phần cho các trạng thái rừng tự nhiên lá rộng thường xanh ở huyện Tuy Đức tỉnh Đắk Nông bằng các thuật toán địa thống kê. Nghiên cứu đã thử nghiệm ước lượng trữ lượng cho từng khối trạng thái với các loại dữ liệu ảnh khác nhau như ảnh SPOT 5, ảnh thành phần chính PCA và ảnh chỉ số thực vật NDVI. Sử dụng các dữ liệu độc lập với các tiêu chí sai số trung phương để so sánh. Kết quả đã chỉ ra phương pháp Regression kriging – RK nội suy từng trạng thái lâm phần với ảnh chỉ số thực vật NDVI cho kết quả tốt nhất so với các thử nghiệm khác với sai số tuyệt đối RMSE= 35.59m<sup>3</sup>/ha và RMSE% = 17.98%.

**Từ khóa:** Ảnh vệ tinh SPOT 5, trữ lượng, địa thống kê, sai số trung phương

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ước lượng nhân tố điều tra bao gồm trữ lượng và xây dựng bản đồ tài nguyên rừng là một trong những công việc không thể thiếu trong các chương trình điều tra rừng. Đây chính là cơ sở để định lượng được giá trị của tài nguyên rừng.

Để ước lượng trữ lượng lâm phần, nhiều nghiên cứu đã xây dựng mô hình quan hệ giữa giá trị ảnh (DN-Digital Number) và trữ lượng đã được điều tra trên thực địa. Mô hình không gian và phi không gian thường được sử dụng để ước lượng nhân tố điều tra rừng kể cả trữ lượng cho lâm phần. Nhiều nghiên cứu đã sử dụng phương pháp hồi quy tuyến tính và phi tuyến tính để tính toán (Cohen và cộng sự, 2003; Fransson và cộng sự, 2004; Rahman, 2004), gần đây phương pháp phi tham số K-nearest neighbor cũng chứng tỏ hữu hiệu trong ước lượng các nhân tố điều tra rừng (Tokola và cộng sự, 1996; Tomppo và cộng sự, 1999, 2001; Holmström và Fransson, 2003; Makela and Pekkarinen, 2004; Kurzer, 2008; Thesler và cộng sự, 2008). Phương pháp địa thống kê cũng đã được sử dụng và mang lại kết quả hứa hẹn (Tuominen và cộng sự, 2003; Wallerman, 2003; Meng và cộng sự, 2009; Nguyễn Thị Thanh Hương, 2011, 2014).

Phản xạ phổ với từng loại lớp phủ mặt đất cho thấy có sự khác nhau do sự tương tác giữa bức xạ điện từ và vật thể. Theo đó khả năng phản xạ của thực vật khác nhau phụ thuộc vào nhiều yếu tố trong đó có mức độ che phủ của các tầng tán rừng, trữ lượng rừng, loài cây và mật độ rừng. Điều này cho phép viễn thám có thể xác định hoặc phân tích thảm phủ thông qua đo lường phản xạ phổ. Số đo này được lưu trữ trên ảnh dạng lưới theo cột và hàng theo các cấp độ xám khác nhau trên từng kênh phổ hay còn gọi là giá trị độ sáng (bright value). Theo đó tương ứng với mỗi giá trị hoặc nhóm giá trị cấp độ xám của các kênh phổ thì có các mức giá trị khác nhau của một loại thuộc tính nào đó của rừng. Đây chính là cơ sở để phân tích mối quan hệ tiềm năng giữa chúng trong nghiên cứu này.

Nghiên cứu này được thực hiện tại các khu rừng lá rộng thường xanh ở huyện Tuy Đức, tỉnh Đắk Nông. Khu vực nghiên cứu nằm ở vĩ độ bắc từ 11<sup>0</sup>59' đến 12<sup>0</sup>16' và kinh độ đông từ 107<sup>0</sup>13' đến 107<sup>0</sup>28' với diện tích khoảng 500km<sup>2</sup> (20x25km). Rừng lá rộng thường xanh nhiệt đới chiếm ưu thế ở khu vực này, tuy nhiên đã qua tác động của con người ở các cấp độ khác nhau, hình thành các trạng thái trữ lượng gỗ khác biệt

## 2. DỮ LIỆU, PHẦN MỀM VÀ PHƯƠNG PHÁP

### a. Dữ liệu và phần mềm

Dữ liệu liên quan được thu thập trong nghiên cứu này bao gồm: Các loại bản đồ số liên quan đến khu vực nghiên cứu như: Bản đồ địa hình, sông suối, đường giao thông, bản

---

<sup>1</sup> Trường Đại học Tây Nguyên

đồ sử dụng đất, bản đồ hiện trạng rừng.

Ảnh vệ tinh SPOT 5 thu năm 2012 đã được xử lý orthorectification và hiệu chỉnh địa hình.

Phần mềm được sử dụng trong quá trình phân tích và xử lý dữ liệu bao gồm: ENVI version 4.7 được dùng để xử lý ảnh vệ tinh. ArcGIS được sử dụng để phát triển cơ sở dữ liệu và phân tích không gian. Đặc biệt chương trình Gstat được thiết kế bởi Pebesma (2005) đóng vai trò quan trọng trong phân tích địa thống kê. Trong nghiên cứu này, sử dụng Gstat chạy trong môi trường của R để phân tích địa thống kê.

### **b. Phân loại rừng thành các khối trạng thái tương đối đồng nhất**

Nghiên cứu đã sử dụng kết hợp 2 phương pháp phân loại có kiểm định và không kiểm định để phân chia rừng thành các khối đồng nhất đồng thời loại bỏ những diện tích không phải rừng xen lẫn trong khu vực nghiên cứu. Ngoài ra nghiên cứu còn sử dụng các dữ liệu có sẵn như bản đồ sử dụng đất, bản đồ hiện trạng rừng để phục vụ cho việc phân khối rừng (stratification).

Dựa trên ảnh đã được phân khối rừng, tiến hành rút mẫu để thu thập số liệu trên thực địa. Số lượng ô mẫu tùy thuộc vào mỗi trạng thái rừng (theo quy định của bộ NN & PTNT) và đảm bảo tính đại diện cho từng trạng thái. Tổng số có 90 ô mẫu được thu thập trên thực địa, trong đó có 29 ô mẫu thuộc trạng thái rừng nghèo, 32 ô mẫu thuộc trạng thái rừng trung bình và 29 ô mẫu thuộc trạng thái rừng giàu.

### **c. Điều tra thu thập dữ liệu thực địa**

Hình dạng và kích thước ô mẫu phụ thuộc vào mật độ phân bố của cây rừng và kiểu rừng. Nghiên cứu này đã sử dụng ô mẫu hình tròn đồng tâm với các bán kính lần lượt là 1.00m, 5.64m, 12.62m, 17.84m như thiết kế của Bảo Huy (2010) để thu thập số liệu điều tra. Trong ô mẫu tiến hành đo H và  $D_{1.3}$  cây.

90 ô mẫu đã được điều tra trên thực địa với thiết kế ô như đã đề cập. Vị trí trung tâm của ô được thu thập bằng GPS Garmin CSX 62. Tương ứng với bán kính của ô mẫu, giá trị trung bình của pixel (digital number) của các band SPOT 5 và các ảnh phân tích như NDVI, PCA cũng được tính toán.

Trữ lượng lâm phần được tính dựa trên thể tích cây (V) trong ô mẫu và diện tích lâm phần. Thể tích cây được tính dựa vào 2 nhân tố H và  $D_{1.3}$  với mô hình đã được thiết lập bởi Nguyễn Thị Thanh Hương (2011). Từ thể tích cây xác định trữ lượng cho từng ô mẫu và quy ra đơn vị là ha.

Công thức tính thể tích V được thể hiện như sau:

$$\ln(V) = -10.0094 + 1.06589 \cdot \ln(D_{1.3}) + 1.93331 \cdot \ln(H) \quad (1)$$

Với  $R^2 = 0.982$ ;  $P < 0$ .

### **d. Phân tích địa thống kê để ước lượng trữ lượng lâm phần**

Tiếp cận thống kê được sử dụng để phân tích dữ liệu không gian gọi là phương pháp địa thống kê. Phương pháp này đánh giá sự tương tự hoặc là khác biệt giữa các biến số dựa trên sự phụ thuộc không gian ở những vị trí khác nhau. Từ đó có thể sử dụng thông tin này cho việc nội suy, ngoại suy hoặc mô phỏng. Phương pháp này giả định rằng các đối tượng gần gũi về mặt không gian thì có khuynh hướng gần giống nhau hơn so với các đối tượng xa hơn.

Phân tích sự khác biệt không gian và thuộc tính variogram là bước quan trọng trong phân tích địa thống kê. Dựa vào variogram, các mô hình semivariogram thực nghiệm sẽ được tạo ra và được mô phỏng với một số mô hình lý thuyết như Spherical, Exponential, Bessel, Lin,... (McBratney and Webster, 1986) để lựa chọn mô hình phù hợp nhất. Các tiêu chuẩn sai số trung phương (RMSE), sai số trung bình (ME) và độ lệch chuẩn trung phương (MSDR) được sử dụng để lựa chọn mô hình semivariogram.

Trên cơ sở đã chọn được mô hình lý thuyết phù hợp nhất, tiến hành sử dụng thuật toán nội suy Ordinary kriging (OK), Universal kriging (UK), Regression-kriging (RK), Cokriging

(CoK), để ước lượng trữ lượng lâm phần. Phương pháp được trình bày tóm tắt như sau:

**i) Variogram (hàm cấu trúc)**

Variogram được định nghĩa như là một nửa kỳ vọng toán của biến ngẫu nhiên  $[Z(x_i) - Z(x_{i+h})]^2$  nghĩa là:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} E[Z(x_i) - Z(x_{i+h})]^2 \quad (2)$$

Variogram thực nghiệm sử dụng để xác định tương quan không gian của các biến số, nó được xác định bởi công thức sau:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N [Z(x_i) - Z(x_{i+h})]^2 \quad (3)$$

Trong đó:  $x_i$  là số liệu về vị trí;  $Z(x_i)$  là giá trị của một loại thuộc tính tại vị trí  $x_i$ ;  $N$  là số lượng các cặp dữ liệu ở một khoảng cách nào đó theo vectơ khoảng cách  $h$ .

**ii) Kriging**

**Ordinary kriging (OK) and universal kriging**

OK cũng tương tự như hồi quy tuyến tính đa biến nhưng có một vài điểm khác biệt quan trọng. Mô hình OK được biểu diễn ở Công thức (4). Trong đó  $Z_{ok}(s_0)$  là giá trị nội suy ở vị trí  $s_0$ ;  $Z(s_i)$  là giá trị mẫu ở vị trí đó; và  $\omega_i$  là trọng số được ấn định cho mỗi giá trị mẫu. Universal kriging thường áp dụng khi có mối quan hệ theo xu hướng (trend) tồn tại. Trong mô hình UK hàm đa thức thường được sử dụng để mô tả cho UK. Mô hình UK cũng tương tự như phương trình (3) để phân tích xu hướng trong toàn khu vực nghiên cứu.

$$Z_{ok}(s_0) = \sum_{i=1}^N \omega_i Z(s_i) \quad (4)$$

**iii) Regression kriging (RK)**

Regression-kriging (RK) là một dạng của Universal kriging, là phương pháp tích hợp giữa 2 phương pháp hồi quy tuyến tính đơn biến và đa biến với kriging (Goovaerts, 1997, McBratney và cộng sự, 2000, Odeh và cộng sự, 1995). Trong RK, sự không chắc chắn của mô hình được biểu diễn bởi residuals. Việc ước lượng được kết hợp giữa 2 phần: i) ước lượng thu được từ việc phân tích hồi quy biến số chính yếu với biến số phụ trợ; ii) phần chênh lệch residuals được ước lượng từ OK. Những ước lượng này được thực hiện riêng rẽ. Công thức của Regression Kriging được tính như sau:

$$\hat{z}_{rk}(s_0) = \sum_{k=0}^p \alpha_k q_k(s_0) + \sum_{i=1}^n \omega_i \cdot e(s_i) \quad (5)$$

Trong đó:  $\omega_i$  là trọng số kriging được xác định bởi sự phụ thuộc không gian của residual;  $e(s_i)$  là residual ở vị trí  $s_i$ .

**iv) Cokriging (CoK)**

CoK là một phần mở rộng của Kriging, đây là phương pháp sử dụng một hoặc nhiều biến được quan tâm để ước tính giá trị cần nội suy, bằng cách kết hợp không chỉ mối tương quan không gian mà còn có mối tương quan giữa các biến số. Các biến này cần phải so sánh, đánh giá mức độ tương quan với giá trị nội suy để lựa chọn biến phù hợp và đảm bảo cho tiến trình nội suy. Thuật toán này được tính theo công thức sau:

$$Z_{CoK}(s_0) = \sum_{i=1}^m \omega_i A_i + \sum_{j=1}^n \varphi_j B_j \quad (6)$$

Trong đó:  $A_i$  Giá trị mẫu của biến số chính yếu;  $B_j$ : Giá trị mẫu của biến số phụ trợ;  $\omega_i$ : Trọng số ấn định cho A, và  $\sum_{i=1}^m \omega_i = 1$ ;  $\varphi_j$ : Trọng số ấn định cho B, và  $\sum_{j=1}^n \varphi_j = 0$ .

**e. Đánh giá kết quả ước lượng**

Để đánh giá kết quả ước lượng, chọn ngẫu nhiên 1/3 ô mẫu độc lập trong tổng số ô mẫu (ô mẫu không tham gia vào quá trình nội suy) để tiến hành kiểm tra so sánh với trữ lượng được ước tính từ mô hình. Sử dụng sai số trung phương (RMSE) để đánh giá chất lượng mô hình như công thức sau:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (X - X')^2}{n}} \quad (7)$$

Trong đó: RMSE là sai số trung phương; X là giá trị trữ lượng được nội suy; X' là giá trị trữ lượng được thu thập trên thực địa; n là ô mẫu dùng để đánh giá

### 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

#### a. Phân chia rừng thành các khối đồng nhất

Rừng được chia làm 3 khối, so sánh với dữ liệu điều tra thực tế nhận thấy lớp 1 (class1) tương đương với trạng thái rừng nghèo, lớp 2 (class 2) tương đương với trạng thái rừng trung bình và lớp 3 (class 3) tương đương với trạng thái rừng giàu. Đặc điểm trung bình của các nhân tố điều tra của các lớp trạng thái được mô tả trong bảng 1. Trữ lượng ô mẫu trên 3 trạng thái cũng đã được kiểm tra dạng chuẩn sử dụng 2 tiêu chí thống kê là độ nhọn chuẩn và độ lệch chuẩn (Standard Skewness và Standard Kurtosis). Cả 2 tiêu chí này đều nằm trong phạm vi từ -2 đến +2 có nghĩa trữ lượng ô mẫu được thu thập trên các trạng thái có phân bố chuẩn tức là số lượng mẫu điều tra đã đủ đại diện cho các trạng thái.

Ngoài ra để xem xét có sự khác biệt giữa ba lớp trạng thái hay không, nghiên cứu đã tiến hành so sánh sự sai khác giữa trung bình của các ô mẫu ở ba trạng thái với nhau, sử dụng tiêu chuẩn t\_test để đánh giá. Kết quả cho thấy phương sai (P(T<=t) two-tail ) giữa các cặp trạng thái đều nhỏ hơn 0,05 nên các mẫu có sai dị rõ. Như vậy, các ô mẫu ở mỗi trạng thái được phân biệt rõ ràng.

**Bảng 1. Một số đặc điểm của các trạng thái rừng**

Trạng thái	Các nhân tố điều tra			
	D <sub>1.3BQ</sub> (m)	H <sub>BQ</sub> (m)	G <sub>BQ/ha</sub> (m <sup>2</sup> )	M <sub>BQ/ha</sub> (m <sup>3</sup> )
Class 1	15.7 - 29.2	12.2 - 19.7	10.9 - 24.4	69.2 - 162.0
Class 2	18.2 - 35.2	13.9 - 20.4	14.4 - 52.7	122.6 - 329.5
Class 3	21.4 - 32.9	16.3 - 20.9	24.5 - 58.8	255.1 - 384.0

*BQ: bình quân; G: tiết diện ngang; M: Trữ lượng lâm phần*

#### b. Kết quả phân tích địa thống kê

Việc ước lượng trữ lượng rừng được thực hiện với 62 ô mẫu chọn ngẫu nhiên trong tổng số 90 ô mẫu. Các mô hình semivariogram được xây dựng trên trữ lượng của từng lớp trạng thái và toàn lâm phần. Variograms được sử dụng để phân tích không gian đặc điểm bề mặt của trữ lượng rừng. Mô hình được xây dựng từ các giá trị variogram không theo xu hướng (no trend) và theo xu hướng (trend), tuy vậy kết quả cho thấy không có xu hướng rõ ràng trong toàn bộ khu vực nghiên cứu. Mô hình semivariogram được tạo ra dựa vào đám mây variogram. Các mô hình lý thuyết được sử dụng bao gồm Exponential, Gaussian, Pentaspherical, circular, Spherical, Hole và Bessel. Kết quả so sánh cho thấy mô hình Exponential được sử dụng để dự đoán không gian cho dữ liệu toàn lâm phần và class2, mô hình Pentaspherical áp dụng cho class1 và mô hình Hole cho class3 là phù hợp nhất.

#### c. Đánh giá ước lượng trữ lượng bằng các thuật toán địa thống kê

Tiến hành đánh giá các phương thức nội suy trước bằng cách nội suy cho 28 ô mẫu dùng để đánh giá bằng 62 ô mẫu dùng để dự ước lượng. Công việc này nhằm lựa chọn ra phương thức có độ chính xác cao nhất. Từ đó sẽ ước lượng cho toàn bộ lâm phần. Sử dụng RMSE để đánh giá, kết quả xem bảng 2.

**Bảng 2. Đánh giá kết quả đánh giá nội suy**

		OK	UK SPOT	UK NDVI	UK PCA	RK SPOT	RK NDVI	RK PCA	CoK SPOT	CoK NDVI	CoK PCA
RMSE	class1	23.63	30.18	23.95	32.54	25.45	23.63	27.06	#	#	#
	class2	42.43	47.50	43.48	42.10	44.89	40.08	42.04	#	#	#
	class3	34.60	43.70	39.75	47.56	41.81	39.97	48.28	#	#	#
	Kết hợp 3 class	34.74	41.38	36.98	41.23	38.59	35.59	40.20	#	#	#
	Toàn lâm phần	75.34	46.07	56.24	47.05	46.30	57.17	47.80	71.73	75.61	75.40

Kết quả trên cho thấy, thuật toán CoK không thể áp dụng trong từng lớp trạng thái (thể hiện bằng ký tự “#”) mà chỉ có thể áp dụng chung cho toàn lâm phần. Trong hầu hết các trường hợp việc nội suy cho toàn lâm phần đều cho kết quả chính xác thấp, vì hầu hết RMSE đều cao. Ngược lại class 1 (rừng nghèo) cho kết quả cao nhất so với các lớp còn lại, theo sau là kết quả kết hợp các class đã được nội suy đã có cải thiện hơn so với các lớp còn lại (class1, class2, và toàn lâm phần). Trong các thuật toán được thử nghiệm trên các loại ảnh khác nhau, thuật toán RK với ảnh NDVI cho kết quả có giá trị sai số bé nhất với  $RMSE = 35.59m^3/ha$ . Mặc dù mô hình OK cho RMSE nhỏ nhất nhưng thuật toán này không được lựa chọn để ước lượng vì nó chỉ dựa vào vị trí không gian địa lý mà không liên quan đến các giá trị ảnh, hơn nữa phạm vi nội suy của nó chỉ nằm lân cận ở vùng lấy mẫu. Do vậy thuật toán RK đã được sử dụng để ước lượng trữ lượng cho toàn lâm phần từ ảnh NDVI.

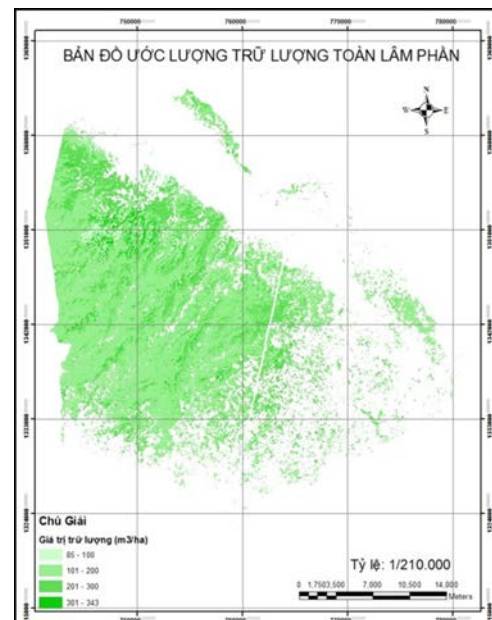
Đánh giá chất lượng ước lượng trữ lượng được thực hiện dựa trên liệu trữ lượng nội suy với dữ liệu điều tra trữ lượng tương ứng trên thực địa của mỗi trạng thái bằng RMSE và RMSE%. Kết quả xem bảng 3

**Bảng 3. Đánh giá kết quả ước lượng trữ lượng**

	Class 1	Class 2	Class3	Kết hợp 3 lớp
RMSE ( $m^3/ha$ )	23.63	40.08	39.97	35.59
RMSE %	22.4	20.2	13.8	17.9

So sánh kết quả đạt được với nghiên cứu của Nguyễn Thị Thanh Hương (2011) cho thấy, nghiên cứu này đã cải thiện đáng kể độ chính xác ước lượng. Trong khi nghiên cứu trước chỉ ra kết quả ước lượng tốt nhất là sử dụng phương pháp RK với sự có mặt của cả 4 kênh ảnh SPOT 5 để ước lượng cho toàn bộ lâm phần với  $RMSE = 73m^3/ha$  và  $RMSE\%$  là 35.44%, kết quả này đạt  $RMSE = 35.59m^3/ha$  với  $RMSE\% = 17.98\%$ . Điều này cho thấy việc phân rừng thành các khối trạng thái tương đồng và ước lượng riêng biệt cho từng khối đã cải thiện rõ rệt độ chính xác ước lượng. Đồng thời kết quả nghiên cứu này cũng cho thấy ảnh chỉ số thực vật NDVI đã cho kết quả nội suy có độ chính xác cao nhất. Điều này cho thấy việc ước lượng thống kê không gian cho các đối tượng tương đối đồng nhất đã cho kết quả hứa hẹn.

Trong ước lượng theo phương pháp địa thống kê, ngoài việc phân tích mối quan hệ giữa giá trị độ sáng và nhân tố điều tra thì vị trí không gian cũng là nhân tố quan trọng trong quá trình ước lượng. Trong khi đó vì điều kiện khó khăn về địa hình cũng như thời gian, các ô mẫu cũng không

**Hình 2. Bản đồ ước lượng trữ lượng rừng**

thể bố trí rải đều trong toàn khu vực đồng thời số lượng ô mẫu còn khá nhỏ (tổng số có 90 ô trong toàn khu vực). Do vậy việc ước lượng theo khoảng cách không gian cũng có thể bị ảnh hưởng bởi lý do này.

Chất lượng ảnh với độ phân giải không gian ở mức trung bình (1 pixel có kích thước 10x10m tương ứng với 100m<sup>2</sup> ở thực địa) cũng có thể là một nguyên nhân dẫn đến sai số.

Vị trí tọa độ ô mẫu cũng có thể là nguyên nhân dẫn đến sai số, chẳng hạn do khả năng hạn chế khi thu nhận vệ tinh của GPS trong rừng dẫn đến một số ô mẫu có thể sai lệch so với thực tế. Vì vậy giá trị các pixel được trích trên ảnh để phân tích có thể bị sai lệch.

Dựa vào kết quả đánh giá phương thức nội suy nêu trên và các giá trị ảnh của từng trạng thái, tiến hành ước lượng trữ lượng của toàn lâm phần có được bộ dữ liệu số về trữ lượng của các điểm ảnh (ứng với 100m<sup>2</sup> ngoài thực địa). Bộ dữ liệu số này được chuyển vào phần mềm ArcGIS để thành lập bản đồ trữ lượng cho từng trạng thái và toàn lâm phần, kết quả được minh họa trong Hình 2.

#### **4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ**

##### **a. Kết luận**

Hiện nay việc xác định trữ lượng rừng dựa vào ảnh vệ tinh đã được nghiên cứu khá nhiều trên thế giới đối với rừng lá kim hoặc rừng trồng là các kiểu rừng điển hình ở vùng ôn đới bằng các phương pháp khác nhau, tuy nhiên các nghiên cứu đó lại có rất ít ở rừng nhiệt đới nhất là rừng hỗn loài ở Việt Nam. Việc tìm kiếm mối quan hệ giữa giá trị phản xạ phổ của ảnh vệ tinh và trữ lượng rừng trong nghiên cứu này có thể là tiềm năng áp dụng trong cấu trúc rừng phức tạp như đối với rừng lá rộng thường xanh nhiệt đới vùng Tây Nguyên, Việt Nam.

Mặc dù địa thống kê là một phương pháp tiềm năng trong ước lượng trữ lượng rừng để giảm chi phí, thời gian cũng như nhân vật lực, nhưng độ chính xác thu được trong nghiên cứu này chỉ đạt ở mức tương đối với RMSE= 35.59m<sup>3</sup>/ha với RMSE% = 17.98%. Vì vậy, nghiên cứu này chỉ có thể áp dụng trong trường hợp điều tra rừng tổng thể để cung cấp dữ liệu có tính chất định hướng.

##### **b. Khuyến nghị**

Nghiên cứu về mối tương quan giữa ảnh vệ tinh với trữ lượng rừng dựa vào phương pháp hồi quy regression-kriging đã cho kết quả có sai số trung phương khá thấp ( $\pm 35,59\text{m}^3/\text{ha}$ ) nên khả năng ứng dụng của mô hình vào thực tế là tương đối, tuy nhiên, cũng cần nghiên cứu thêm các phương pháp khác để tìm hiểu mối tương quan giữa ảnh vệ tinh với trữ lượng rừng. Ngoài ra việc sử dụng ảnh vệ tinh có nhiều band phổ hơn hoặc độ phân giải cao hơn cũng như thiết kế ô mẫu cũng cần được đề cập cho các thử nghiệm khác.

### **APPLICATION OF GEOSTATISTIC METHODS TO ESTIMATE STAND VOLUME OF TROPICAL EVERGREEN BROADLEAVED FOREST USING SPOT 5 SATELLITE IMAGE AT TUY DUC DISTRICT, DAKNONG PROVINCE**

**Nguyen Thi Thanh Huong**

#### **Summary**

This study describes potential method to estimate stand volume using SPOT5 data for the natural evergreen broad-leaved forest in Tuy Đức District, Dak Nong Province by geostatistics algorithms. The study were tested with various image of SPOT 5 images, principle component PCA and normalized difference vegetation index NDVI for forest strata. The independent field data was then used to validate the results using Root Mean Squared Error (RMSEs) as the criteria of accuracy assessment. The result show Regression Kriging method applied for the NDVI presented as the best choice in this case compared to others with RMSE =  $\pm 35,59\text{m}^3/\text{ha}$  and RMSE% = 17.98%.

Key words: SPOT 5 Remote sensing, stand volume, geostatistics, RMSE

## Tài liệu tham khảo

- Bao Huy, Nguyễn Thị Thanh Hương, Benktesh D. Sharma, and Nguyen Vinh Quang. 2013. *Participatory Carbon Monitoring: Manual for Local Staff; Local People and Field Reference*. SNV Netherlands Development Organization, REED+ Programme. Publishing permit number: 1813- - 2013/CXB/03-96/TĐ.
- Cohen, W.B., Maier-Sperger, T.K., Gower, S.T., Turner, D.P., 2003. *An improved strategy for regression of biophysical variables and Landsat ETM+ data*. *Remote Sensing of Environment* 84 (4), 561- 571.
- Fransson J. E.S., Magnusson, M., Holmgren, J., 2004. *Estimation of Forest Stem Volume using optical SPOT-5 satellite and laser data in Combination*. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*: 2318-2322.
- Goovaerts, P. 1997. *Geostatistics for natural resources evaluation*. Oxford University Press, New York.
- Holmström, H. and Fransson, J.E.S., 2003. *Combining remotely sensed optical and radar data in kNN estimation of forest variables*. *Forest Science*, 49(3):409–418.
- Kutzer, C., 2008. Doctoral thesis. *Potential of the kNN Method for estimation and Monitoring off-Reserve Forest Resources in Ghana*. Faculty of Forest and Environmental Sciences, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg im Breisgau, Germany. 130p.
- Mäkelä, H., Pekkarinen, A., 2004. *Estimation of forest stand volumes by Landsat TM imagery and stand-level field-inventory data*, *Forest ecology and management*, Volume 196, issues 2-3: 245 – 255.
- McBratney, A.B. and Webster, R. 1986. *Choosing function for semivariograms of soil properties and fitting them to sampling estimates*. *Journal of Soil Science*, 37: 617–639.
- Meng, Q., Cieszewski, C., and Madden, M., 2009. Large area forest inventory using Landsat ETM+: *A geostatistical approach*. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 64: 27-36.
- Nguyễn Thị Thanh Hương, 2011. *Forestry Remote Sensing*. Lambert Academic Publishing, Germany.
- Nguyễn Thị Thanh Hương. 2011. *Áp dụng phương pháp địa thống kê để ước lượng trữ lượng lâm phân dựa vào ảnh SPOT 5*. Tạp chí Nông nghiệp & Phát triển nông thôn. ISN 0866-7020. Trang 171-176.
- Odeh, I.O.A., McBratney, A.B., and Chittleborough, D.J. 1995. Further results on prediction of soil properties from terrain attributes: *Heterotypic cokriging and regression-kriging*. *Geoderma*, 67: 215-226.
- Pebesma, E.J. 2005. The Gstat Package. <http://cran.r-project.org/doc/packages>
- Rahman, M.M., 2004. *Estimating carbon pool and carbon release due to tropical deforestation using high resolution Satellite Data*. Doctoral thesis. Faculty of Forest, Geo and Hydro Sciences, Dresden University of Technology, Germany. 191p.
- Thessler, S., Sesnie, S., Bendaña, Z.S.R., Ruokolainen, K., Tomppo, E., and Finegan, B., 2008. *Using k-nn and discriminant analyses to classify rain forest types in a Landsat TM image over northern Costa Rica*. *Remote Sensing of Environment*, 112: 2485–2494.
- Tokola, T., Pitkanen, J., Partinen, S. and Muinonen, E., 1996. *Point accuracy of a non-parametric method in estimation of forest characteristics with different satellite materials*. *International Journal of Remote Sensing*, 17(12): 2333:2351.
- Tomppo, E., Goulding, C., and Katila, M., 1999. *Adapting Finnish multi-source forest inventory techniques to the New Zealand preharvest inventory*. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 14: 182–192.
- Tomppo, E., Korhonen, K. T., Heikkinen, J., & Yli-Kojola, H., 2001. *Multisource inventory of the forests of the Hebei Forestry Bureau, Heilongjiang, China*. *Silva Fennica*, 35: 309–328.
- Tuominen, S., Fish, S. and Poso S., 2003. *Combining remote sensing, data from earlier inventories and geostatistical interpolation in multi source forest inventory*. *Canadian Journal of Forest Research*, 33: 624-634.
- Wallerman, J., 2003. *Remote sensing aided spatial prediction of forest stem volume*. Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Umeå. 42p.