

XÁC ĐỊNH MỘT SỐ CHỈ SỐ THỰC VẬT ĐẶC TRƯNG CHO HỆ SINH THÁI RỪNG TẠI KHU BẢO TỒN THIÊN NHIÊN KON CHU RẰNG BẰNG DỮ LIỆU ẢNH UAV ĐA PHỔ

ĐINH BÁ DUY⁽¹⁾, NGÔ TRUNG DŨNG⁽¹⁾, NGUYỄN QUỐC KHÁNH⁽¹⁾,
TRẦN THỊ NHÀN⁽¹⁾, NGUYỄN HỮU VIỆT HIỆU⁽²⁾, ĐẶNG THỊ NGỌC⁽³⁾

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ảnh viễn thám và hệ thống thông tin địa lý GIS từ lâu đã là một công cụ hỗ trợ đắc lực cho các nghiên cứu về thảm thực vật. Dựa trên những chỉ số thực vật được tính toán thông qua các kênh phổ của ảnh viễn thám, có thể xác định được sức khỏe cây trồng, sự ổn định của các hệ sinh thái rừng mà không bị ảnh hưởng bởi các yếu tố tự nhiên như đất hay địa hình [1]. Các chỉ số về thảm thực vật sử dụng các dải quang phổ được ứng dụng rộng rãi để theo dõi, phân tích và lập bản đồ các biến đổi không gian và thời gian, cho phép giám sát và đánh giá những thay đổi trong cấu trúc thảm thực vật cũng như các thông số lý sinh nhất định, sự hấp thụ nitơ, chỉ số diệp lục lá hay diện tích lá [2]. Đặc biệt, đối với thực vật, ngoài các kênh sóng Blue (B): 450 ± 16 nm, Green (G): 560 ± 16 nm, Red (R): 650 ± 16 nm thông thường, kênh sóng cận hồng ngoại (Near-infrared (NIR): 840 ± 26 nm) có vai trò quan trọng trong tính toán và theo dõi hầu hết các chỉ số thực vật [3].

Hiện nay, với sự phát triển của khoa học công nghệ được tích hợp trong các thiết bị bay không người lái (UAV), việc phân tích đánh giá sự phát triển của cây trồng, thảm thực vật rừng trở nên dễ dàng hơn nhờ các ưu điểm về chủ động thời gian bay chụp, độ phân giải cao, giảm thiểu những tác động của điều kiện thời tiết so với ảnh vệ tinh [4]. Sự phát triển của các cảm biến gắn trên các UAV, trong đó có kênh sóng cận hồng ngoại cho phép xác định được các chỉ số thực vật phục vụ theo dõi, giám sát cấu trúc và đánh giá biến động của thảm thực vật. UAV với các cảm biến đa phổ đã được sử dụng khá nhiều trên thế giới phục vụ đánh giá chỉ số thực vật NDVI tại Costa Rica [5], sự biến động rừng ngập mặn tại Ao Mahachai [6], phân loại thực vật dựa trên các chỉ số thực vật trên đảo Galapagos [7] hay tính toán độ che phủ [8]. Những kết quả trên đã cho thấy sự vượt trội của hình ảnh thu được từ UAV trong phân tích cấu trúc thảm thực vật so với các loại ảnh viễn thám thông thường, có độ phân giải thấp và trung bình. Các nghiên cứu chỉ ra rằng so với các loại dữ liệu ảnh vệ tinh thông thường, ảnh thu được từ UAV có độ nhạy cao hơn, thể hiện nhiều chi tiết hơn về các loại điều kiện môi trường sống [9]. Dựa trên 5 dải sóng đơn sắc thu được từ dữ liệu UAV, có thể tính toán được 21 loại chỉ số thực vật khác nhau như NDVI, GNDVI, SAVI, GCI, EVI,... [1].

Tại Việt Nam, ứng dụng UAV trong nghiên cứu, đánh giá cấu trúc thảm thực vật còn khá hạn chế. Trong đó, ảnh UAV chủ yếu được sử dụng trong đánh giá sự biến động diện tích và chất lượng rừng ngập mặn [10], xác định một số chỉ số thực vật (VARI, TGI) phục vụ công tác quản lý và bảo tồn rừng tại Khu bảo tồn thiên nhiên (KBTTN) Ngọc Linh [11]. Tuy nhiên, những nghiên cứu này còn gặp phải một số hạn chế khi đánh giá các chỉ số thực vật, do không đủ điều kiện về dải phổ đi kèm, đặc biệt là dải phổ cận hồng ngoại.

Trong nghiên cứu này, UAV Phantom 4 Multispectral đã được sử dụng để bay chụp và xác định một số chỉ số thực vật đặc trưng tại khu vực rừng kín thường xanh thuộc KBTTN Kon Chư Răng, tỉnh Gia Lai. Tiếp đó, chúng tôi phân tích mối tương quan giữa các chỉ số thực vật nhằm đề xuất việc sử dụng chúng một cách hiệu quả. Với ưu thế có thể cung cấp hệ thống hình ảnh đa quang phổ, phù hợp cho đánh giá cấu trúc thảm thực vật rừng dựa trên các chỉ số thực vật đặc trưng, kết quả thu được có thể sử dụng để so sánh và kiểm tra kết quả giải đoán các tư liệu ảnh có độ phủ rộng hơn.

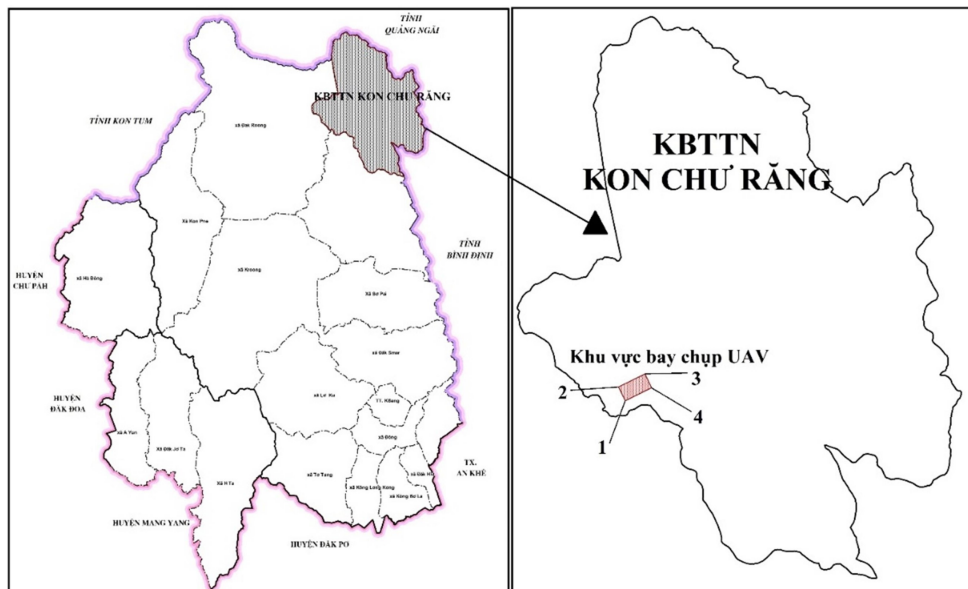
2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Khu vực và đối tượng nghiên cứu

Khu BTTN Kon Chư Răng thuộc khu dự trữ Sinh quyển Cao nguyên Kon Hà Nừng (UNESCO, 9/2021) có diện tích 15 900 ha, trong đó phân khu bảo vệ nghiêm ngặt 8.746 ha và phân khu phục hồi sinh thái 7 154 ha. Hệ sinh thái thực vật ở đây đặc trưng cho khu vực Tây Nguyên với chủ yếu là kiểu rừng kín thường xanh mưa ẩm á nhiệt đới núi thấp và núi trung bình. Hệ thực vật ở đây có tính đa dạng sinh học cao, được xếp loại A tầm quan trọng quốc tế, với hàng nghìn loài. Trong đó có nhiều loài thực vật quý hiếm, được đưa vào Sách Đỏ Việt Nam và Thế giới như sao hải nam, trầm hương, lan kim tuyến, trắc, giáng hương...

Nghiên cứu này đã lựa chọn vùng bay khoảng 50 ha thuộc KBTTN Kon Chư Răng để bay chụp bằng UAV nhằm nghiên cứu một số chỉ số thực vật của kiểu rừng kín thường xanh có trữ lượng trung bình (Hình 1). Tọa độ khu vực bay như sau:

- | | |
|----------------------------------|----------------------------------|
| 1. 14°28'27,09"N; 108°32'14,49"E | 2. 14°28'42,16"N; 108°32'6,90"E |
| 3. 14°28'56,25"N; 108°32'36,36"E | 4. 14°28'41,18"N; 108°32'43,95"E |



Hình 1. Khu vực bay chụp bằng UAV tại KBTTN Kon Chư Răng

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Sử dụng thiết kế tuyến bay chụp bằng UAV

Sử dụng UAV bay chụp và phân tích xử lý số liệu tại KBTTN Kon Chư Răng được tiến hành theo các bước sau:

- Thiết kế tuyến bay, chụp ảnh bằng phần mềm DJI GPS Pro với các thông số cơ bản sau: diện tích vùng bay (50 ha); độ phủ ảnh UAV (80% x 70%), trần bay (độ cao so với điểm cất cánh: 200m).

- Điều kiện thời tiết lựa chọn: không mưa, gió nhẹ cấp 2 - 3.

- Thời gian bay, chụp: Từ 9h đến 11h ngày 14/6/2022.

2.2.2. Xác định các chỉ số thực vật từ dữ liệu ảnh UAV

Với các đặc tính kỹ thuật của UAV đa phổ như đã trình bày ở trên, 5 chỉ số thực vật được xác định từ dữ liệu ảnh chụp bằng UAV đa phổ Phantom 4 Multispectral [3] bằng phần mềm Pix4D dựa trên 5 dải phổ (Trong đó: Blue (R_b): 450 nm $\pm$ 16 nm, Green (R_g): 560 nm $\pm$ 16 nm, Red (R_r): 650 nm $\pm$ 16 nm, Red edge (R_{re}): 730 nm $\pm$ 16 nm, Near-infrared (R_{nir}): 840 nm $\pm$ 26 nm) gồm:

- Chỉ số thực vật khác biệt chuẩn hóa (Normalized Difference Vegetation Index - NDVI). Đây là một chỉ số quan trọng trong các nghiên cứu về sinh thái, sự tăng trưởng, phát triển và biến động của lớp phủ thực vật. Ngoài ra, chỉ số này cũng góp phần cảnh báo về tình trạng dịch bệnh cây trồng, năng suất và sản lượng mùa vụ khi kết hợp với các chỉ số khác. Chỉ số NDVI ứng dụng nhiều trong nông nghiệp và lâm nghiệp. Đặc biệt các ứng dụng nhằm phát hiện biến động lớp phủ thực vật giữa những thời kỳ khác nhau trên 1 phạm vi cố định. Ngoài ra, trong lĩnh vực nông nghiệp chỉ số NDVI cũng góp phần trong đánh giá sự phát triển của cây trồng, dự báo năng suất. Chỉ số NDVI được tính theo công thức [12]:

$$NDVI = \frac{R_{nir} - R_r}{R_{nir} + R_r} \quad (1)$$

- Chỉ số thực vật khác biệt “xanh” chuẩn hóa (Green Normalized Difference Vegetation Index - GNDVI). Tương tự như NDVI, chỉ số GNDVI làm tăng cường hơn nữa tính chất biến thiên của diệp lục trong lá cây. GNDVI được tính theo công thức như sau [1]:

$$GNDVI = \frac{R_{nir} - R_g}{R_{nir} + R_g} \quad (2)$$

- Chỉ số thực vật có hiệu chỉnh theo môi trường đất (Soil Adjusted Vegetation Index - SAVI). SAVI giảm bớt ảnh hưởng của môi trường đất phía dưới lớp thực vật trong chỉ số NDVI. Khi tính SAVI từ ảnh vệ tinh Landsat Surface Reflectance, các chuyên gia thêm vào hệ số “L = 0,5” trong phương trình NDVI (sử dụng hai kênh R và NIR) như một hệ số chung cho hầu hết các dạng thảm thực vật. Người dùng cũng có thể điều chỉnh hệ số “L” theo những tính toán riêng biệt. Đối với ảnh chụp bằng UAV Phantom 4 Multispectral, chúng tôi vẫn sẽ sử dụng hệ số L = 0,5. Chỉ số SAVI được xác định bằng công thức [1]:

$$SAVI = (1 + 0,5) \frac{R_{nir} - R_r}{R_{nir} + R_r + 0,5} \quad (3)$$

- Chỉ số thực vật tăng cường (Enhanced Vegetation Index - EVI) được đề xuất bởi Liu và Huete để hiệu chỉnh đồng thời giá trị của NDVI trước ảnh hưởng của khí quyển và phản xạ mặt đất, đặc biệt ở các khu vực có tán cây rậm rạp. Phạm vi giá trị của EVI là -1 đến 1, đối với thảm thực vật khỏe mạnh, trị số EVI dao động trong khoảng 0,2 đến 0,8. Công thức tính chỉ số EVI như sau [3]:

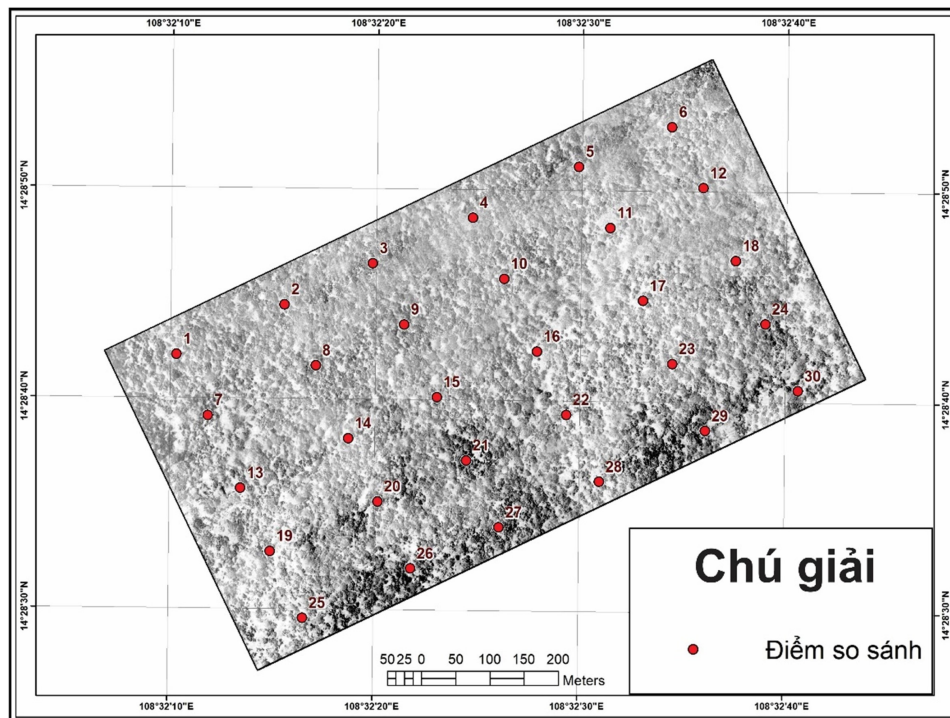
$$EVI = 2,5 \frac{R_{nir} - R_r}{R_{nir} + 6R_r - 7,5R_b + 0,16} \quad (4)$$

- Chỉ số diệp lục xanh (Green Chlorophyll Index - GCI). Trong viễn thám, chỉ số diệp lục xanh được sử dụng để ước tính hàm lượng chất diệp lục trong các loài thực vật khác nhau. Hàm lượng chất diệp lục phản ánh trạng thái sinh lý của thảm thực vật; nó giảm ở thực vật bị ức chế (stressed) do đó có thể được sử dụng như một phép đo sức khỏe thực vật. Chỉ số GCI được tính theo công thức [1]:

$$GCI = \frac{R_{nir}}{R_g} - 1 \quad (5)$$

2.2.3. Đánh giá tính tương quan của các chỉ số thực vật

Để đánh giá tính tương quan của các chỉ số thực vật đã được lựa chọn, nghiên cứu đã tiến hành lựa chọn 30 điểm trong khu vực bay chụp UAV như mô tả tại Hình 2.



Hình 2. Lựa chọn 30 điểm so sánh các chỉ số thực vật

Dựa trên phân tích giá trị của 05 chỉ số thực vật đã lựa chọn tại 30 điểm nghiên cứu trên, tiến hành phân tích tính tương quan của các giá trị đó bằng cách so sánh các giá trị NDVI với lần lượt 4 giá trị còn lại bao gồm: GNDVI, SAVI, EVI và GCI.

Hệ số tương quan được tính theo công thức:

$$\rho_{xy} = \frac{Cov(x,y)}{\sigma_x \sigma_y} \quad (6)$$

Trong đó: ρ_{xy} : Hệ số tương quan Pearson;

$Cov(x,y)$: Hiệp phương sai của biến x và y;

σ_x : Độ lệch chuẩn của x;

σ_y : Độ lệch chuẩn của y.

Theo đó:

- Hệ số tương quan có giá trị từ -1 đến 1. Kết quả được tính ra lớn hơn 1 hoặc nhỏ hơn -1 có nghĩa là có lỗi trong phép đo tương quan;
- Hệ số tương quan có giá trị âm cho thấy hai biến có mối quan hệ nghịch biến hoặc tương quan âm (nghịch biến tuyệt đối khi giá trị bằng -1);
- Hệ số tương quan có giá trị dương cho thấy mối quan hệ đồng biến hoặc tương quan dương (đồng biến tuyệt đối khi giá trị bằng 1);
- Tương quan bằng 0 cho thấy hai biến độc lập với nhau.

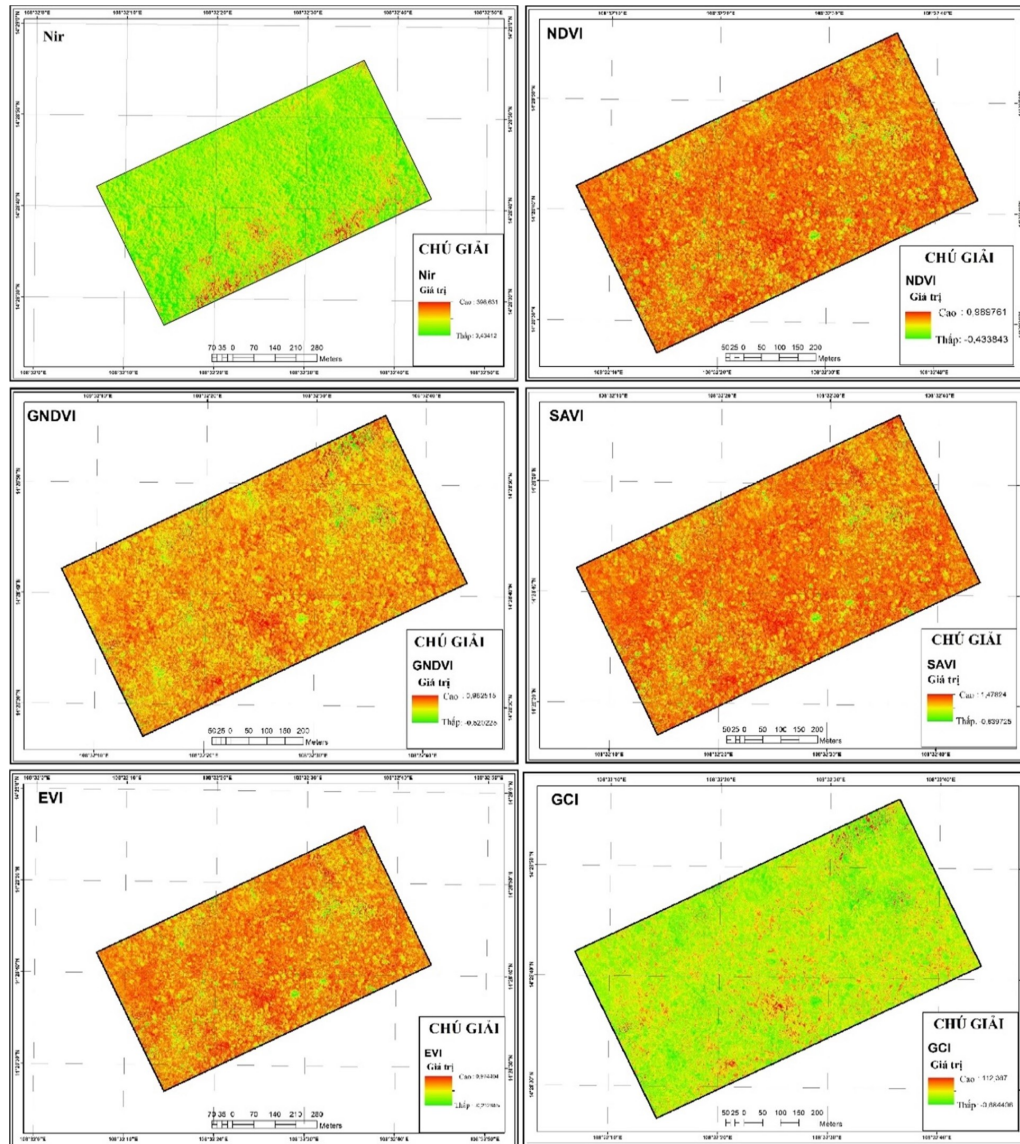
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Phân tích một số chỉ số thực vật khu vực rừng kín thường xanh

Dựa trên phân tích các dữ liệu ảnh thu được từ quá trình bay chụp bằng UAV, đã thành lập được các bản đồ 05 chỉ số thực vật đặc trưng cho khu vực rừng kín thường xanh có trữ lượng trung bình thuộc KBTTN Kon Chư Răng (Hình 3).

Tại khu vực nghiên cứu, giá trị NDVI thực vật dựa trên dữ liệu từ UAV dao động trong khoảng từ -0,4 đến 1. Theo Bảng 1, giá trị từ -0,4 đến 0 chỉ thị cho các khu vực không có thực vật có diện tích rất nhỏ (0,01%), nằm trong khu vực có các khoảng trống tán rừng. Khoảng giá trị NDVI từ 0,8 đến 1 có tỷ lệ diện tích rất lớn (80,99%), cho thấy trạng thái rừng khu vực nghiên cứu là rất tốt, là những khu vực có độ che phủ lớn. Đối với NDVI, giá trị nằm trong khoảng 0,4 - 1 chỉ thị cho những thảm thực vật phát triển tốt, độ che phủ cao. Các kết quả nghiên cứu này phù hợp với những kết quả từ các nghiên cứu về NDVI thảm thực vật dựa trên dữ liệu ảnh vệ tinh Landsat TM của các năm 1987, 2002 và 2012 [13]. So sánh với kết quả nghiên cứu NDVI cho 11 kiểu thảm thực vật rừng ở các tỉnh Đắk Lắk và Đắk Nông cho thấy, kết quả NDVI này tương đồng với các kiểu rừng gỗ tự nhiên núi đất lá rộng thường xanh giàu và trung bình [14].

Tương tự, đối với giá trị GNDVI tại khu vực nghiên cứu, khoảng giá trị từ 0,6 đến 0,8 có tỷ lệ diện tích lớn nhất (78,59%), cho thấy sự phát triển mạnh mẽ và cấu trúc tầng tán ổn định của thảm thực rừng kín thường xanh. Các khoảng giá trị GNDVI từ 0 đến 0,6 có tỷ lệ diện tích nhỏ (<5%), phân bố ở các khu vực tương đồng có giá trị NDVI thấp trong khu vực nghiên cứu.



Hình 3. Bản đồ giá trị kênh Nir và các chỉ số thực vật dựa trên tư liệu ảnh UAV tại khu vực rừng kín thường xanh KBTN Kon Chư Răng (ngày 14/6/2022)

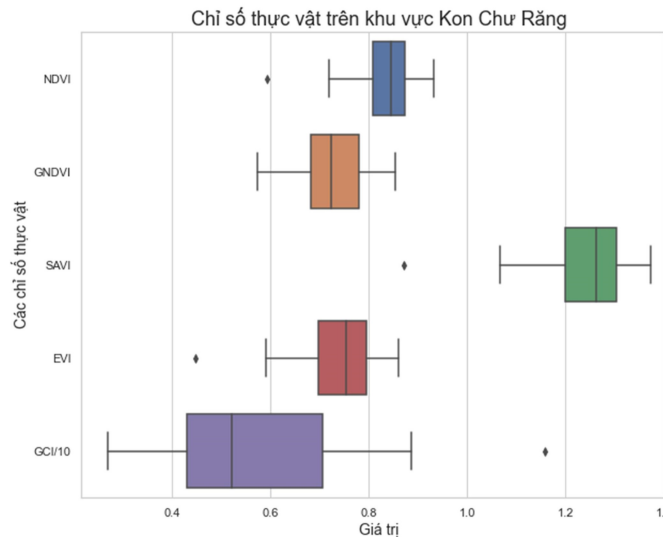
Các khoảng giá trị GCI cho thấy khu vực nghiên cứu có phần lớn diện tích nằm trong khoảng dao động từ 0 đến 10. Đây là các khoảng giá trị cho thấy chỉ số diệp lục trong lá của khu vực cao [15], cấu trúc tầng tán ổn định.

Bảng 1. Thống kê khoảng giá trị các chỉ số thực vật

Chỉ số thực vật	Khoảng giá trị				
NDVI (% diện tích)	< 0	0 - 0,4	0,4 - 0,6	0,6 - 0,8	0,8 - 1
	0,01	0,08	0,81	18,11	80,99
GNDVI (% diện tích)	< 0	0 - 0,4	0,4 - 0,6	0,6 - 0,8	0,8 - 1
	0,01	0,32	4,06	78,59	17,02
SAVI (% diện tích)	< 0	0 - 0,4	0,4 - 0,8	0,8 - 1,2	> 1,2
	0,01	0,01	0,43	21,09	78,46
EVI (% diện tích)	< 0	0 - 0,4	0,4 - 0,6	0,6 - 0,8	0,8 - 1
	0,01	0,043	4,59	68,84	26,13
GCI (% diện tích)	< 0	0 - 5	5 - 10	10 - 15	> 15
	0,01	35,61	58,91	5,17	0,31

3.2. Đánh giá tính tương quan của các chỉ số thực vật dựa trên dữ liệu bay chụp bằng UAV

Dựa trên 30 điểm ngẫu nhiên đã được lựa chọn trong khu vực bay chụp bằng UAV, tiến hành so sánh 05 chỉ số thực vật bao gồm: NDVI, GNDVI, SAVI, EVI và GCI. Kết quả được thể hiện trong Bảng 2 và Hình 4.



Hình 4. Giá trị các chỉ số thực vật dựa trên ảnh từ UAV

Dựa vào tỷ lệ các khoảng giá trị SAVI tại khu vực nghiên cứu, có thể thấy sự tương đồng của giá trị SAVI và NDVI tại khu vực nghiên cứu. Đối với các khu vực có giá trị NDVI cao, giá trị SAVI cũng rất lớn, tương đồng cả về diện tích và sự phân bố. Sự tương đồng giữa giá trị NDVI và SAVI cũng đã được khẳng định trong nghiên cứu tại quận Forish Uzbekistan [16].

Ảnh UAV có ưu thế về giảm thiểu tác động của khí quyển so với các ảnh vệ tinh thông thường, vì thế, giá trị EVI tại khu vực nghiên cứu khá tương đồng với giá trị GNDVI, đều khẳng định được sự phát triển mạnh mẽ của thảm thực vật rừng kín thường xanh tại đây (phần lớn đều trên 0,4) [3]. Ngoài ra, giá trị EVI còn tương đồng với giá trị NDVI tại khu vực nghiên cứu, khi các khoảng giá trị ở mức cao đều phân bố trùng lặp nhau. Trên thế giới, nhiều nghiên cứu cũng đã chỉ ra sự tương đồng 3 cặp giá trị EVI, GNDVI và NDVI [17, 18].

Nhìn chung, hệ số tương quan giữa chỉ số thực vật NDVI và 4 chỉ số thực vật còn lại đều cao ($\geq 0,74$). Trong đó, hệ số tương quan giữa cặp giá trị NDVI/SAVI và NDVI/EVI cao nhất trong 4 cặp giá trị, đạt 0,99. Hệ số tương quan giữa cặp giá trị NDVI và GNDVI đạt 0,85. Cặp giá trị NDVI/GCI có hệ số tương quan thấp nhất trong 4 cặp giá trị (0,74).

Bảng 2. Ma trận tương quan của 5 chỉ số thực vật

Chỉ số thực vật	NDVI	GNDVI	SAVI	EVI	GCI
NDVI	1	0,85	0,99	0,99	0,74
GNDVI	0,85	1	0,84	0,85	0,95
SAVI	0,99	0,84	1	1,00	0,73
EVI	0,99	0,85	1,00	1	0,75
GCI	0,74	0,95	0,73	0,75	1

Nhìn chung, ảnh từ UAV có những ưu thế lớn hơn nhiều so với các loại ảnh vệ tinh thông thường dựa trên những phân tích về giá trị một số chỉ số thực vật. Đặc biệt, tại các khu vực rừng kín, độ che phủ cao, giá trị của các chỉ số thực vật có sự tương đồng khá lớn. Do đó, đối với dữ liệu ảnh từ UAV, khi nghiên cứu ở những khu vực rừng có độ che phủ cao, chỉ cần sử dụng chỉ số NDVI là đủ để đánh giá sức khỏe, cấu trúc của thảm thực vật [19].

4. KẾT LUẬN

- Ảnh đa phổ thu được từ thiết bị bay không người lái (UAV) là một dữ liệu quan trọng để xác định các chỉ số thực vật của thảm thực vật, phục vụ đánh giá cấu trúc, biến động của thảm thực vật đó theo các giai đoạn, các thời kỳ sinh trưởng và phát triển. Dựa trên những dữ liệu thu được từ việc bay chụp bằng UAV tại khu vực rừng kín thường xanh tại KBTTN Kon Chư Răng, đã xác định và đánh giá các khoảng giá trị của 5 chỉ số thực vật tại đây bao gồm: NDVI, GNDVI, SAVI, EVI và GCI. Kết quả chỉ ra rằng các khoảng giá trị của từng chỉ số đều ở mức cao, tương đương với kiểu rừng kín lá rộng thường xanh giàu và trung bình của khu vực Tây Nguyên.

- Các chỉ số đã được xác định có tính tương quan cao tại từng địa điểm (hệ số tương quan đạt $\geq 0,74$). Theo đó, đối với dữ liệu ảnh từ UAV có độ phân giải cao, khi cần đánh giá sức khỏe của thảm thực vật, chỉ cần sử dụng chỉ số NDVI để xác định sự tăng trưởng và phát triển của thảm thực vật là đủ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Hunt Jr. E., Doraiswamy P. C., McMurtrey J. E., Daughtry C. S. T., Perry E. M., Akhmedov B., *A visible band index for remote sensing leaf Chlorophyll content at the Canopy Scale*, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2013, **21**:103-112.
2. Csillik O., Kumar P., Asner G., *Challenges in estimating tropical forest canopy height from planet dove imagery*, Remote Sensing, 2020, **12**:1160.
3. Huete A., Didan K., Miura T., Rodriguez E., Gao X., Ferreira L. G., *Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices*, Remote Sensing of Environment, 2002, **83**:195-213.
4. Nguyen Dang Hoi, Ngo Trung Dung, *Seasonal dynamics of tropical forest vegetation in Ngoc Linh Nature Reserve, Vietnam based on UAV data*, Forest and Society, 2021, **5**(2):376-389.
5. Yaney-Keller A., Tomillo P., Marshall J., Paladino F., *Using Unmanned Aerial Systems (UAS) to assay mangrove estuaries on the Pacific coast of Costa Rica*, PLOS ONE, 2019, **14**:e0217310.
6. Gupta S., Syed Md. A., Hasan Md. M., Faroque M. Al., Jannat M., Munira S., Meem M. M., *Potentials of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) in mangrove forest management*, Conference: Tailor Made Training (Capacity Building for RS and GIS Researchers on the use of UAV images and its applications in food security, mangrove and forest), 2018.
7. Ballari D., Orellana D., Acosta E., Espinoza M., Morocho V., *UAV monitoring for enviromental management in Galapagos Islands*, ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2016, **XLI-B1**:1105-1111.
8. Tian J., Wang L., Li X., Gong H., Shi M., Zhong R., Liu X., *Comparison of UAV and WorldView-2 imagery for mapping leaf area index of mangrove forest*, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2017, **61**:22-31.
9. Lazaro J. M., Patrick A. N., Richard D. A., Hamza K. K., *Comparative assessment of UAV and Sentinel-2 NDVI and GNDVI for preliminary diagnosis of habitat conditions in burunge wildlife management Area, Tanzania*, Earth, 2022, **3**:769-787.
10. Phạm Tiến Dũng, Nguyễn Huy Hoàng, Trần Thị Mai Sen, Nguyễn Thị Xuân Thắng, *Ứng dụng công nghệ bay không người lái để quản lý rừng ngập mặn, nghiên cứu cụ thể tại Vườn Quốc gia Xuân Thủy, Nam Định*, 2020, Tạp chí Khoa học kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường, 2020, **3**(68):59-66.
11. Dung Ngo Trung, Hoi Nguyen Dang, Cuong Dang Hung, Sergey Kolesnikov, *UAV application for assessing rainforest structure in Ngoc Linh nature reserve, Vietnam*, E3S Web of Conferences, 2020, **203**:03006.

12. Tucker C. J., *Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation*, Remote Sensing of Environment, 1979, **8**(2):127-150.
13. Özyavuz M., Bilgili C., Salıcı A., *Determination of vegetation changes with NDVI method*, Journal of Environmental Protection and Ecology, 2015, **16**:264-273.
14. Phùng Văn Khoa, Nguyễn Quốc Hiệu, Nguyễn Thị Thanh An, Phí Đăng Sơn, Phạm Văn Duẩn, *Sử dụng chỉ số thực vật khác biệt chuẩn hóa (NDVI) để xác định nhanh một số trạng thái rừng ở khu vực Tây Nguyên, Việt Nam*, Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp, 2019, **5**:81-89.
15. Abdul-Lateef Balogun, Shamsudeen Yekeen, Biswajeet Pradhan, Omar Al-Thuwaynee, *Spatio-Temporal analysis of oil spill impact and recovery pattern of coastal vegetation and wetland using multispectral satellite landsat 8-OLI imagery and machine learning models*, Remote Sensing, 2020, **12**:1225.
16. Abdurahmanov I., *Assessment of NDVI and SAVI vegetation indices potential to monitor grazing impact in a rangeland ecosystem*, Geoinformatics International, 2016, **12**:9-15.
17. Sari N. M., Rokhmatuloh, Manessa M. D. M., *Sentinel-2 image based analysis of spatiotemporal variation of vegetation quality in Majalengka regency, Indonesia*, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2022, **1030**:012013.
18. Souza B. S., Cantalice W. L. B. C., Braga C. C., Silva M. T., Silva E. A., *Response of the EVI vegetation index to precipitation anomalies in the state of Paraíba Journal of Hyperspectral remote sensing*, Journal of Hyperspectral Remote Sensing, 2022, **12**:10-19.
19. Vani V., Mandla V. R., *Comparative study of NDVI and SAVI vegetation indices in Anantapur district semi-arid areas*, International Journal of Civil Engineering and Technology, 2017, **8**(4):559-566.

SUMMARY

DETERMINATION OF SOME TYPES OF VEGETATION INDICATORS FOR FOREST ECOLOGY IN KON CHU RANG NATURE RESERVE BY MULTI-SPECTRAL UAV PHOTO DATA

Vegetation indicators based on remote sensing imaging material is an important criterion in assessing the health, structure and stability of vegetation. In remote sensing images, images obtained from unmanned aerial vehicles (UAVs) have many advantages, such as high resolution, proactive flight time, and minimizing atmospheric impacts, which are important sources of material in assessing the structure of forest vegetation. In particular, the development of UAV-mounted cameras is improving, enhancing the spectral ranges so that researchers can identify a variety of plant indicators. In this study, the Phantom 4 Multispectral UAV was used with 6 independent cameras attached, including 5 monochrome wave ranges, including blue (Rb): 450 ± 16 nm, green (Rg): 560 ± 16 nm, red (Rr): 650 ± 16

nm, red edge (Rre): 730 ± 16 nm, and near-infrared (Rnir): 840 ± 26 nm, which allowed us to identify most vegetation indicators in the forest area. The results analysed 5 types of vegetation indicators, including NDVI, GNDVI, SAVI, EVI and GCI, for forests in the study area. Indicators indicate that the forest vegetation here is stable, the canopy layer has high coverage, belongs to medium and rich forest types in the Central Highlands region. In addition, analysis of the correlation between vegetation index forms at 30 points in the study area has shown that the image obtained from the UAV has great advantages when applied to the identification of plant indicators, with high similarity, limiting the influence from the atmosphere (the correlation coefficient reaches ≥ 0.74). This is an important basis for expanding the application of UAVs in forest ecology research, identifying their structure and fluctuations over periods, as the basis for the planning and conservation and sustainable development of forest resources.

Keywords: *Index vegetation, NDVI, UAV, Near-infrared (NIR), Phantom 4M, chỉ số thực vật.*

Nhận bài ngày 31 tháng 7 năm 2022

Phản biện xong ngày 03 tháng 10 năm 2022

Hoàn thiện ngày 31 tháng 10 năm 2022

⁽¹⁾ *Viện Sinh thái nhiệt đới, Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga*

⁽²⁾ *Viện Điều tra, Quy hoạch rừng, Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn*

⁽³⁾ *Khoa Địa lý, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG Hà Nội*

Liên hệ: Ngô Trung Dũng

Viện Sinh thái nhiệt đới, Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga

63 Nguyễn Văn Huyền, Nghĩa Đô, Cầu Giấy, Hà Nội

Điện thoại: 0936.332201; Email: ngotrongdung266@gmail.com