

SỬ DỤNG ẢNH LANDSAT XÁC ĐỊNH CHỈ SỐ DIỆN TÍCH LÁ (LAI) VÀ MỐI TƯƠNG QUAN VỚI LƯỢNG MƯA TẠI VƯỜN QUỐC GIA CÁT BÀ, TP HẢI PHÒNG GIAI ĐOẠN 1996 - 2016

Nguyễn Thị Thu Hiền¹, Nguyễn Hải Hòa²

¹Khoa Lâm nghiệp, Trường Đại học Nông Lâm Thái Nguyên

²Bộ môn Kỹ thuật Môi trường, Trường Đại học Lâm nghiệp Việt Nam

TÓM TẮT

Việc ứng dụng công nghệ viễn thám và GIS đang diễn ra rất mạnh mẽ trong nghiên cứu tài nguyên và môi trường, đặc biệt xác định các mô hình tương quan giữa các yếu tố sinh thái với sự phát triển của cây rừng trong bối cảnh biến đổi khí hậu. Nghiên cứu này xác định các chỉ số về diện tích lá cây (LAI), chỉ số thực vật chuẩn hóa (NDVI), chỉ số thực vật cải thiện (EVI) và giá trị lượng mưa thông qua tư liệu viễn thám khu vực VQG Cát Bà, thành phố Hải Phòng. Kết quả nghiên cứu cho thấy, giá trị chỉ số NDVI tìm được dao động từ $-0,84 \div 0,85$, giá trị chỉ số LAI dao động từ $-4,70 \div 3,30$, giá trị chỉ số EVI dao động từ $-1,27 \div 0,94$. Kết quả tính toán lượng mưa dựa vào tư liệu viễn thám cho thấy dao động từ $1325,8 \div 2057,8$ mm. Qua việc xây dựng mô hình tương quan trong phần mềm R cho thấy, có 5 mô hình có thể sử dụng để mô phỏng mối quan hệ giữa LAI với lượng mưa và các chỉ số thực vật khác với hệ số tương quan $R^2 > 0,97$ và $P_{\text{value}} < 0,0001$. Kết quả nghiên cứu là cơ sở khoa học ban đầu cho việc nghiên cứu mối quan hệ giữa các yếu tố khí tượng và chỉ số thực vật liên quan trong khu vực VQG Cát Bà, thành phố Hải Phòng.

Từ khóa: Chỉ số thực vật, lớp phủ, Landsat, tương quan, VQG Cát Bà

Using landsat to determine leaf area index (LAI) and relationships with rainfall in Cat Ba National Park, Hai Phong city during 1996 - 2016

Remote sensing and GIS have been applying intensively and extensively in resources and environmental management, in particular determination of the relationships between the vegetation growth and meteorological factors in a changing climate. Study has identified the values of Leaf Area Index (LAI), Normalised Difference Vegetation Index (NDVI), Enhanced Vegetation Index (EVI) and rainfall through using Landsat data in Cat Ba National Park, Hai Phong city. As a result defined, NDVI values ranged from $-0.84 \div 0.85$, LAI values from $-4.70 \div 3.30$ and EVI from $-1.27 \div 0.94$. In addition, study has estimated the rainfall from 1996 - 2016 at a range of $1325.8 \div 2057.8$ mm. As a result of model construction, 5 defined models have showed that there were strong correlations between LAI and rainfall and other vegetation indices with very high R^2 coefficient > 0.97 and $P_{\text{value}} < 0.0001$. The research results have provided a scientific base for further study of the relationship between meteorological and vegetation factors using remote sensing data in Cat Ba National Park, Hai Phong city.

Keywords: Cat Ba National Park, correlation, vegetation index, land cover, Landsat

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Biến đổi khí hậu (BĐKH) với các biểu hiện như thay đổi lượng mưa, độ ẩm không khí, nhiệt độ bề mặt và chế độ bức xạ đã và đang tác động trực tiếp đến hệ sinh thái rừng (Cui *et al.*, 2013). Sự gia tăng nhiệt độ và thay đổi lượng mưa sẽ ảnh hưởng đến thảm thực vật rừng theo nhiều chiều hướng khác nhau, cụ thể nhiệt độ cao kết hợp với lượng ánh sáng dồi dào sẽ thúc đẩy quá trình quang hợp dẫn đến sự gia tăng cường quá trình đồng hóa của cây xanh. Đặc biệt, nồng độ CO₂ gia tăng sẽ góp phần làm hệ sinh thái rừng phát triển, song mức độ bốc thoát hơi tăng sẽ làm độ ẩm đất giảm, kết quả là chỉ số tăng trưởng sinh khí của cây rừng có thể sẽ giảm đi. Ngoài ra, nhiệt độ kết hợp với lượng mưa suy giảm, mức độ khô hạn gia tăng sẽ làm gia tăng nguy cơ cháy rừng, phát triển sâu bệnh, dịch bệnh phá hoại cây trồng. Ảnh hưởng của BĐKH đã và đang tác động đến các hệ sinh thái tại đảo Cát Bà, đặc biệt hệ sinh thái rừng VQG Cát Bà. Tuy nhiên, hiện tại chưa có một dẫn chứng cụ thể nào để chứng minh rằng sự thay đổi lượng mưa ảnh hưởng trực tiếp tới các trạng thái thảm thực vật thông qua chỉ số thực vật tại VQG Cát Bà. Vì vậy, việc tìm hiểu các mối tương quan trên sẽ góp phần đưa ra các giải pháp tối ưu để bảo tồn hiệu quả tài nguyên thực vật tại khu vực nghiên cứu.

Vườn quốc gia Cát Bà được thành lập từ năm 1986, là nơi dự trữ sinh quyển của Thế giới. Lớp thảm thực vật rừng của VQG rất đa dạng và phong phú, trong đó có thể kể đến các kiểu thảm thực vật như rừng mưa nhiệt đới thường xanh, rừng trên núi đá vôi, rừng ngập mặn

ven đảo (VQG Cát Bà, 2017). Lớp thảm thực vật rừng tại đây có vai trò quan trọng trong điều tiết nguồn nước, hạn chế lũ lụt, chống xói mòn đất, đặc biệt là bảo tồn hệ sinh thái mẫu chuẩn cho các loài động thực vật quý hiếm. Do ảnh hưởng của BĐKH toàn cầu càng trở nên rõ rệt, việc duy trì, mở rộng diện tích các lớp thảm thực vật rừng có giá trị là điều rất cần thiết, song cần hiểu mối quan hệ giữa các yếu tố khí tượng như nhiệt độ, lượng mưa, độ ẩm đất với sự phát triển của thực vật thông qua các chỉ số thực vật liên quan. Để góp phần giải quyết vấn đề trên, nghiên cứu được thực hiện với hai mục tiêu chính: xây dựng bản đồ chỉ số thực vật NDVI, LAI và EVI, xác định giá trị lượng mưa giai đoạn năm 1996 - 2016 thông qua tư liệu viễn thám; xây dựng mô hình tương quan giữa chỉ số LAI với lượng mưa và các chỉ số thực vật khác tại VQG Cát Bà.

II. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là chỉ số LAI (Leaf Area Index- chỉ số diện tích lá), NDVI (Normalised Difference Vegetation Index- Chỉ số khác biệt về thực vật đã được chuẩn hóa) và EVI (Enhanced Vegetation Index- Chỉ số thực vật được cải thiện), lượng mưa từ dữ liệu viễn thám tại VQG Cát Bà, TP Hải Phòng giai đoạn 1996 - 2016.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

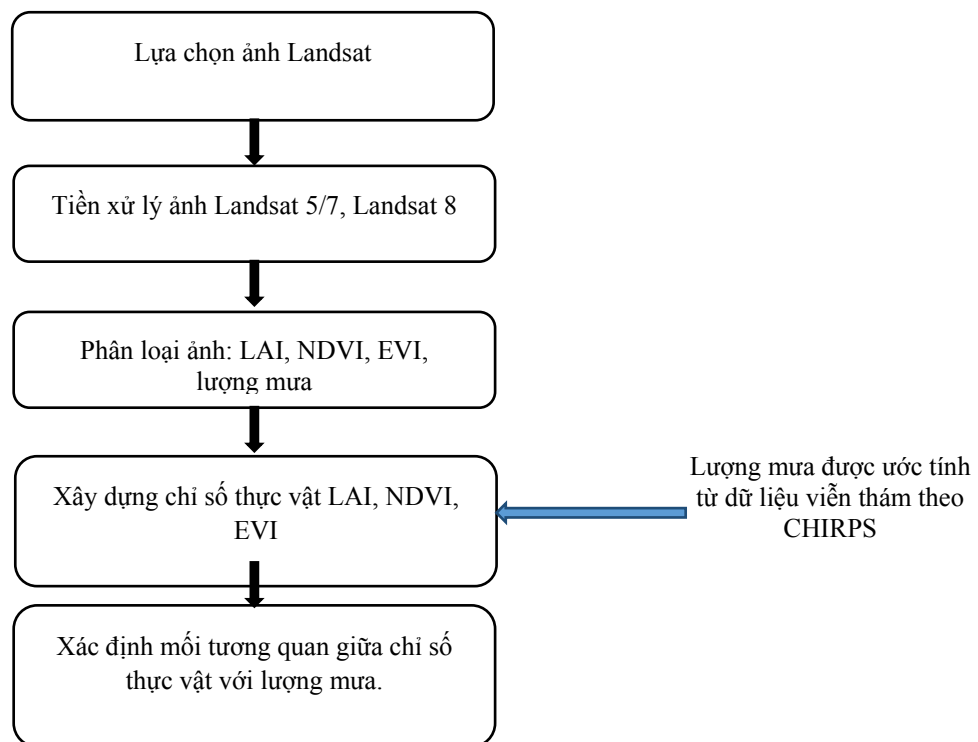
Phương pháp kế thừa: Để tính toán chỉ số LAI, NDVI và EVI, nghiên cứu đã sử dụng tư liệu ảnh Landsat 5/7 và Landsat 8 được thể hiện trong bảng 1.

Bảng 1. Dữ liệu ảnh viễn thám Landsat được sử dụng trong nghiên cứu

TT	Mã ảnh	Ngày chụp	Độ phân giải (m)	Path/Row
1	LT51260461996299BKT00	28/10/1996	30	126/46
2	LT51260461998272BKT00	29/09/1998	30	126/46
3	LE71270451999354EDC00	20/12/1999	30	126/46
4	LT51260462000310BJC00	05/10/2000	30	126/46
5	LE71270452001327SGS00	23/11/2001	30	126/46
6	LE71260462002003BKT00	31/08/2002	30	126/46
7	LE71270462003093ASN00	03/04/2003	30	126/46
8	LT51260462007009BJC00	09/01/2007	30	126/46
9	LT51270452008339BKT00	04/12/2008	30	127/46
10	LT51270452009325BKT00	21/11/2009	30	126/46
11	LT51270452010312BKT00	08/10/2010	30	126/45
12	LC81260462013361LGN00	27/12/2013	30	126/45
13	LC81270462014019LGN00	19/01/2014	30	126/45
14	LC81260452016274LGN00	30/09/2016	30	126/45

Nguồn: <https://earthexplorer.usgs.gov>

Ngoài ra, nghiên cứu cũng tiến hành thu thập các dữ liệu liên quan đến diện tích các trạng thái thảm phủ thực vật, bao gồm bản đồ địa giới hành chính VQG Cát Bà và bản đồ hiện trạng rừng tại khu vực nghiên cứu.



Sơ đồ 1. Các bước xây dựng bản đồ chỉ số thực vật và mối tương quan với lượng mưa

Phương pháp thu thập số liệu: Đề tài tiến hành điều tra sơ bộ và lựa chọn các điểm ngoài thực địa phục vụ cho phân loại ảnh theo chỉ số LAI, NDVI và EVI, sử dụng phương pháp chọn mẫu ngẫu nhiên để xác định các đối tượng tại VQG Cát Bà (Nguyễn Hải Hòa, 2016). Vị trí các điểm khảo sát được xác định bằng thiết bị GPS Garmin 650 với độ chính xác ± 3m. Công trình nghiên cứu xác định 300 điểm cho 4 đối tượng cụ thể: rừng (150 điểm); nước (50 điểm); dân cư (50 điểm); đối tượng khác (50 điểm). Dựa trên cơ sở vị trí các điểm tọa độ được lựa chọn, xác định độ chính xác các giá trị của các đối tượng ngoài thực địa, nghiên cứu xây dựng bản đồ các chỉ số thực vật cho một số năm điển hình tại VQG Cát Bà thông qua phần mềm ArcGIS 10.2. Sau khi các năm ảnh Landsat được lựa

chọn, việc xử lý là phân loại ảnh tiến hành theo các bước sau đây.

Bước 1: Thu thập dữ liệu, phân tích và xử lý dữ liệu

Việc chuyển các giá trị số trên ảnh về các giá trị bức xạ vật lý tại sensor và chuyển đổi từ các giá trị phổ bức xạ tại sensor sang phổ phản xạ của vật thể ở phía trên khí quyển được thực hiện trong nghiên cứu này. Theo kết quả nghiên cứu đã công bố cho ảnh Landsat, quá trình chuẩn hóa ảnh được thực hiện qua 2 bước (Bagalwa *et al.*, 2016; Nguyễn Hải Hòa *et al.*, 2016):

Đối với ảnh Landsat 5:

+ Chuyển các giá trị số (DN) trên ảnh về giá trị của bức xạ vật lý tại sensor bằng công thức:

$$L_{\lambda} = \left(\frac{L_{Max\lambda} - L_{Min\lambda}}{Q_{Calmax} - Q_{Calmin}} \right) * (Q_{Cal} - Q_{Calmin}) + L_{Min\lambda}$$

$$\rho_{\lambda} = \pi * L_{\lambda} * \frac{d^2}{ESUN_{\lambda}} * \sin(\text{Sun elevation})$$

Trong đó: $L_{Max\lambda}$: Giá trị Radiance_maxium_band_x

$L_{Min\lambda}$: Giá trị Radiance_minium_band_x

Q_{Calmax} : Giá trị Quantize_Cal_Max_Band

Q_{Calmin} : Giá trị Quantize_Cal_Min_Band

Q_{Cal} : Giá trị số trên band ảnh (DN)

+ Chuyển các giá trị của bức xạ vật lý tại sensor về giá trị của phản xạ ở tầng trên khí quyển của vật thể bằng công thức:

$$\rho_{\lambda} = \pi * L_{\lambda} * \frac{d^2}{ESUN_{\lambda}} * \sin(\text{Sun elevation})$$

Trong đó: ρ_{λ} : Phản xạ ở tầng trên của khí quyển

d^2 : Khoảng cách từ trái đất đến mặt trời (theo Julian day);

ESUN: Năng lượng mặt trời;

Đối với Landsat 8:

+ Chuyển các giá trị số (DN) trên ảnh về giá trị của bức xạ vật lý tại sensor bằng công thức:

$$L_{\lambda} = M_L * Q_{Cal} + A_L$$

Trong đó: M_L : Giá trị Radiance_Mult_Band_x;

Q_{Cal} : Giá trị số trên band ảnh (DN);

A_L : Giá trị Radiance_Add_Band_x.

+ Chuyển các giá trị của bức xạ vật lý tại sensor về giá trị của phản xạ ở tầng trên khí quyển của vật thể bằng công thức:

$$\rho_{\lambda} = L_{\lambda} / \sin(\text{Sun elevation})$$

Gộp các kênh ảnh: Khi thu nhập ảnh Landsat từ vệ tinh, các kênh phổ khác nhau có màu đen trắng. Vì vậy, để phục vụ cho công tác phân loại và giải đoán ảnh một cách chính xác, nghiên cứu tiến hành tổ hợp các kênh ảnh.

Hiệu chỉnh hình học: Trước khi phân tích và giải đoán ảnh, ảnh vệ tinh được nắn chỉnh hình học để hạn chế sai số vị trí và chênh lệch địa hình, cho hình ảnh gần với bản đồ địa hình ở phép chiếu trực giao nhất.

Cắt ảnh theo ranh giới khu vực nghiên cứu: Thông thường một ảnh Landsat sẽ bao trùm một phần diện tích rộng trên thực địa, do đó khối lượng dữ liệu của nó rất lớn. Vì vậy, cần tiến hành cắt ảnh theo khu vực VQG Cát Bà, việc này giúp giảm thiểu thời gian làm việc với phần mềm, vừa thuận tiện cho việc giải đoán thực hiện một cách nhanh chóng.

Bước 2: Xác định chỉ số thực vật NDVI/EVI, giá trị nhiệt độ bề mặt giai đoạn 1996 -2016

$$EVI = \frac{\text{Band}_{IR} - \text{Band}_{Red}}{(\text{Band}_{IR} + 6 * \text{Band}_{Red} - 7.5 * \text{Band}_{Blue} + 1)} * 2.5$$

Giá trị chỉ số EVI (Enhanced Vegetation Index) là chỉ số thực vật tăng cường, được sử dụng để giải quyết một số hạn chế của chỉ số NDVI như giảm hiệu ứng của khí quyển và ảnh hưởng nền tán cây, tối ưu hóa các tín hiệu thực vật màu xanh lá với độ nhạy được cải thiện ở các cấp độ sinh khối cao.

- Xác định chỉ số LAI (Leaf Area Index):

$$LAI = 3.618 * EVI - 0.118$$

- Xác định lượng mưa tại VQG Cát Bà giai đoạn 1996 - 2016: Để đánh giá sự thay đổi lượng mưa

- Xác định các trạng thái thực vật được thực hiện thông qua việc sử dụng chỉ số NDVI và EVI. Cụ thể: Chỉ số NDVI phản ánh đặc điểm độ che phủ của thực vật như là sinh khối, chỉ số diện tích lá và phần trăm thực phủ (Xie *et al.*, 2008). Chỉ số NDVI được xác định dựa trên sự phản xạ khác nhau của thực vật thể hiện giữa kênh phổ khả kiến và kênh phổ cận hồng ngoại, dùng để biểu thị mức độ tập trung của thực vật trên mặt đất.

$$NDVI = \frac{(\text{Band}_{NIR} - \text{Band}_R)}{(\text{Band}_{NIR} + \text{Band}_R)}$$

Trong đó: NDVI là chỉ số thực vật;

Band_{NIR} là kênh cận hồng ngoại;

Band_R là kênh màu đỏ.

Trong nghiên cứu này kết quả giá trị chỉ số NDVI càng cao thì càng tốt. Giá trị của chỉ số thực vật dao động từ -1,0 ÷ 1,0. Nếu giá trị NDVI càng cao thì khu vực đó có độ che phủ thực vật tốt. Nếu giá trị NDVI thấp thì khu vực đó có độ che phủ thấp. Nếu giá trị NDVI âm cho thấy khu vực đó không có thực vật.

khu vực VQG Cát Bà, đề tài sử dụng công cụ CHIRPS (Climate Hazards Group Infrared Precipitation with Station Data, Version 2.0 trong ứng dụng Google Earth Engine). Đây là nguồn tư liệu viễn thám có thể cung cấp dữ liệu về lượng mưa trong nhiều năm.

Bước 3: Thành lập bản đồ chỉ số thực vật LAI, NDVI và EVI trong từng năm nghiên cứu

- Từ dữ liệu được phân loại trong bước 2, nghiên cứu thành lập bản đồ chỉ số thực vật theo LAI, NDVI và EVI với tỷ lệ cho khu

vực nghiên cứu là 1:100000 cùng với các hệ thống lưới chiếu, chú giải, thước tỉ lệ, kim chỉ hướng.

Bước 4: Xây dựng mô hình tương quan giữa giá trị LAI với giá trị lượng mưa: Để đánh giá mối quan hệ giữa hai giá trị này, nghiên cứu đã sử dụng phần mềm thống kê R 3.4.1, từ đó lựa chọn mô hình đại diện tốt nhất.

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Chỉ số thực vật và lượng mưa khu vực nghiên cứu

Chỉ số thực vật giai đoạn 1996 - 2016

Kết quả tính toán giá trị các chỉ số thực vật (LAI, NDVI, EVI) được thể hiện tại bảng 2.

Bảng 2. Chỉ số thực vật LAI, NDVI và EVI theo thời gian nghiên cứu

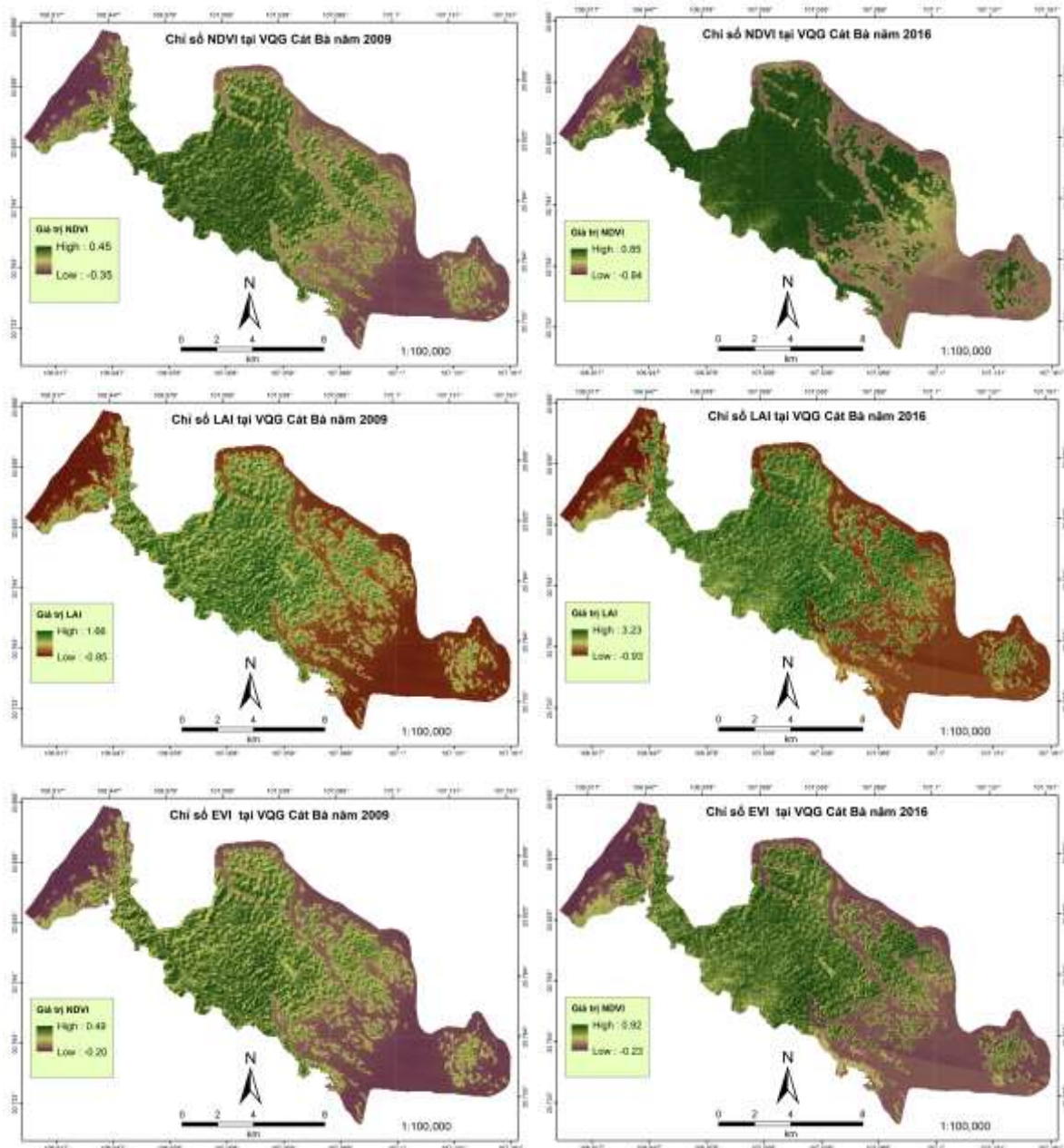
TT	Năm	NDVI			EVI			LAI		
		Min	Max	Mean	Min	Max	Mean	Max	Min	Mean
1	1996	-0,40	0,63	0,15	-0,74	0,12	-0,13	-2,82	0,33	-0,61
2	1998	-0,89	0,74	0,24	-1,27	0,12	-0,28	-4,70	0,33	-1,14
3	1999	-0,35	0,64	0,17	-0,84	0,13	-0,16	-3,17	0,34	-0,69
4	2000	-0,65	0,72	0,19	-1,23	0,14	-0,23	-4,56	0,40	-0,98
5	2001	-0,64	0,52	-0,05	-1,04	0,94	-0,10	-3,89	3,29	-0,48
6	2002	-0,41	0,44	0,003	-0,93	0,35	-0,09	-3,47	1,20	-0,44
7	2003	-0,48	0,67	0,18	-0,26	0,95	0,25	-1,07	3,30	0,79
8	2006	-0,32	0,46	0,08	-0,36	0,12	-0,06	-1,42	0,31	-0,35
9	2007	-0,43	0,60	0,10	-0,62	0,14	-0,11	-2,37	0,40	-0,51
10	2009	-0,35	0,45	0,06	-0,20	0,49	0,08	-0,85	1,66	0,16
11	2010	-0,46	0,63	0,13	-0,77	0,16	-0,13	-2,91	0,46	-0,60
12	2013	-0,27	0,62	0,19	-0,25	0,87	0,24	-1,00	3,04	0,75
13	2014	-0,35	0,76	0,30	-0,17	0,84	0,29	-0,75	2,92	0,93
14	2016	-0,84	0,85	0,34	-0,23	0,92	0,31	-0,93	3,23	1,00

Nguồn: Kết quả được tính toán từ dữ liệu ảnh Landsat từ năm 1996 - 2016

Kết quả từ bảng 2 cho thấy giá trị lớn nhất NDVI dao động từ 0,44 ÷ 0,85, giá trị nhỏ nhất dao động từ -0,89 ÷ -0,27, chỉ số NDVI trung bình dao động -0,05 ÷ 0,34. Như vậy, nếu giá trị NDVI càng lớn thì mức độ đậm đặc của thực vật cao và sự phát triển của thực vật càng lớn. Tương tự chỉ số NVDI, chỉ số thực vật cải thiện (EVI) từ bảng 2 cho thấy giá trị EVI lớn nhất dao động từ 0,12 ÷ 0,94, nhỏ nhất dao động -1,27 ÷ -0,17, giá trị trung bình dao động từ -0,10 ÷ 0,31. Chỉ số LAI lớn nhất dao động 0,31 ÷ 3,30, giá trị nhỏ nhất dao động là -4,7 ÷ -0,85 và giá trị trung bình dao động -0,48 ÷

1,0. Để đánh giá phân bố không gian giá trị các chỉ số thực vật, nghiên cứu đã xây dựng bản đồ chỉ số NDVI, EVI và LAI (Hình 2).

Kết quả từ bảng 2 và hình 2 cho thấy giá trị NDVI, EVI và LAI có mối liên hệ với trạng thái lớp phủ và mật độ thực vật. Kết quả tại hình 2 cho thấy giá trị trung bình NDVI tăng từ 0,06 (2009) lên đến 0,34 (2016), EVI tăng từ -0,11 ÷ 0,31, LAI tăng từ 0,16 ÷ 1,0. Kết quả này cho thấy chất lượng lớp phủ thực vật có sự cải thiện đáng kể khu vực VQG Cát Bà giai đoạn 2009 - 2016.



Hình 2. Giá trị chỉ số NDVI, LAI và EVI từ Landsat 5 (21/11/2009); Landsat 8 (30/09/2016) khu vực VQG Cát Bà

Giá trị lượng mưa giai đoạn 1996 - 2016:

Kết quả tính toán lượng mưa giai đoạn 1996 đến 2016 được thể hiện trong bảng 3.

Kết quả từ bảng 3 cho thấy giá trị lượng mưa dao động từ 1325,8 ÷ 2057,8mm, giá trị lượng mưa cao nhất vào năm 2013 và thấp nhất là năm 2006. Nếu so sánh lượng mưa năm 2009

(1377,5mm) với năm 2016 (1546,3mm) cùng với chỉ số thực vật cho thấy trong hai năm này có sự gia tăng về lượng mưa và sự khác biệt giá trị trung bình chỉ số thực vật (NDVI, LAI và EVI). Do vậy, có thể kết luận rằng có mối quan hệ giữa lượng với sự phát triển của thảm thực vật, giá trị chỉ số thực vật tại khu vực nghiên cứu.

Bảng 3. Lượng mưa khu vực VQG Cát Bà giai đoạn 1996 - 2016 (mm)

TT	Năm	Lượng mưa	TT	Năm	Lượng mưa
1	1996	1805,3	19	2007	1349,7
2	1998	1869,4	20	2008	1833,2
3	1999	1573,3	21	2009	1377,5
4	2000	1417,5	22	2010	1596,9
5	2001	1928,0	23	2011	1696,9
6	2002	1453,2	24	2012	1884,9
7	2003	1506,6	25	2013	2057,8
8	2004	1520,6	26	2014	1818,4
9	2005	1722,8	27	2015	1614,4
10	2006	1325,8	28	2016	1546,3

Nguồn: Climate Hazards Group Infrared Precipitation with Station Data, Version 2.0 trong ứng dụng Google Earth Engine.

3.2. Môi trường quan giữa giá chỉ số LAI với lượng mưa giai đoạn 1996 - 2016

Để phân tích mối tương quan giữa chỉ số LAI với giá trị lượng mưa và các chỉ số thực vật

khác, nghiên cứu sử dụng phần mềm thống kê R. Kết quả nghiên cứu cho thấy, có 5 mô hình có thể mô phỏng mối tương quan giữa lượng mưa được tổng hợp tại bảng 4.

Bảng 4. Kết quả mô hình tương quan giữa chỉ số LAI và lượng mưa

Mô hình 1:				
lm(log(LAI) ~ log(Precipitation*EVI^4*NDVI^8)+log(Year*EVI^2*NDVI^2))				
Model1 <- lm(log(LAI) ~ log(Precipitation*EVI^4*NDVI^8)+log(Year*EVI^2*NDVI^2))				
Model1				
anova(Model1)				
summary(Model1)				
Residuals:				
Min	1Q	Median	3Q	Max
-0,49454	-0,00927	0,03508	0,06980	0,11458
Coefficients:				
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-5,35424	0,59256	-9,036	2,02e-06 ***
log(Precipitation * EVI^4 * NDVI^8)	-0,28686	0,05543	-5,175	0,000306 ***
log(Year * EVI^2 * NDVI^2)	1,14906	0,12216	9,406	1,36e-06 ***
Signif. codes: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1				
Residual standard error: 0,1638 on 11 degrees of freedom				
Multiple R-squared: 0,9791, Adjusted R-squared: 0,9753				
F-statistic: 258 on 2 and 11 DF, p-value: 5,722e-10				
Mô hình 2:				
lm(log(LAI) ~ log(Precipitation*EVI^4*NDVI^16)+log(Year*EVI^2*NDVI^2))				
Model2 <- lm(log(LAI) ~ log(Precipitation*EVI^4*NDVI^16)+log(Year*EVI^2*NDVI^2))				
Model2				
anova(Model2)				
summary(Model2)				

Residuals:				
Min	1Q	Median	3Q	Max
-0,49314	0,00456	0,03367	0,06996	0,09780
Coefficients:				
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-3,90587	0,31180	-12,527	7,47e-08 ***
log(Precipitation * EVI^4 * NDVI^16)	-0,10031	0,01874	-5,354	0,000232 ***
log(Year * EVI^2 * NDVI^2)	0,77245	0,05109	15,120	1,05e-08 ***
Signif. codes: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1				
Residual standard error: 0,1598 on 11 degrees of freedom				
Multiple R-squared: 0,9801, Adjusted R-squared: 0,9765				
F-statistic: 271,2 on 2 and 11 DF, p-value: 4,377e-10				
Mô hình 3:				
lm(log(LAI) ~ log(Precipitation*EVI^2*NDVI^16)+log(Year*EVI^2*NDVI^2))				
Model3 <- lm(log(LAI) ~ log(Precipitation*EVI^2*NDVI^16)+log(Year*EVI^2*NDVI^2))				
Model3				
anova(Model3)				
summary(Model3)				
Residuals:				
Min	1Q	Median	3Q	Max
-0,49283	0,00354	0,03333	0,06881	0,09770
Coefficients:				
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-3,14076	0,18479	-16,997	3,04e-09 ***
log(Precipitation * EVI^2 * NDVI^16)	-0,08623	0,01608	-5,364	0,000229 ***
log(Year * EVI^2 * NDVI^2)	0,65785	0,03346	19,662	6,42e-10 ***
Signif. codes: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1				
Residual standard error: 0,1596 on 11 degrees of freedom				
Multiple R-squared: 0,9802, Adjusted R-squared: 0,9766				
F-statistic: 271,9 on 2 and 11 DF, p-value: 4,315e-10				
Mô hình 4:				
lm(log(LAI) ~ log(Precipitation*EVI^2*NDVI^32)+log(Year*EVI^2*NDVI^2))				
Model4 <- lm(log(LAI) ~ log(Precipitation*EVI^2*NDVI^32)+log(Year*EVI^2*NDVI^2))				
Model4				
anova(Model4)				
summary(Model4)				
Residuals:				
Min	1Q	Median	3Q	Max
-0,49280	0,00356	0,03448	0,06536	0,09838
Coefficients:				
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-3,130362	0,182959	-17,110	2,83e-09 ***
log(Precipitation * EVI^2 * NDVI^32)	-0,040552	0,007548	-5,372	0,000226 ***
log(Year * EVI^2 * NDVI^2)	0,611113	0,027840	21,951	1,96e-10 ***

Signif. codes: 0 '****' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1				
Residual standard error: 0,1595 on 11 degrees of freedom				
Multiple R-squared: 0,9802, Adjusted R-squared: 0,9766				
F-statistic: 272,6 on 2 and 11 DF, p-value: 4,258e-10				
Mô hình 5:				
lm(log(LAI) ~ log(Precipitation*EVI^2*NDVI^64)+log(Year*EVI^2*NDVI^2))				
Model5 <- lm(log(LAI) ~ log(Precipitation*EVI^2*NDVI^64)+log(Year*EVI^2*NDVI^2))				
Model5				
anova(Model5)				
summary(Model5)				
Residuals:				
Min	1Q	Median	3Q	Max
-0,49280	0,00176	0,03588	0,06583	0,09885
Coefficients:				
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-3,125306	0,182199	-17,153	2,76e-09 ***
log(Precipitation * EVI^2 * NDVI^64)	-0,019683	0,003663	-5,373	0,000226 ***
log(Year * EVI^2 * NDVI^2)	0,589745	0,025875	22,792	1,31e-10 ***
Signif. codes: 0 '****' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1				
Residual standard error: 0,1594 on 11 degrees of freedom				
Multiple R-squared: 0,9802, Adjusted R-squared: 0,9766				
F-statistic: 272,6 on 2 and 11 DF, p-value: 4,257e-10				

Kết quả tại bảng 4 cho thấy, tất cả 5 mô hình đều phản ánh mối tương quan giữa chỉ số LAI và lượng mưa cũng như với chỉ số thực vật khác với hệ số tương quan $R^2 > 0,97$ và $P_{value} < 0,001$. Do vậy lượng mưa có mối quan hệ chặt chẽ với chỉ số thực vật (Chandrasekar *et al.*, 2010; Kumar, 2015), hay nói cách khác lượng mưa nhiều hay ít sẽ quyết định sự phát triển của thực vật khu vực VQG Cát Bà.

IV. KẾT LUẬN

Việc sử dụng tư liệu viễn thám và công nghệ GIS đã được áp dụng khá rộng rãi trong nghiên cứu lĩnh vực tài nguyên và môi trường. Nghiên cứu xác định chỉ số thực vật (LAI, NDVI, EVI) thông qua tư liệu viễn thám đã xây dựng bản đồ các chỉ số thực vật, giá trị lượng mưa khu vực VQG Cát Bà, thành phố Hải Phòng. Kết quả cho thấy giá trị chỉ số NDVI dao động từ $-0,84 \div 0,85$, giá trị chỉ số LAI dao động từ $-4,70 \div 3,30$, giá trị chỉ số

EVI dao động từ $-1,27 \div 0,94$. Kết quả tính toán lượng mưa dựa vào tư liệu viễn thám cho thấy dao động từ $1325,8 \div 2057,8$ mm. Qua việc xây dựng mô hình tương quan trong phần mềm R cho thấy có 5 mô hình có thể sử dụng để mô phỏng mối quan hệ giữa LAI với lượng mưa và các chỉ số thực vật khác với hệ số tương quan $R^2 > 0,97$ và $P_{value} < 0,0001$. Kết quả nghiên cứu là cơ sở khoa học ban đầu cho việc nghiên cứu mối quan hệ giữa các yếu tố khí tượng và chỉ số thực vật liên quan trong khu vực VQG Cát Bà, thành phố Hải Phòng.

Lời cảm ơn (Knowledge)

Bài báo là kết quả sử dụng dữ liệu viễn thám và GIS kết hợp với phần mềm R để đánh giá mối tương quan giữa chỉ số LAI và lượng mưa tại VQG Cát Bà, thành phố Hải Phòng, nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn sự hỗ trợ quý báu của Ban Giám đốc VQG Cát Bà, ý kiến góp ý của các phản biện trong việc nâng cao chất lượng bài báo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bagalwa, M., Majaliwa, J., Kansime, F., Bashwira, S., Tenywa, M., Karume, K., Adipala, E, 2016. Land Use and Land Cover Change Detection in Rural Areas of River Lwiro Micro-catchment, Lake Kivu, Democratic Republic of Congo. *Journal of Scientific Research & Reports*, JSRR.15850, ISSN: 2320 - 0227.
2. Chandrasekar, K., Sai, M.V.R.S., Roy, P.S., Dwevedi, R.S, 2010. Land surface water index response to rainfall and NDVI using the MODIS vegetation index product. *International Journal of Remote Sensing*. 15:3987 - 4005.
3. Cui, X., Gibbes, C., Southworth J., Waylen, P, 2013. Using remote sensing to quantify vegetation change and ecological resilience in a semi-arid system. *Land*. 2:108 - 130.
4. Nguyễn Hải Hòa, Nguyễn Thị Thu Hiền, Lương Thị Thu Trang, 2016. Ứng dụng GIS và ảnh Landsat đa thời gian xây dựng bản đồ biến động diện tích rừng tại xã vùng đệm Xuân Đài và Kim Thượng, Vườn quốc gia Xuân Sơn. *Tạp chí Khoa học Lâm Nghiệp*, số 3/2016, 4524 - 4537, ISSN 1859 - 0373.
5. Nguyễn Hải Hòa, 2016. Sử dụng ảnh Landsat đánh giá biến động nhiệt độ bề mặt đất và đề xuất giải pháp giảm thiểu khu vực huyện Chương Mỹ, Hà Nội giai đoạn 2000 - 2015. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn*, số 2/2017, tr. 140 - 148. ISSN: 1859 - 4581
6. Kumar, D, 2015. Remote sensing based vegetation indices analysis to improve water resources management in urban environment. *Aquatic Procedia*. 4:1374 - 1380.
7. VQG Cát Bà, 2017. Nghiên cứu tác động của biến đổi khí hậu đến hệ sinh thái trên núi đá vôi tại VQG Cát Bà, đề xuất các giải pháp thích ứng với biến đổi khí hậu. Đề tài nhiệm vụ khoa học. UBND Thành phố Hải Phòng.
8. Xie, Y., Sha, Z., Yu, M, 2008. Remote Sensing Imagery in vegetation mapping: a review. *Journal of Plant Ecology* 1(1): 9 - 23.

Email của tác giả chính: hoanh@vfu.edu.vn

Ngày nhận bài: 09/08/2017

Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 15/08/2017

Ngày duyệt đăng: 17/08/2017