

KHẢ NĂNG XÁC ĐỊNH TRỮ LƯỢNG RỪNG BẰNG ẢNH LANDSAT-8: TRƯỜNG HỢP NGHIÊN CỨU TẠI CÔNG TY TNHH MTV LÂM NGHIỆP ĐẮK WIL - TỈNH ĐẮK NÔNG

Phạm Văn Duẩn¹, Vũ Thị Thìn²

^{1,2}*Trường Đại học Lâm nghiệp*

TÓM TẮT

Sử dụng ảnh vệ tinh quang học có độ phân giải trung bình tỏ ra có nhiều ưu điểm và triển vọng trong điều tra rừng, nhất là trong việc xác định nhanh trữ lượng rừng trên diện rộng. Sử dụng ảnh vệ tinh LANDSAT-8, mô hình số độ cao ASTER (DEM), các bản đồ và tài liệu phù trợ, kết hợp với phương pháp điều tra rừng truyền thống trên các ô tiêu chuẩn, nghiên cứu đã đánh giá khả năng xác định trữ lượng rừng từ ảnh tại Công ty trách nhiệm hữu hạn một thành viên Lâm nghiệp Đắk Wil. Kết quả cho thấy: (1) Mỗi quan hệ giữa trữ lượng rừng với giá trị của kênh thành phần chính PC1 có hệ số r^2 lớn nhất, tiếp theo đến kênh chỉ số thực vật NDVI và kênh thành phần chính PC2; (2) Hai dạng hàm ($Y=a+b_1*X^3+b_2*X^2+b_3*X$) và ($Y=a*e^{b*X}$) mô phỏng tốt cho mối quan hệ: giữa trữ lượng rừng với giá trị của kênh thành phần chính PC1, giữa trữ lượng rừng với giá trị chỉ số thực vật NDVI; (3) Kích thước cửa sổ ảnh 3x3 là tốt nhất để xác lập mối quan hệ giữa trữ lượng rừng với giá trị của kênh thành phần chính, kênh chỉ số thực vật NDVI; (4) Xác định trữ lượng rừng từ ảnh thành phần chính và chỉ số thực vật trong mô hình đơn biến tốt hơn so với mô hình đa biến. Sử dụng ảnh thành phần chính hoặc chỉ số thực vật NDVI trên ảnh Landsat-8 để xác định trữ lượng rừng tại khu vực bằng phương trình tương quan cho sai số (RMSE) từ 51-55 m³/ha, sai số tương đối từ 26%-28%.

Từ khoá: Ảnh vệ tinh, Landsat-8, NDVI, phân tích thành phần chính, trữ lượng rừng.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ảnh vệ tinh là một trong những nguồn dữ liệu quan trọng cho xác định trữ lượng rừng trên những quy mô khác nhau. Mặc dù đã được sử dụng để xác định trữ lượng rừng ở nhiều nơi, nhiều thuật toán đã được phát triển ứng dụng để tính toán, nhưng đến nay chưa có thuật toán nào được coi là tối ưu có thể sử dụng để xác định trữ lượng rừng từ ảnh cho mọi khu vực trên thế giới (Wu et al 1994, Trotter et al 1997, Lucas et al 1998, Foody et al 2003, Lu 2006,...).

Một trong những thuật toán giả định rằng giữa trữ lượng rừng (biến phụ thuộc) với giá trị phản xạ phổ, chỉ số thực vật... (biến độc lập) trên ảnh tồn tại mối quan hệ với nhau và có thể được mô hình hóa bằng các hàm hồi quy tuyến tính đơn biến, đa biến hoặc hàm phi tuyến.

Trong thực tế, giữa trữ lượng rừng và giá trị phản xạ phổ (biến độc lập) xác định từ ảnh vệ tinh nếu có mối quan hệ thường tương đối phức tạp và rất khó mô phỏng bằng hàm đường

thẳng nên các dạng hàm phi tuyến được đánh giá là chuyên nghiệp hơn để thể hiện mối quan hệ này. Do đó, các mô hình phi tuyến như hàm số mũ (Næsset et al 2011, Chen et al 2012); hàm logarit (McRoberts et al 2013) thường được nhiều nhà khoa học lựa chọn để xác định trữ lượng rừng từ ảnh.

Trong nghiên cứu này, sử dụng 6 dạng phương trình tuyến tính và phi tuyến cơ bản, ảnh Landsat-8, số liệu điều tra thực địa trên các ô tiêu chuẩn để nghiên cứu khả năng xác định trữ lượng rừng tự nhiên, thử nghiệm tại Công ty trách nhiệm hữu hạn một thành viên Lâm nghiệp Đắk Wil, huyện Cư Jut, tỉnh Đắk Nông.

II. VẬT LIỆU, PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Vật liệu nghiên cứu chủ yếu được sử dụng của bài báo gồm: (1) Mô hình số độ cao ASTER GDEM (được tạo ra bởi Bộ Công nghiệp, Thương mại và Kinh tế Nhật Bản phối hợp với NASA của Mỹ); (2) Ảnh vệ tinh Landsat-8 chụp tỉnh Đắk Nông ngày 30 tháng

01 năm 2014, độ phân giải không gian là 30 m được nắn chỉnh trực giao phù hợp với địa hình ở mức xử lý 1T; (3) Hệ thống 80 ô tiêu chuẩn rừng tự nhiên do dự án Điều tra, kiểm kê rừng tỉnh Đắk Nông thu thập trong giai đoạn cuối 2013 đến đầu năm 2014 (gần trùng với thời điểm chụp ảnh) tại khu vực nghiên cứu; (4) Một số bản đồ và tài liệu phụ trợ.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp thu thập và xử lý số liệu ngoại nghiệp

a) Phương pháp thu thập số liệu ngoại nghiệp

Để thực hiện nội dung này, tác giả kế thừa số liệu đo đếm tại 80 ô tiêu chuẩn rừng tự nhiên tại khu vực nghiên cứu. Tại mỗi ô tiêu chuẩn, kỹ thuật thu thập số liệu như sau: (1) Xác định vị trí tâm ô tiêu chuẩn bằng máy GPS với độ chính xác từ 3 m - 5 m; (2) Đo chu vi thân cây ở vị trí 1.3 m của tất cả các cây gỗ có đường kính lớn hơn 6 cm bằng thước dây độ chính xác đến cm; (3) Xác định chiều cao vút ngọn của 5 cây gỗ có đường kính lớn hơn 6 cm nằm gần tâm ô tiêu chuẩn nhất bằng các thước đo chuyên dụng, độ chính xác đến m.

b) Phương pháp xử lý số liệu

Sử dụng phương trình đường cong chiều cao đã xây dựng được cho từng kiểu trạng thái rừng tự nhiên: Lá rộng thường xanh ($H_{vn} = 7,4939 \cdot \ln(D_{1.3}) - 7,4421$; $R^2 = 0,7077$), lá rộng rụng lá ($H_{vn} = 5,8742 \cdot \ln(D_{1.3}) - 5,6681$; $R^2 = 0,7015$) và lá rộng nửa rụng lá ($H_{vn} = 6,0461 \cdot \ln(D_{1.3}) - 4,5979$; $R^2 = 0,7742$) tại tỉnh Đắk Nông để xác định chiều cao của tất cả các cây trong ô tiêu chuẩn.

Sử dụng biểu thể tích 2 nhân tố (*Sổ tay Điều tra quy hoạch rừng – Viện Điều tra Quy hoạch rừng, 1995*) để xác định thể tích của từng cây cá lẻ, từ đó xác định tổng thể tích của các cây trong ô tiêu chuẩn và trữ lượng rừng tại vị trí các ô tiêu chuẩn theo 2 trường hợp sau:

- Đối với kiểu trạng thái rừng tự nhiên lá

rộng thường xanh và lá rộng nửa rụng lá: sử dụng biểu thể tích 2 nhân tố lập chung cho toàn quốc để xác định thể tích cho từng cây trong ô tiêu chuẩn theo phương trình:

$$V = 0,748 \cdot (D_{1.3}^2) \cdot (H_{mt}^{0,764}) \cdot 10^{-4} \quad (2.1)$$

Trong đó: $D_{1.3}$ là đường kính thân cây tại vị trí 1.3m; H_{mt} là chiều cao men thân cây.

Chiều cao men thân được xác định theo công thức:

$$H_{mt} = H_{vn} \cdot 1,04 \quad (2.2)$$

Trong đó: H_{mt} là chiều cao men thân cây; H_{vn} là chiều cao vút ngọn.

- Đối với kiểu trạng thái rừng tự nhiên lá rụng rụng lá: sử dụng biểu thể tích 2 nhân tố tính riêng cho rừng rụng lá vùng Tây Nguyên để xác định thể tích cho từng cây trong ô tiêu chuẩn.

$$V = 0,686 \cdot (D_{1.3}^{1,9825}) \cdot (H_{mt}^{0,8163}) \cdot 10^{-4} \quad (2.3)$$

Chiều cao men thân được xác định theo công thức (2.2).

$$M/\hat{o} = \sum_{i=1}^n V_i \quad (2.4)$$

Trong đó: $M/\hat{o}$ là trữ lượng trên ô tiêu chuẩn; V_i là thể tích cây trong ô tiêu chuẩn; n là số cây đo đếm trong ô tiêu chuẩn.

+ Xác định trữ lượng lâm phần:

$$M/ha = \frac{10.000 \times M/\hat{o}}{S} \quad (2.5)$$

Trong đó: M/ha là trữ lượng lâm phần; $M/\hat{o}$ là trữ lượng trên ô tiêu chuẩn; S là diện tích ô tiêu chuẩn ($1000 m^2$).

Tạo danh sách các ô tiêu chuẩn gồm các chỉ tiêu: Thứ tự ô tiêu chuẩn, ký hiệu ô tiêu chuẩn, vị trí ô tiêu chuẩn (x,y), trữ lượng. Danh sách các ô tiêu chuẩn xây dựng được sẽ sử dụng cho các nghiên cứu tiếp theo.

2.2.2. Phương pháp xử lý và trích lọc các thông tin trên ảnh vệ tinh Landsat-8

Ảnh Landsat-8 được cung cấp hoàn toàn miễn phí, người sử dụng có thể tải ảnh về tại trang Glovis.usgs.gov với điều kiện phải đăng ký một tài khoản cụ thể. Việc tải ảnh được thực hiện như sau: Trên trang Glovis.usgs.gov,

chọn mục Collection/Landsat Archive/Landsat8 OLI, di chuyển đến khu vực cần lấy ảnh bằng chuột. Lựa chọn trong mục Max cloud (0-100%) để chọn những ảnh ít mây nhất (thường nhỏ hơn 10%). Chọn ảnh cần tải/Add to scene list/Send to cart và đăng

nhập để tải ảnh về. Ảnh sử dụng đã được nhà sản xuất xử lý đến mức 1T (ảnh đã hiệu chỉnh khí quyển, hiệu chỉnh xạ và hiệu chỉnh địa hình). Chuyển giá trị DN của ảnh về giá trị phản xạ ở tầng trên khí quyển của vật thể (đối

tượng) bằng công thức:

$$\rho\lambda = (M_p Q_{cal} + A_p) / \cos(\theta_{SZ}) = (M_p Q_{cal} + A_p) / \sin(\theta_{SE}) \quad (2.6)$$

Trong đó: $\rho\lambda$: phản xạ ở tầng trên của khí quyển (Planetary TOA reflectance) (thứ nguyên, không có đơn vị); Q_{cal} : giá trị số trên ảnh (DN); M_p : giá trị REFLECTANCE_MULT_BAND_X; A_p : giá trị REFLECTANCE_ADD_BAND_X; θ_{SE} : Góc thiên đỉnh (Góc cao của mặt trời - SUN_ELEVATION); θ_{SZ} : 90 - góc thiên đỉnh (độ).

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED) \quad (2.7)$$

Trong đó: NIR là giá trị phản xạ phổ của

Ảnh vệ tinh Landsat là tập dữ liệu đa kênh phổ điện hình có độ tương quan lớn giữa các kênh ảnh. Nghĩa là giữa các kênh ảnh có độ tương quan cao nên thường không sử dụng đồng thời để hiển thị màu hoặc chiết tách các đối tượng tương đồng về phản xạ phổ. Do đó, tác giả sử dụng phương pháp phân tích thành phần chính (PCA) để giảm số lượng các kênh phổ mà vẫn giữ được thông tin không bị thay đổi đáng kể. Thực chất PCA là thuật toán tạo ảnh chứa thông tin chủ yếu dễ nhận biết hơn so với ảnh gốc. Phương pháp này được áp dụng trong viễn thám trên cơ sở thực tế là ảnh chụp ở các kênh phổ gần nhau có độ tương quan rất cao, vì vậy các thông tin của chúng có sự trùng lặp rất lớn, hay nói cách khác là ảnh đa phổ chứa nhiều cũng như sự dư thừa thông tin.

Tạo ảnh thành phần chính từ 7 band (Band1 đến Band7) của ảnh Landsat-8 bằng công cụ: Principal Component Analysis (PCA) trên phần mềm ArcGIS.

Tạo ảnh chỉ số thực vật khác biệt chuẩn hóa - Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) bằng công cụ Raster Calculator trên phần mềm ArcGIS theo công thức:

kênh cận hồng ngoại (Band5); RED là giá trị phản xạ phổ của kênh đỏ (Band4).

Chuyển ảnh thành phần chính, ảnh chỉ số thực vật từ hệ tọa độ UTM sang hệ tọa độ VN2000 bằng công cụ Project Raster trên phần mềm ArcGIS.

Xác định giá trị chỉ số thực vật, giá trị kênh thứ nhất, thứ hai trên ảnh thành phần chính tại vị trí ô tiêu chuẩn với kích thước cửa sổ: 1x1; 3x3; 5x5 và 7x7 pixel được danh sách ô tiêu chuẩn chứa: trữ lượng rừng tại thực địa và giá trị kênh thứ nhất, kênh thứ hai của ảnh thành phần chính, giá trị chỉ số thực vật tương ứng theo các kích thước cửa sổ khác nhau trên ảnh.

Từ danh sách ô tiêu chuẩn, lựa chọn 2/3 số ô sử dụng để xây dựng mô hình (54 OTC), 1/3 số ô còn lại (27 OTC) được sử dụng để đánh giá độ chính xác của mô hình.

2.2.3. Phương pháp nghiên cứu mối quan hệ giữa trữ lượng rừng với giá trị phản xạ phổ, chỉ số thực vật

Mối quan hệ giữa giá trị chỉ số thực vật, giá trị kênh thứ nhất, thứ hai trên ảnh thành phần chính ở 4 kích thước cửa sổ: 1x1; 3x3; 5x5 và 7x7 với trữ lượng rừng được nghiên cứu thông qua 6 dạng phương trình như sau:

$$Y=a+b*X \quad (2.8)$$

$$Y=a+b*\ln(X) \quad (2.9)$$

$$Y=a+b_1*X^2+b_2*X \quad (2.10)$$

$$Y=a+b_1*X^3+b_2*X^2+b_3*X \quad (2.11)$$

$$Y=a*X^b \quad (2.12)$$

$$Y=a*e^{b*X} \quad (2.13)$$

Các mối quan hệ này được đánh giá thông qua hệ số tương quan (R^2). Từ đó lựa chọn ra

kích thước cửa sổ, dạng phương trình tốt nhất xác định trữ lượng rừng từ ảnh. Phương trình được lựa chọn theo kích thước cửa sổ ảnh là phương trình có hệ số R^2 có giá trị cao nhất và tồn tại trong tổng thể.

Sai số tuyệt đối của mô hình xác định trữ lượng rừng (RMSE) được xác định theo phương pháp bình phương nhỏ nhất. Công thức xác định RMSE như sau:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (M_{it} - \hat{M}_{it})^2}{n}} \quad (2.14)$$

Trong đó: M_{it} : trữ lượng gỗ đo đếm thực địa tại vị trí ô tiêu chuẩn; $\hat{M}_{it}$: trữ lượng gỗ tại vị trí ô tiêu chuẩn xác định thông qua phương trình; n : số lượng ô tiêu chuẩn sử dụng để đánh giá độ chính xác (27 OTC).

Sai số tương đối của mô hình xác định trữ lượng rừng (RMSE%) được xác định theo công thức:

$$RMSE\% = 100 * RMSE / M_{ttTB} \quad (2.15)$$

Trong đó: M_{ttTB} : trữ lượng gỗ trung bình đo đếm thực địa tại các OTC, RMSE: Sai số tuyệt

đối của mô hình xác định theo công thức (2.14).

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU, THẢO LUẬN

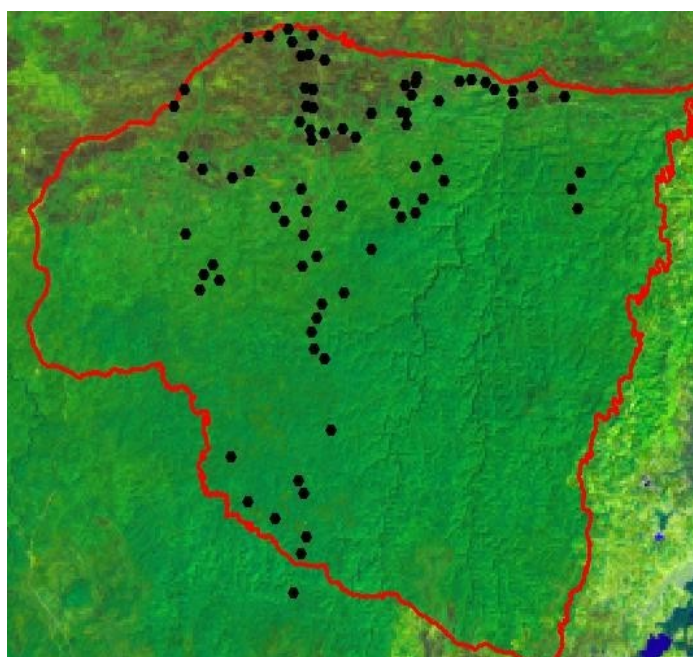
3.1. Kết quả điều tra xác định trữ lượng rừng trên các ô tiêu chuẩn và đặc điểm ảnh vệ tinh Landsat-8 tại khu vực nghiên cứu

Công ty trách nhiệm hữu hạn một thành viên Lâm nghiệp Đắc Wil nằm trên địa bàn xã Đắc Wil, huyện Cư Jut, phía Tây Bắc của tỉnh Đắk Nông với diện tích quản lý trên 31.400 ha, chủ yếu là kiểu rừng gỗ tự nhiên lá rộng thường xanh và nửa rụng lá. Theo kết quả kiểm kê rừng tỉnh Đắk Nông năm 2014, diện tích rừng và đất chưa có rừng phân theo trạng thái của công ty như sau: (1) Diện tích rừng giàu và rừng trung bình chiếm 87,5%; (2) Diện tích rừng nghèo chiếm 11%; (3) Diện tích rừng nghèo kiệt chiếm 0,5%; (4) Diện tích đất chưa có rừng chiếm 1% tổng diện tích quản lý của đơn vị. Như vậy, phần lớn diện tích rừng của đơn vị là rừng giàu và rừng trung bình.

Vị trí của khu vực nghiên cứu và sự phân bố các ô tiêu chuẩn điều tra thực địa trên địa bàn nghiên cứu được minh họa tại hình 3.1 và 3.2.



Hình 3.1. Vị trí CT TNHH MTV LN Đắc Wil trên địa bàn tỉnh Đắk Nông



Hình 3.2. Phân bố các ô tiêu chuẩn tại khu vực nghiên cứu trên ảnh thành phần chính (PCA)

Kết quả xác định trữ lượng rừng tại vị trí các OTC được tập hợp tại bảng 3.1.

Bảng 3.1. Trữ lượng rừng tự nhiên tại vị trí các ô tiêu chuẩn

OTC	X	Y	M/HA	OTC	X	Y	M/HA	OTC	X	Y	M/HA	OTC	X	Y	M/HA
DW01	418537	1413091	175,1	DW21*	409849	1405765	256,6	DW41*	409342	1413282	172,1	DW61*	405023	1410979	132,3
DW02	412738	1412523	164,6	DW22	409665	1405268	346,9	DW42	410008	1414211	81,5	DW62*	405174	1408459	193,6
DW03	414081	1412936	229,9	DW23	409764	1404740	280,2	DW43	409486	1414404	154,8	DW63	405730	1410603	169,8
DW04	414067	1410975	314,4	DW24	410128	1404435	262,1	DW44*	409217	1414323	152,8	DW64	406785	1410298	140,1
DW05	412960	1412140	294,4	DW25	410064	1411828	137,9	DW45	408887	1414806	121,5	DW65	407414	1410571	164,7
DW06	411694	1412467	120,2	DW26*	410367	1402069	360,8	DW46	408019	1414996	130,3	DW66	409329	1408478	96,5
DW07	414294	1410314	256	DW27	409542	1398563	321,8	DW47*	408751	1415235	221,2	DW67	408656	1408912	205,3
DW08*	413578	1409673	180,6	DW28*	409337	1398017	335,8	DW48*	407303	1414912	134,7	DW68	409437	1409239	157,5
DW09	413302	1409225	228,4	DW29	409104	1396715	231,9	DW49	409616	1415056	147,6	DW69*	408310	1409350	137,6
DW10*	412807	1409088	346,6	DW30	408405	1399146	239,6	DW50*	405070	1413187	131,4	DW70	409252	1409974	126,7
DW11	413298	1410769	178,6	DW31	407474	1399721	274,9	DW51	404719	1412657	147,2	DW71	416723	1412831	194,4
DW12	412557	1409525	233,1	DW32	406839	1401168	172,1	DW52*	419122	1410638	292,1	DW72*	416080	1413289	215,2
DW13*	410667	1409439	235,3	DW33	409440	1399985	255,1	DW53*	416725	1413255	176,5	DW73*	415731	1413547	239,4
DW14	411148	1411706	190,3	DW34	409229	1400423	230,3	DW54	418791	1410090	316,3	DW74	415252	1413623	133,4
DW15	409800	1407774	208,9	DW35*	409548	1411930	135,7	DW55	419062	1409434	210,4	DW75	414831	1413584	138,4
DW16*	410799	1406563	333	DW36*	409571	1411600	144,4	DW56	405810	1407136	144,2	DW76	413306	1413707	114,7
DW17	409326	1407433	292,2	DW37*	409172	1412183	155,7	DW57*	405689	1406643	128,4	DW77	412875	1413436	112,5
DW18	410686	1411988	235,6	DW38	409611	1412631	132,6	DW58	406365	1406943	262,5	DW78*	413276	1413511	123,3
DW19	411734	1408031	244,4	DW39*	409377	1412704	142	DW59	417381	1413435	102,2	DW79	412939	1412493	165,4
DW20*	410026	1406233	285,1	DW40	409633	1413249	133,4	DW60	406146	1407454	174,8	DW80*	413122	1413101	129,3

Ghi chú: OTC: ô tiêu chuẩn; x,y: giá trị kinh độ và vĩ độ theo hệ VN2000; M/Ha: trữ lượng rừng đơn vị m³/ha; *: những ô lựa chọn ngẫu nhiên để đánh giá độ chính xác của mô hình (không tham

gia vào quá trình xây dựng mô hình).

Đặc điểm ảnh vệ tinh Landsat-8 sử dụng trong nghiên cứu được tập hợp tại bảng 3.2.

Bảng 3.2. Thông tin chung về các kênh và giá trị M_p , A_p các band ảnh sử dụng trong nghiên cứu

TT (micrometers)	Band	Bước sóng	Độ phân giải (meters)	M_p	A_p
1	Band 1 - Coastal aerosol	0.433 - 0.453	30	2.0000E-05	-0.100000
2	Band 2 - Blue	0.450 - 0.515	30	2.0000E-05	-0.100000
3	Band 3 - Green	0.525 - 0.600	30	2.0000E-05	-0.100000
4	Band 4 - Red	0.630 - 0.680	30	2.0000E-05	-0.100000
5	Band 5 - Near Infrared	0.845 - 0.885	30	2.0000E-05	-0.100000
6	Band 6 - SWIR 1	1.560 - 1.660	30	2.0000E-05	-0.100000
7	Band 7 - SWIR 2	2.100 - 2.300	30	2.0000E-05	-0.100000
8	Band 8 - Panchromatic	0.500 - 0.680	15	2.0000E-05	-0.100000
9	Band 9 - Cirrus	1.360 - 1.390	30	2.0000E-05	-0.100000
10	Band 10 - Thermal Infrared 1	10.3 - 11.3	100		
11	Band 11 - Thermal Infrared 2	11.5 - 12.5	100		

$$\theta_{SZ} = \text{Góc thiên đỉnh (góc cao) của mặt trời (độ)} = 48,71130555 \text{ độ}$$

3.2. Mối quan hệ giữa trữ lượng rừng với giá trị ảnh thành phần chính, chỉ số thực vật

Phân tích thành phần chính là một kỹ thuật phân tích biến đổi được nghiên cứu ứng dụng trong Viễn Thám đã không được sử dụng rộng rãi cho tới khi kỹ thuật máy tính ra đời. Ý tưởng chính của thuật toán phân tích thành

phần chính là giảm chiều của tập dữ liệu có sự tương quan lớn giữa các biến.

Kết quả xác định hệ số tương quan (r) giá trị phổ tại vị trí các OTC giữa 7 kênh phổ của ảnh Landsat-8 ở khu vực nghiên cứu được thể hiện trên ma trận tương quan trong bảng 3.3.

Bảng 3.3. Ma trận tương quan giữa các kênh phổ trên ảnh Landsat-8 tại khu vực nghiên cứu

Kênh phổ	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
B1	1	0,99	0,88	0,93	-0,85	0,70	0,97
B2	0,99	1	0,91	0,96	-0,84	0,74	0,97
B3	0,88	0,91	1	0,97	-0,61	0,91	0,92
B4	0,93	0,96	0,97	1	-0,73	0,86	0,96
B5	-0,85	-0,84	-0,61	-0,73	1	-0,37	-0,81
B6	0,70	0,74	0,91	0,86	-0,37	1	0,82
B7	0,97	0,97	0,92	0,96	-0,81	0,82	1

Các kênh khác nhau của ảnh vệ tinh đa phổ được gọi là tương quan thấp nếu các phần tử ngoài đường chéo gần bằng 0, điều này có nghĩa là nếu ma trận hiệp phương sai là ma trận chéo thì các kênh ảnh vệ tinh không tương quan hay ít dư thừa thông tin. Từ bảng 3.3 thấy: giữa các kênh phổ trên ảnh tại khu vực nghiên cứu có tương quan với nhau rất cao, hệ số tương quan thấp nhất là quan hệ giữa kênh 5 và kênh 6 ($r = -0,37$), còn lại hệ số r đều từ 0,61 đến 0,99. Do đó, để chuyển đổi các giá trị độ xám của pixel từng kênh ảnh nhằm giữ tối đa lượng thông tin hữu ích và loại bỏ các thông tin trùng lặp (các yếu tố tương quan) đã sử dụng phương pháp phân tích thành phần chính (PCA). Dữ liệu ảnh thu được (gọi là ảnh thành phần chính) chỉ chứa các kênh ảnh ít tương

quan (độc lập tuyến tính).

Về nguyên tắc có bao nhiêu kênh ($b_1, b_2, \dots, b_i$) tham gia quá trình phân tích thì sẽ có bấy nhiêu kênh ảnh thành phần chính được tạo ra ($PC_1, PC_2, \dots, PC_i$) nhưng trên 97% lượng thông tin về đối tượng sẽ tập trung tại 2 kênh thành phần chính đầu tiên là: PC_1 và PC_2 . Như vậy, sau khi tạo ảnh thành phần chính, thay vì phải nghiên cứu mối quan hệ giữa trữ lượng rừng với giá trị phản xạ phổ của các Band ảnh theo mô hình đơn biến và đa biến, chỉ cần nghiên cứu mối quan hệ giữa trữ lượng rừng với giá trị trên 2 kênh: PC_1 và PC_2 trên ảnh thành phần chính.

Mối quan hệ giữa trữ lượng rừng với giá trị ảnh thành phần chính, chỉ số thực vật thông qua hệ số tương quan (r^2) được tập hợp tại bảng 3.4.

Bảng 3.4. Hệ số tương quan (r^2) giữa trữ lượng rừng với giá trị kênh ảnh theo kích thước cửa sổ ảnh và dạng phương trình

Kênh ảnh/ Kích thước cửa sổ ảnh	Dạng phương trình					
	(2.8)	(2.9)	(2.10)	(2.11)	(2.12)	(2.13)
PC1(1X1)	0,558	0,506	0,566	0,617	0,521	0,578
PC2(1X1)	0,274	0,288	0,328	0,404	0,342	0,327
NDVI(1X1)	0,462	0,424	0,485	0,485	0,451	0,482

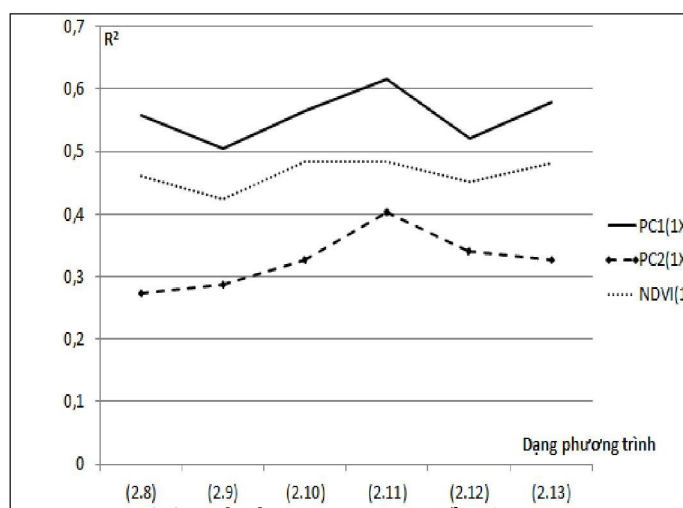
Quản lý Tài nguyên rừng & Môi trường

PC1(3X3)	0,559	0,529	0,559	0,585	0,530	0,567
----------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

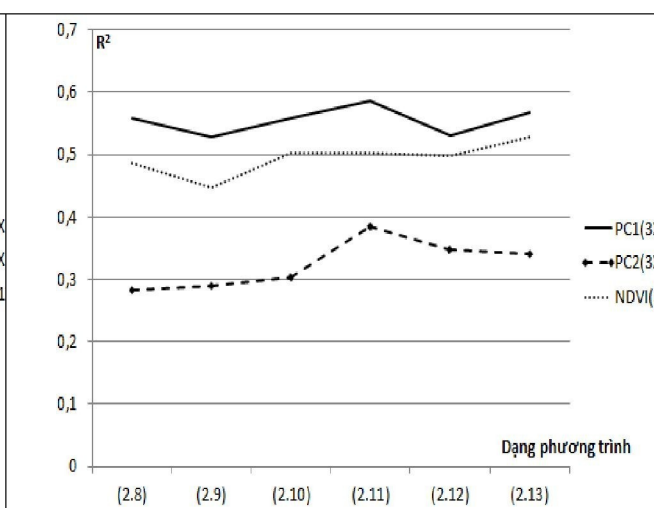
Kênh ảnh/ Kích thước cửa sổ ảnh	Dạng phương trình					
	(2.8)	(2.9)	(2.10)	(2.11)	(2.12)	(2.13)
PC2(3X3)	0,283	0,289	0,303	0,385	0,348	0,340
NDVI(3X3)	0,486	0,446	0,503	0,503	0,497	0,529
PC1(5X5)	0,554	0,523	0,554	0,585	0,533	0,571
PC2(5X5)	0,238	0,247	0,268	0,317	0,315	0,306
NDVI(5X5)	0,470	0,429	0,499	0,524	0,464	0,494
PC1(7X7)	0,465	0,469	0,476	0,484	0,475	0,478
PC2(7X7)	0,206	0,216	0,260	0,359	0,267	0,256
NDVI(7X7)	0,445	0,399	0,486	0,501	0,442	0,480

Sự thay đổi hệ số tương quan giữa trữ lượng rừng với giá trị các kênh ảnh theo 6 dạng phương trình trên 4 kích thước cửa sổ 1x1,

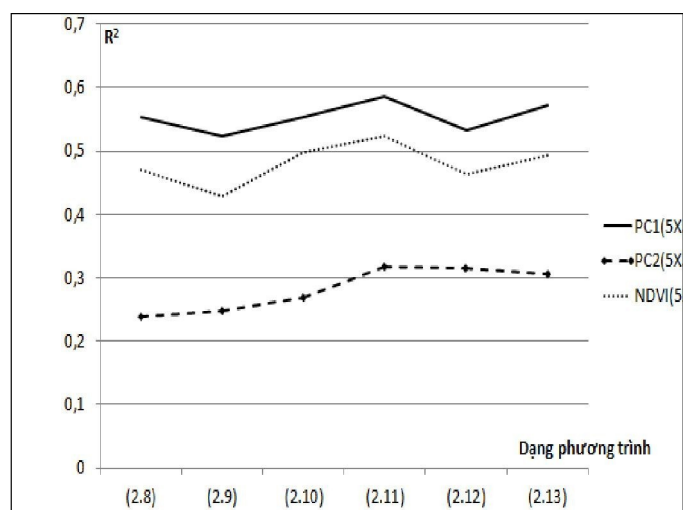
3x3, 5x5 và 7x7 được minh họa tại các hình: 3.3, 3.4, 3.5 và 3.6.



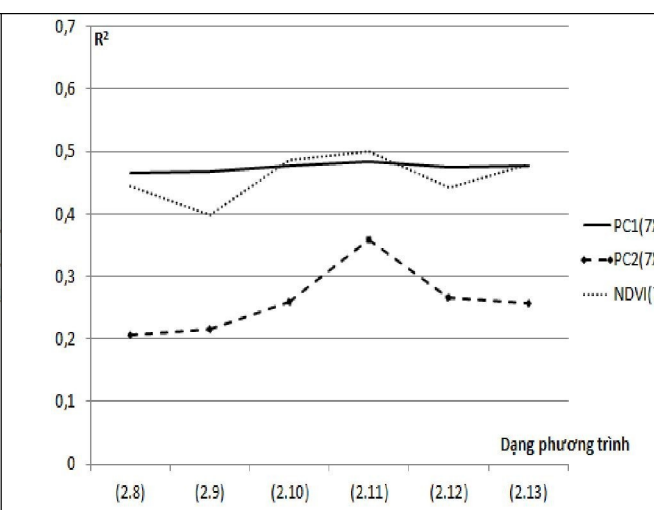
Hình 3.3. Hệ số tương quan (r^2) giữa trữ lượng với giá trị của các kênh ảnh theo dạng phương trình kích thước cửa sổ 1x1



Hình 3.4. Hệ số tương quan (r^2) giữa trữ lượng với giá trị của các kênh ảnh theo dạng phương trình kích thước cửa sổ 3x3



Hình 3.5. Hệ số tương quan (r^2) giữa trữ lượng với giá trị của các kênh ảnh theo dạng phương trình kích thước cửa sổ 5x5



Hình 3.6. Hệ số tương quan (r^2) giữa trữ lượng với giá trị của các kênh ảnh theo dạng phương trình kích thước cửa sổ 7x7

Trên cả 4 kích thước cửa sổ ảnh và ở tất cả các dạng phương trình: mối quan hệ giữa trữ lượng rừng với giá trị của kênh thành phần chính PC1 có hệ số r^2 lớn nhất, tiếp theo đến kênh chỉ số thực vật NDVI và hệ số r^2 thấp nhất ở mối quan hệ giữa trữ lượng rừng với giá trị của kênh thành phần chính PC2. Vì vậy, không nên sử dụng giá trị trên kênh thành phần chính PC2 để xác định trữ lượng rừng tại khu vực nghiên cứu theo mô hình đơn biến.

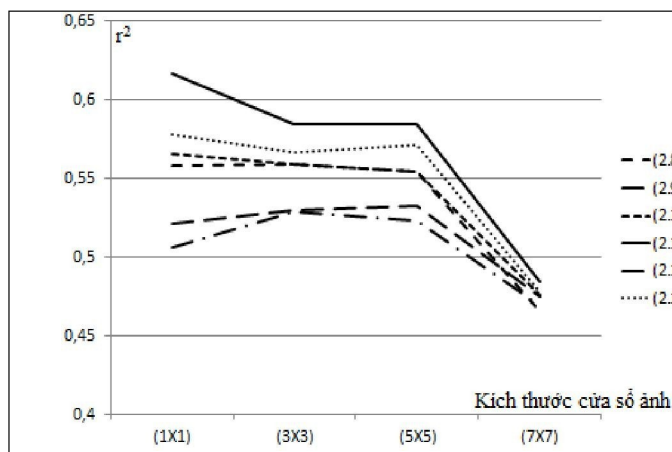
Dạng hàm (2.11) mô phỏng tốt nhất cho mối quan hệ: giữa trữ lượng rừng với giá trị của kênh thành phần chính PC1, giữa trữ lượng rừng với giá trị chỉ số thực vật NDVI, giữa trữ lượng rừng với giá trị của kênh thành phần

chính PC2 trên cả 4 kích thước cửa sổ ảnh.

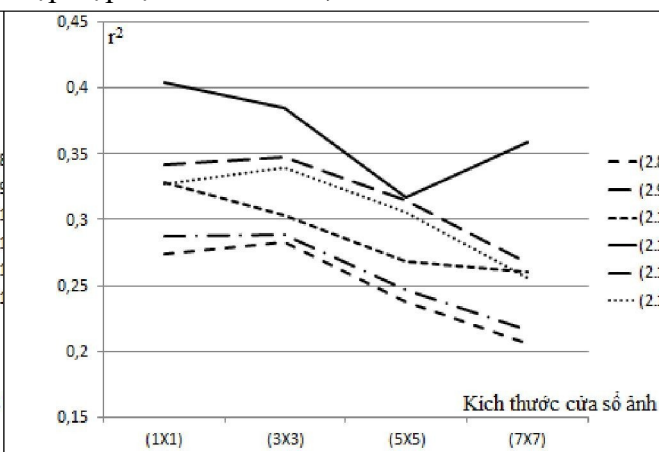
Tiếp theo dạng hàm (2.11), dạng hàm (2.13) cũng mô phỏng tốt cho mối quan hệ: giữa trữ lượng rừng với giá trị của kênh thành phần chính PC1, giữa trữ lượng rừng với giá trị chỉ số thực vật NDVI trên cả 4 kích thước cửa sổ ảnh.

Giữa trữ lượng rừng với giá trị của kênh thành phần chính PC2, sau dạng hàm (2.11), dạng hàm (2.12) mô phỏng tốt cho mối quan hệ này trên cả 4 kích thước cửa sổ ảnh.

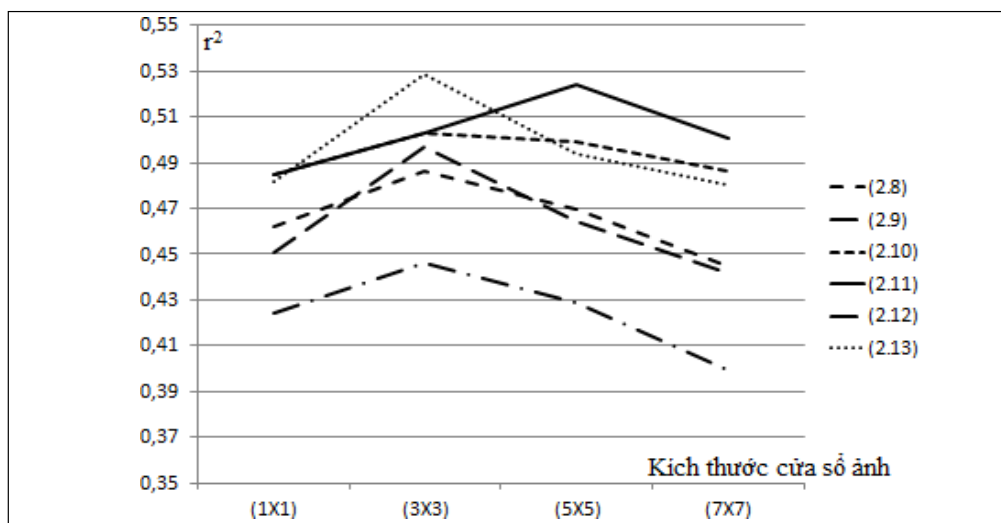
Sự thay đổi hệ số tương quan giữa trữ lượng rừng với giá trị từng kênh ảnh của 6 dạng phương trình theo kích thước cửa sổ ảnh được tập hợp tại các hình 3.7, 3.8 và 3.9.



Hình 3.7. Hệ số tương quan (r^2) giữa trữ lượng với giá trị của kênh ảnh PC1 của 6 dạng phương trình theo kích thước cửa sổ ảnh



Hình 3.8. Hệ số tương quan (r^2) giữa trữ lượng với giá trị của kênh ảnh PC2 của 6 dạng phương trình theo kích thước cửa sổ ảnh



Hình 3.9. Hệ số tương quan (r^2) giữa trữ lượng với giá trị của kênh ảnh NDVI của 6 dạng phương trình theo kích thước cửa sổ ảnh