

ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ VIỄN THÁM VÀ GIS NGHIÊN CỨU BIẾN ĐỘNG LỚP PHỦ THỰC VẬT PHỤC VỤ ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP BỀN VỮNG CHO KHU VỰC THỦY ĐIỆN BẢN VỄ, TỈNH NGHỆ AN TRONG BỐI CẢNH BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU

Phạm Thị Hà¹, Nguyễn Văn Viên²,

Nguyễn Văn Khánh³, Lê Thị Linh Thương¹, Nguyễn Quang Thi⁴

¹ Viện Nông nghiệp và Tài nguyên, Trường Đại học Vinh

² Viện Khoa học Môi trường và Nông nghiệp xanh

³ Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Thành phố Hồ Chí Minh

⁴ Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Thái Nguyên

*Email: phamha6868@gmail.com

TÓM TẮT

Nghiên cứu này ứng dụng công nghệ viễn thám (RS) và Hệ thống thông tin địa lý (GIS) để đánh giá biến động lớp phủ thực vật tại khu vực thủy điện Bản Vẽ, tỉnh Nghệ An. Dữ liệu sử dụng gồm ảnh SPOT 5 và Sentinel-2 với độ phân giải 10 m. Kết quả phân loại lớp phủ thực vật gồm 3 nhóm: Đất khác, rừng trung bình và rừng giàu, với độ chính xác tổng thể $> 83\%$ và hệ số Kappa $> 0,7$. Trong 20 năm, diện tích rừng giàu giảm từ 893,96 km² xuống 710,99 km² ($\sim 19,4\%$), trong khi rừng trung bình tăng từ 38,03 km² lên 179,86 km², chủ yếu do suy giảm chất lượng rừng giàu. Diện tích đất khác tăng từ 11,33 km² lên 52,47 km², phản ánh tác động của hoạt động nhân sinh, bao gồm: Xây dựng và vận hành thủy điện. Phân tích biến động không gian cho thấy các thay đổi mạnh tập trung quanh lòng hồ và các khu vực khai thác rừng. Nghiên cứu đề xuất các giải pháp quản lý bền vững, bao gồm: Bảo vệ và phục hồi rừng giàu, trồng rừng bản địa, áp dụng quản lý rừng cộng đồng, hạn chế mở rộng đất sản xuất vào rừng, phát triển sinh kế bền vững và thích ứng biến đổi khí hậu thông qua trồng rừng phòng hộ và hệ thống cảnh báo thiên tai. Kết quả nghiên cứu cung cấp cơ sở khoa học để lập kế hoạch bảo tồn rừng, quản lý tài nguyên đầu nguồn và giảm thiểu rủi ro thiên tai trong bối cảnh biến đổi khí hậu.

Từ khóa: Biến động, lớp phủ thực vật, RS, GIS, thủy điện Bản Vẽ.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Lớp phủ thực vật đóng vai trò quan trọng trong việc duy trì cân bằng sinh thái, bảo vệ đất, điều hòa khí hậu và bảo tồn đa dạng sinh học. Đặc biệt tại các khu vực đầu nguồn, lớp phủ thực vật có ý nghĩa lớn đối với việc bảo vệ nguồn nước, giảm xói mòn đất và hạn chế các tác động tiêu cực của thiên tai như lũ lụt, sạt lở, xói mòn đất. Tuy nhiên, dưới tác động của quá trình phát triển kinh tế - xã hội, khai thác tài nguyên thiên nhiên và ảnh hưởng ngày càng rõ rệt của biến đổi khí hậu, lớp phủ thực vật ở nhiều khu vực đang có xu hướng suy giảm và biến đổi mạnh mẽ.

Trên thế giới, việc ứng dụng công nghệ viễn thám và Hệ thống thông tin địa lý (GIS) đã được sử dụng rộng rãi trong nghiên cứu biến động lớp phủ thực vật, từ đó kịp thời đưa ra giải pháp khắc phục khi lớp phủ thực vật suy giảm. Công nghệ viễn thám cho phép thu

thập dữ liệu trên diện rộng, liên tục theo thời gian, kết hợp với GIS giúp tích hợp, quản lý và phân tích dữ liệu không gian một cách hiệu quả nhất. Nhiều nghiên cứu trên thế giới đã chứng minh rằng, dữ liệu ảnh vệ tinh kết hợp với GIS là công cụ hiệu quả để giám sát biến động lớp phủ thực vật. Theo Coppin và Bauer (1996) [1], viễn thám là phương pháp hữu hiệu trong việc phát hiện và theo dõi sự thay đổi của lớp phủ thực vật theo thời gian; ảnh viễn thám đa thời gian cho phép phát hiện các thay đổi về diện tích, cấu trúc thảm thực vật và mức độ suy thoái thực vật, từ đó hỗ trợ công tác quản lý và quy hoạch hiệu quả hơn. [1, 2]. Kết quả nghiên cứu của Lu và cs (2004) [3] cho rằng, việc kết hợp công nghệ viễn thám với GIS có thể giúp đánh giá chính xác các xu hướng biến động sử dụng đất và lớp phủ thực vật. Các chỉ số thực vật, đặc biệt là NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), thường được sử dụng để đánh giá mức độ phát triển

và mật độ, trạng thái sinh trưởng của thực vật thông qua dữ liệu viễn thám. Ngoài ra, các phương pháp phân loại ảnh hiện đại như Random Forest, Support Vector Machine (SVM) cũng được áp dụng nhằm nâng cao độ chính xác trong phân loại lớp phủ thực vật [4]. GIS đóng vai trò quan trọng trong việc quản lý và phân tích dữ liệu không gian thu được từ viễn thám. Thông qua các chức năng phân tích chồng lớp (overlay analysis), GIS cho phép tích hợp dữ liệu ảnh vệ tinh với các dữ liệu khác như địa hình, khí hậu, giao thông và dân cư để phân tích các yếu tố tác động đến biến động lớp phủ mặt đất. Một số nghiên cứu đã kết hợp dữ liệu NDVI với các lớp dữ liệu địa hình và sử dụng phần mềm GIS để xây dựng bản đồ lớp phủ mặt đất và đánh giá độ chính xác phân loại bằng ma trận sai số (confusion matrix). Kết quả cho thấy, việc kết hợp NDVI với thuật toán Random Forest và GIS giúp cải thiện đáng kể độ chính xác của bản đồ lớp phủ [5].

Trong những năm gần đây, công nghệ GIS và viễn thám (Remote Sensing – RS) đã được ứng dụng rộng rãi trong nghiên cứu biến động sử dụng đất và lớp phủ thực vật ở Việt Nam. Nhờ khả năng thu nhận dữ liệu trên diện rộng, liên tục theo thời gian và độ chính xác ngày càng cao, dữ liệu viễn thám kết hợp với GIS đã trở thành công cụ hiệu quả trong việc giám sát tài nguyên rừng. Nhiều nghiên cứu đã sử dụng ảnh vệ tinh Landsat, Sentinel, SPOT và các phương pháp phân loại ảnh để xây dựng bản đồ lớp phủ và đánh giá biến động lớp phủ thực vật theo thời gian. Một số nghiên cứu tiêu biểu cho thấy hiệu quả của phương pháp này trong đánh giá biến động lớp phủ thực vật ở nhiều vùng sinh thái khác nhau của Việt Nam. Nghiên cứu của Tôn Sơn và cs (2020) [6] đã sử dụng chuỗi ảnh Landsat kết hợp GIS để phân tích biến động rừng ngập mặn tại tỉnh Trà Vinh giai đoạn 1988 - 2018, qua đó xác định xu hướng thay đổi diện tích rừng dưới tác động của phát triển kinh tế - xã hội và biến đổi khí hậu. Nghiên cứu của Nguyễn Trung Đức và cs (2023) [7] đã ứng dụng dữ liệu viễn thám đa thời gian và công nghệ GIS để đánh giá biến động lớp phủ rừng tại vùng đệm Vườn Quốc gia Cát Tiên, cho thấy sự thay đổi đáng kể về diện tích rừng tự nhiên và đất nông nghiệp trong giai đoạn nghiên cứu.

Nhìn chung, các nghiên cứu trước đây đã chứng minh rằng, việc kết hợp công nghệ GIS và viễn thám là phương pháp hiệu quả trong việc theo dõi biến động lớp phủ thực vật, hỗ trợ quản lý tài nguyên rừng và xây dựng các giải pháp phát triển bền vững. Tuy nhiên, ở một số khu vực miền núi và khu vực thủy điện tại Việt Nam, các nghiên cứu về biến động lớp phủ thực vật vẫn còn hạn chế, đặc biệt là các nghiên cứu tích hợp phân tích không gian và đề xuất giải pháp quản lý bền vững. Do đó, việc ứng dụng công

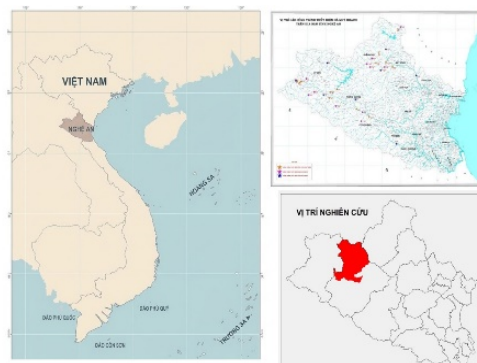
nghệ GIS và viễn thám để nghiên cứu biến động lớp phủ thực vật tại khu vực thủy điện Bản Vẽ, tỉnh Nghệ An là cần thiết, góp phần cung cấp cơ sở khoa học cho công tác quản lý tài nguyên và bảo vệ môi trường, giảm thiểu tác động của thiên tai trong bối cảnh biến đổi khí hậu hiện nay.

2. DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Khu vực nghiên cứu và dữ liệu

2.1.1. Khu vực nghiên cứu

Thủy điện Bản Vẽ là công trình lớn nhất Bắc miền Trung, được xây dựng trên dòng sông Nậm Non thuộc địa bàn xã Yên Na và các xã lân cận của huyện Tương Dương (cũ), tỉnh Nghệ An. Hồ chứa nước của nhà máy trải rộng qua 5 xã: Yên Na, Hữu Khuông, Mai Sơn, Nhôn Mai, Lượng Minh thuộc huyện Tương Dương (cũ), tỉnh Nghệ An, nay là 4 xã: Yên Na, Hữu Khuông, Nhôn Mai, Lượng Minh, tỉnh Nghệ An. Đây cũng là khu vực có hệ sinh thái rừng phong phú, giữ vai trò quan trọng trong việc bảo vệ lưu vực sông Cả và duy trì sự ổn định môi trường sinh thái. Tuy nhiên, trong những năm gần đây, khu vực này đã chịu nhiều tác động từ hoạt động khai thác rừng, chuyển đổi mục đích sử dụng đất, phát triển cơ sở hạ tầng cũng như ảnh hưởng của biến đổi khí hậu. Những yếu tố này đã dẫn đến sự biến động đáng kể của lớp phủ thực vật trong khu vực, gây lũ lụt xói mòn. Để thuận tiện cho việc nghiên cứu, đánh giá biến động lớp phủ thực vật, nghiên cứu đã lựa chọn khu vực thủy điện Bản Vẽ thuộc địa bàn 4 xã: Yên Na, Hữu Khuông, Nhôn Mai, Lượng Minh. Khu vực này bao gồm hồ thủy điện, đập và khu vực xung quanh với tổng diện tích xấp xỉ 943.33 km², được thể hiện trong hình 1.



Hình 1. Sơ đồ vị trí khu vực thủy điện Bản Vẽ, tỉnh Nghệ An

2.1.2. Dữ liệu nghiên cứu

- Bản đồ hiện trạng sử dụng đất và kết hợp với các bản đồ khác từ năm 2000 đến năm 2020 như: Bản đồ nền, bản đồ địa hình, bản đồ quy hoạch sử dụng đất được thành lập trên hệ tọa độ VN – 2000.

- Tài liệu về điều kiện tự nhiên, kinh tế - xã hội khu vực nghiên cứu.

- Dữ liệu ảnh vệ tinh được sử dụng trong nghiên cứu được thu thập trong giai đoạn 2000 - 2020, bao gồm các nguồn ảnh từ vệ tinh SPOT, Sentinel-2. Các ảnh được lựa chọn tương ứng với 3 mốc thời gian đại diện là năm 2000, 2010 (SPOT5) và 2020 (Sentinel-2), nhằm phục vụ phân tích nghiên cứu biến động lớp phủ mặt đất theo chuỗi thời gian năm 2000, 2010, 2020 (chu kỳ 10 năm). Năm 2000 và 2010 sử dụng ảnh SPOT 5 với độ phân giải không gian 10 m. Năm 2020 sử dụng ảnh Sentinel-2 với độ phân giải 10 m. Ảnh được lựa chọn vào thời điểm ít mây (mùa khô) nhằm đảm bảo chất lượng và độ chính xác phân tích.

- Thông tin, tư liệu từ việc điều tra thực tế tại địa phương.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Thu thập số liệu, tài liệu

Đây là một trong những phương pháp cơ bản và được sử dụng phổ biến trong nghiên cứu khoa học. Trong nghiên cứu này, các dữ liệu và thông tin liên quan đến khu vực thủy điện Bản Vẽ (tỉnh Nghệ An) được thu thập có chọn lọc từ nhiều nguồn khác nhau như: Tài liệu thống kê, báo cáo chuyên ngành, dữ liệu viễn thám... Các tài liệu được thu thập từ Sở Nông nghiệp và Môi trường tỉnh Nghệ An, Cục Viễn thám Quốc gia từ các năm 2000 đến năm 2020.

2.2.2. Phương pháp thống kê và xử lý số liệu

Sau khi thu thập, các thông tin được tiến hành kiểm tra, đánh giá độ tin cậy, loại bỏ những dữ liệu không phù hợp hoặc trùng lặp. Quá trình xử lý dữ liệu bao gồm: Chuẩn hóa định dạng, hệ tọa độ, phân loại thông tin và tích hợp vào hệ thống cơ sở dữ liệu GIS, tổng hợp phục vụ cho nghiên cứu.

2.2.3. Phương pháp viễn thám (RS)

Phương pháp viễn thám được sử dụng nhằm khai thác thông tin từ ảnh vệ tinh để thành lập bản đồ hiện trạng lớp phủ thực vật khu vực thủy điện Bản Vẽ các năm 2000, 2010, 2020. Dữ liệu ảnh viễn thám được sử dụng cho nghiên cứu bao gồm ảnh từ vệ tinh SPOT 5 cho các năm 2000 và 2010 và ảnh Sentinel-2 cho năm 2020, với độ phân giải không gian 10 m. Các ảnh này được hiệu chỉnh hình học và đưa về tọa độ VN 2000. Hệ thống mẫu giải đoán tiến hành phân loại từng năm sử dụng phương pháp phân loại theo xác suất cực đại để phân loại cho từng ảnh. Sau khi phân loại, sử dụng phương pháp phân loại theo xác suất cực đại, tiến hành cắt ảnh theo ranh giới, tách lọc, gộp lớp để có được kết quả cuối cùng. Xây dựng hệ thống chú giải nghiên cứu lớp phủ thực vật tập trung vào 3 loại hình gồm: (1) Đất khác; (2) Rừng trung bình; (3) Rừng giàu. Chỉ số Kappa (K) được sử dụng nhằm thống kê, kiểm tra và đánh giá sự phù hợp giữa những nguồn dữ

liệu khác nhau hoặc khi áp dụng các thuật toán khác nhau [8]. Cách xác định chỉ số Kappa được thể hiện như công thức: $K = (T - E) / (1 - E)$. Khi $K = 1$ thì độ chính xác phân loại là tuyệt đối. K càng nhỏ hơn 1 thì độ chính xác phân loại càng thấp.

2.2.4. Phương pháp GIS

GIS được sử dụng để xây dựng cơ sở dữ liệu không gian, chuẩn hóa, tích hợp và trình bày các lớp dữ liệu. Các kỹ thuật phân tích không gian GIS được áp dụng bao gồm: Chồng xếp bản đồ (overlay), phân tích biến động và phân tích phân bố không gian của các loại lớp phủ thực vật. Các lớp dữ liệu được tích hợp để xác định sự thay đổi về diện tích, cấu trúc và phân bố của lớp phủ thực vật theo thời gian [9]. Kết quả được thể hiện dưới dạng các bản đồ chuyên đề phục vụ đánh giá và đề xuất giải pháp quản lý bền vững.

Trong nghiên cứu này, phần mềm ArcGIS 10.8 được sử dụng để biên tập và thành lập các bản đồ hiện trạng lớp phủ thực vật từ dữ liệu ảnh viễn thám đã được phân loại (Hình 2). Các bản đồ được chuẩn hóa về hệ tọa độ và độ phân giải nhằm đảm bảo tính đồng nhất trong phân tích. Tiếp theo, tiến hành chồng xếp (overlay) các bản đồ hiện trạng của các giai đoạn 2000 - 2010 và 2010 - 2020 để xây dựng các bản đồ biến động lớp phủ thực vật tương ứng (Hình 2). Trên cơ sở đó, nghiên cứu thực hiện thống kê diện tích biến động, xác định xu hướng chuyển đổi giữa các loại lớp phủ, đồng thời phân tích không gian các khu vực có biến động mạnh. Kết quả phân tích là cơ sở để đánh giá xu hướng biến động lớp phủ thực vật trong khu vực nghiên cứu, phục vụ dự báo biến động trong tương lai và đề xuất các giải pháp phát triển lớp phủ thực vật theo hướng bền vững, góp phần bảo vệ môi trường, giảm thiểu tác động của thiên tai và thích ứng với biến đổi khí hậu.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Thành lập bản đồ hiện trạng lớp phủ thực vật khu vực thủy điện Bản Vẽ

Bản đồ hiện trạng lớp phủ thực vật khu vực thủy điện Bản Vẽ được xây dựng dựa trên dữ liệu ảnh viễn thám đa thời gian, bao gồm ảnh SPOT 5 (các năm 2000, 2010) và Sentinel-2 (năm 2020), kết hợp với các kỹ thuật xử lý ảnh, được tiến hành trên phần mềm ENVI 5.3. Trong nghiên cứu này, hệ thống phân loại lớp phủ thực vật được chia thành 3 nhóm chính, bao gồm: Đất khác, rừng trung bình và rừng giàu. Trong đó, lớp đất khác bao gồm: Đất trống, đất nông nghiệp, khu dân cư và mặt nước; lớp rừng trung bình là các khu vực rừng có độ tán che và mật độ sinh khối ở mức trung bình; lớp rừng giàu là các khu vực rừng có độ che phủ cao, cấu trúc tầng tán ổn định và sinh khối lớn. Sử dụng phương pháp xác suất cực đại

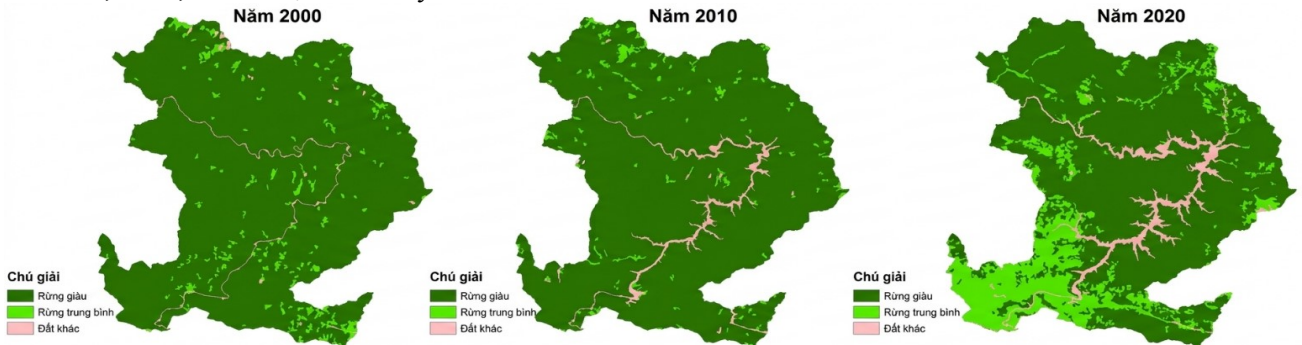
(Maximum Likelihood - MLC) để phân loại ảnh vệ tinh. Độ chính xác của kết quả phân loại được đánh giá thông qua ma trận sai số và hệ số Kappa. Kết quả cho thấy, các kết quả phân loại ảnh các năm 2000,

2010, 2020 đều có độ chính xác tổng thể đạt trên 83% và hệ số Kappa lớn hơn 0,7 (Bảng 1), phản ánh mức độ tin cậy cao của kết quả phân loại ảnh vệ tinh.

Bảng 1. Kết quả đánh giá độ chính xác phân loại ảnh

Năm	Loại ảnh	Độ chính xác tổng thể (%)	Hệ số Kappa (K)
2000	SPOT5	83,2	0,74
2010	SPOT5	85,0	0,77
2020	Sentinel-2	89,3	0,85

Kết quả phân loại hiện trạng lớp phủ mặt đất các năm 2000, 2010, 2020 được trình bày ở hình 2.



Hình 2. Kết quả phân loại hiện trạng lớp phủ khu vực thủy điện Bản Vẽ năm 2000, 2010 và 2020

Diện tích hiện trạng lớp phủ các khu vực nghiên cứu các năm 2000, 2010 và 2020 được thống kê ở bảng 3, 4.

Bảng 3. Thống kê diện tích lớp phủ thực vật khu vực thủy điện Bản Vẽ năm 2000, 2010, 2020

Đơn vị: Km²

TT	Lớp phủ	Năm 2000	Năm 2010	Năm 2020
1	Đất khác	11,33	28,81	52,47
2	Rừng trung bình	38,03	25,21	179,86
3	Rừng giàu	893,96	889,31	710,99
	Tổng	943,33	943,33	943,33

Nguồn. Kết quả phân loại ảnh vệ tinh

Bảng 4. Tỷ lệ (%) diện tích lớp phủ thực vật khu vực thủy điện Bản Vẽ năm 2000, 2010, 2020

Đơn vị: %

TT	Lớp phủ	Năm 2000	Năm 2010	Năm 2020
1	Đất khác	1,20	3,05	5,56
2	Rừng trung bình	4,03	2,67	19,07
3	Rừng giàu	94,77	94,27	75,37
	Tổng	100,00	100,00	100,00

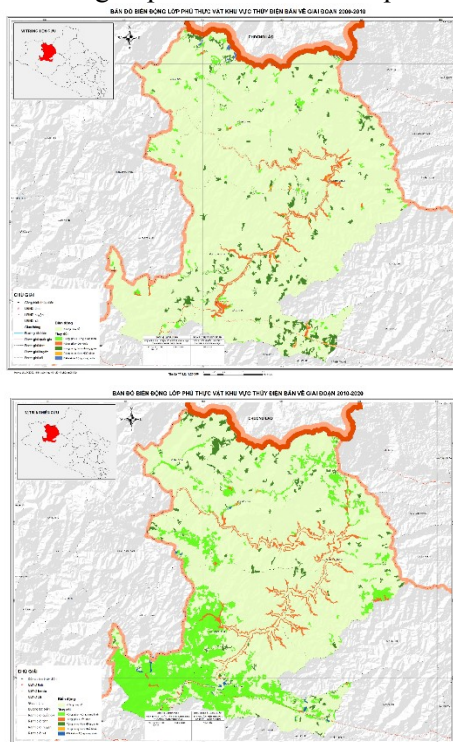
Bảng 3 và 4 cung cấp một cái nhìn tổng quan về sự thay đổi của lớp phủ thực vật của khu vực thủy điện Bản Vẽ trong 3 thời điểm khác nhau: Năm 2000, 2010 và 2020. Trong 20 năm, từ năm 2000 đến năm 2020, diện tích lớp phủ thực vật trong khu vực thủy điện Bản vẽ đã có sự biến động đáng kể, diện tích rừng giàu giảm đi rõ rệt (từ 94,77%

xuống còn 75,37%).

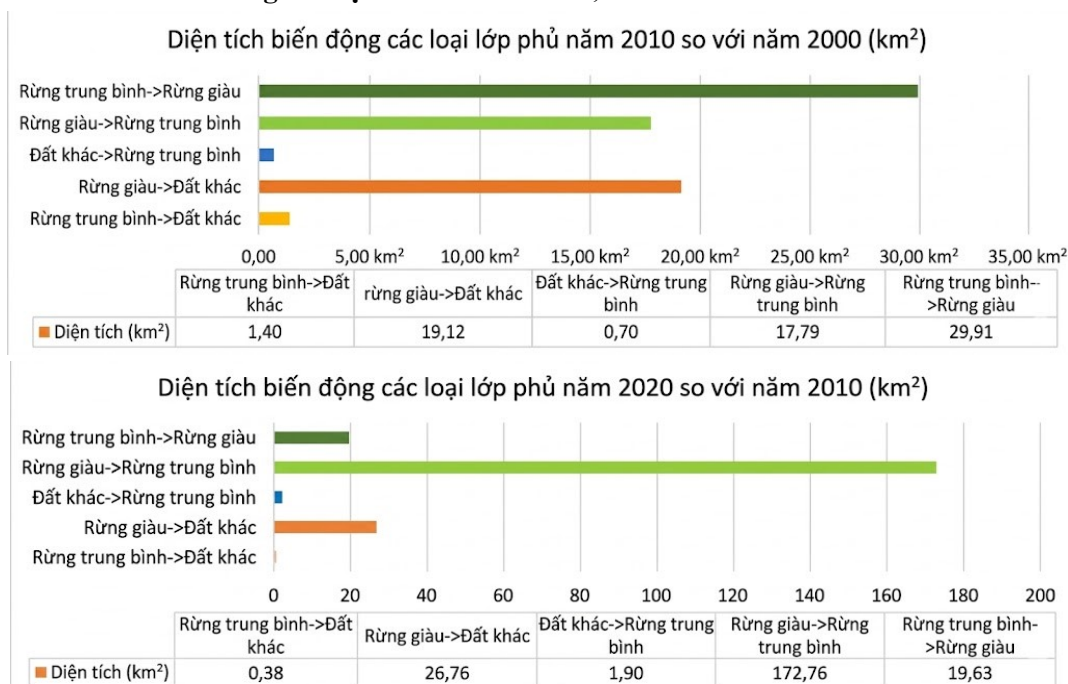
3.2. Thành lập bản đồ biến động và đánh giá biến động lớp phủ thực vật khu vực thủy điện Bản Vẽ

Để đánh giá rõ hơn về diện tích và vị trí biến động của các loại lớp phủ trong khu vực này, hai bản

đồ biến động đã được lập theo hai giai đoạn năm 2000 - 2010 và năm 2010 - 2020 bằng cách chồng xếp bản đồ hiện trạng lớp phủ thực vật các năm 2000, 2010, 2020. Kết quả được bản đồ biến động như hình 3.



Hình 3. Bản đồ biến động lớp phủ thực vật khu vực thủy điện Bản Vẽ giai đoạn năm 2000 - 2010, năm 2010 - 2020



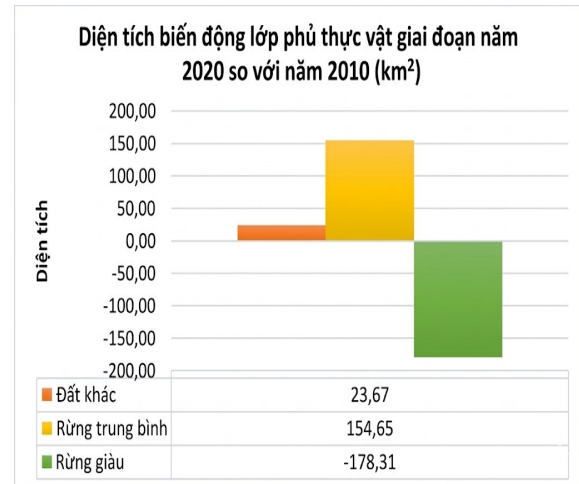
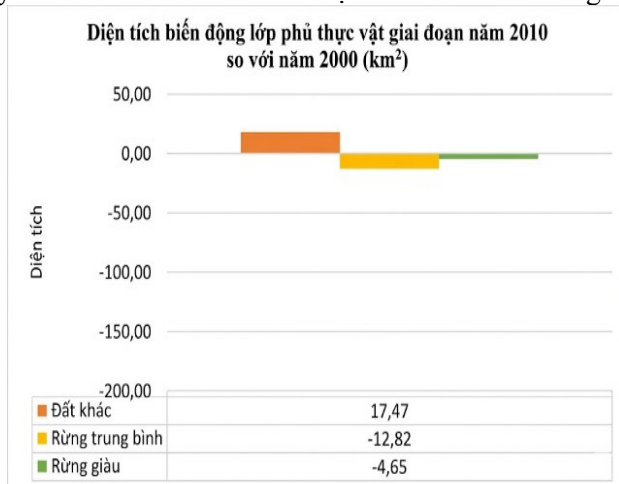
Hình 4. Diện tích chuyển đổi khu vực thủy điện Bản Vẽ theo từng loại lớp phủ từ năm 2000 đến 2010, 2010 đến 2020

Bản đồ ở hình 4 cho thấy, việc xây dựng và vận hành thủy điện đã làm mất một số diện tích rừng do nước tích tụ trong hồ thủy điện, chủ yếu ở khu vực dọc theo hồ. Thống kê về diện tích chuyển đổi giữa các loại lớp phủ từ năm 2000 đến năm 2020 được thể

hiện ở hình 4. Từ năm 2000 đến năm 2010, diện tích rừng giàu đã tăng thêm 29,91 km² do chuyển từ rừng trung bình. Tuy nhiên, lại có gần 37 km² rừng giàu (19,12 và 17,79 km²) bị chuyển đổi thành đất khác và rừng trung bình. Do đó, diện tích rừng trung bình

được tăng thêm 17,79 km² từ rừng giàu, cộng thêm 0,7 km² từ đất khác, nhưng lại giảm đi 1,4 km² khi chuyển đổi thành đất khác. Diện tích đất khác tăng

đáng kể, với 19,12 km² và 1,4 km² chuyển từ rừng giàu và rừng trung bình



Hình 5. Diện tích biến động theo từng loại lớp phủ khu vực thủy điện Bản Vẽ từ năm 2000 đến năm 2010, 2010, 2020

Tính trên toàn khu vực thủy điện, diện tích đất khác tăng 17,47 km² trong giai đoạn từ năm 2000 đến năm 2010. Trong khi đó, cả hai loại rừng đều giảm diện tích phủ đất. Diện tích rừng trung bình giảm 12,82 km², trong khi diện tích rừng giàu giảm 4,65 km². Tổng thể, dữ liệu cho thấy rằng, bên cạnh việc thay đổi diện tích và chất lượng do công tác khai thác, bảo vệ, phát triển và trồng thêm rừng thì việc xây dựng và vận hành công trình thủy điện góp phần thay đổi diện tích lớp phủ.

Từ năm 2010 đến năm 2020, khi thủy điện đã được vận hành ổn định, diện tích lòng hồ thủy điện tiếp tục được mở rộng, dọc theo hồ thủy điện. Hình 4 và 5 cho thấy các diện tích chuyển đổi và biến động trong thời gian này. Đến năm 2020, diện tích của lớp phủ rừng trung bình đã tăng đáng kể, với sự chuyển đổi từ lớp phủ rừng giàu (+172,76 km²) trong suốt 10 năm. Điều này cảnh báo rằng, tuy diện tích rừng trung bình tăng lên nhưng chủ yếu là do sự suy giảm chất lượng của rừng giàu. Trong khi đó, lớp phủ rừng giàu chỉ được bổ sung thêm 19,6 km² do lớp phủ rừng trung bình phát triển lên. Đồng thời, đất khác đã tăng lên, chủ yếu được hình thành từ sự chuyển đổi của lớp phủ rừng giàu (+26,75 km²) và rừng trung bình (+0,38 km²). Diện tích này chủ yếu nằm dọc theo lòng hồ thủy điện, do sự mở rộng của hồ.

Tóm lại, trong thời gian từ năm 2010 đến năm 2020, diện tích đất khác tăng đáng kể trên toàn khu vực, với sự tăng thêm 23,67 km². Trong khi đó, diện tích rừng trung bình tăng đáng kể với 154,65 km², nhưng chỉ từ rừng giàu suy giảm chất lượng. Nguyên nhân do quá trình phát triển kinh tế - xã hội trong khu vực: Khai thác rừng, công tác bảo vệ, phát triển và trồng rừng mới. Việc phát triển thủy điện cũng góp

phần giảm một số diện tích rừng (0,47 - 0,52%). Xu thế biến động của các loại lớp phủ theo các năm và theo các khu vực được thể hiện ở hình 6.



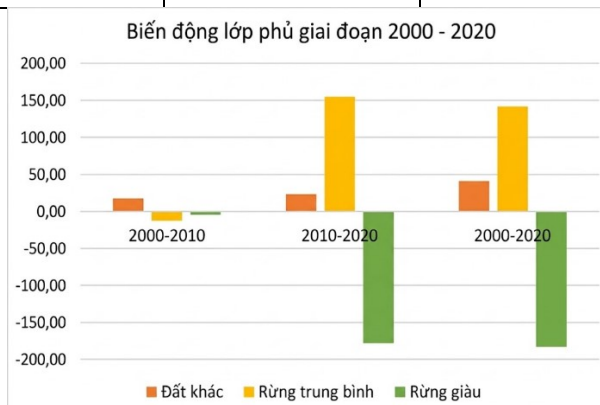
Hình 6. Diện tích lớp phủ thực vật khu vực thủy điện Bản Vẽ giai đoạn 2000 - 2010 - 2020 theo từng loại lớp phủ (đơn vị: Km²)

Trong giai đoạn từ năm 2000 đến năm 2020, diện tích đất khác tăng lên đáng kể, tăng từ 11,33 km² vào năm 2000 lên 28,81 km² vào năm 2010 và tiếp tục tăng lên 52,47 km² vào năm 2020. Diện tích rừng trung bình ban đầu vào năm 2000 là 38,03 km². Tuy nhiên, giảm xuống 25,21 km² vào năm 2010 và tăng lên đáng kể đến 179,86 km² vào năm 2020. Diện tích rừng giàu ban đầu vào năm 2000 là rất lớn, từ 893,96 km² giảm xuống còn 889,31 km² vào năm 2010 và tiếp tục giảm mạnh xuống còn 710,99 km² vào năm 2020. Sự giảm diện tích rừng giàu có thể được giải thích bởi sự phát triển kinh tế, chuyển đổi mục đích sử dụng đất để phục vụ sản xuất và đời sống con người. Sự tăng trưởng của rừng trung bình vào giai đoạn 2010 - 2020 do việc tiến hành các chương trình trồng

rừng, bảo vệ môi trường, tăng cường quản lý và sử dụng bền vững các nguồn tài nguyên rừng.

Bảng 5. Thống kê biến động diện tích lớp phủ thực vật khu vực thủy điện Bản Vẽ giai đoạn 2000 - 2020 (đơn vị: Km²)

TT	Lớp phủ	Giai đoạn 2000 - 2010	Giai đoạn 2010 - 2020	Giai đoạn 2000 - 2020
1	Đất khác	17,47	23,67	41,14
2	Rừng trung bình	-12,82	154,65	141,83
3	Rừng giàu	-4,65	-178,31	-182,97



Hình 7. Biến động diện tích lớp phủ thực vật khu vực thủy điện Bản Vẽ giai đoạn 2000 - 2010 - 2020 (đơn vị: km²)

Tổng quan từ năm 2000 đến năm 2020, diện tích đất khác đã tăng thêm 41,14 km². Trong khi đó, diện tích lớp phủ rừng trung bình tăng lên 141,83 km², nhưng diện tích lớp phủ rừng giàu đã giảm 182,97 km². Có thể nhận thấy, từ năm 2010 đến năm 2020, khi công trình thủy điện Bản Vẽ đi vào hoạt động, các loại rừng đã có sự biến động mạnh mẽ hơn so với giai đoạn từ năm 2000 đến năm 2010, là giai đoạn công trình thủy điện đang được xây dựng. Kết quả cho thấy, diện tích lớp phủ đất khác tăng thêm trong suốt giai đoạn từ năm 2000 đến năm 2020, nhưng diện tích lớp phủ rừng giàu đã giảm đi tương đối trong cùng thời gian đó.

3.3. Thảo luận và đề xuất giải pháp

Kết quả nghiên cứu cho thấy, khu vực thủy điện Bản Vẽ có diện tích rừng giàu giảm mạnh từ 893,96 km² (năm 2000) xuống còn 710,99 km² (năm 2020), tương ứng giảm khoảng 182,97 km² (~19,4%). Ngược lại, rừng trung bình tăng đột biến, đặc biệt giai đoạn 2010 - 2020 (tăng từ 25,21 lên 179,86 km²), cho thấy xu hướng suy giảm chất lượng rừng giàu chuyển sang rừng trung bình. Diện tích đất khác tăng liên tục từ 11,33 km² lên 52,47 km², phản ánh tác động của hoạt động nhân sinh (xây dựng thủy điện, mở rộng đất sản xuất, hạ tầng...). Về tỷ lệ, rừng giàu vẫn chiếm ưu thế nhưng giảm từ 94,77% xuống 75,37%, trong khi rừng trung bình tăng mạnh lên 19,07% vào năm 2020. Xu thế này phản ánh quá trình suy thoái rừng diễn ra theo chuỗi chuyển đổi từ rừng giàu sang rừng trung bình và

cuối cùng là đất khác. Xu thế này phù hợp với quy luật suy thoái rừng đã được ghi nhận rộng rãi trong các nghiên cứu về biến động lớp phủ tại khu vực nhiệt đới, nơi chịu tác động mạnh của hoạt động nhân sinh và biến đổi khí hậu.

Kết quả nghiên cứu của Nguyen và cs (2025) [5] chỉ ra rằng, suy giảm rừng tự nhiên chủ yếu liên quan đến phát triển hạ tầng, chuyển đổi mục đích sử dụng đất và khai thác tài nguyên không bền vững. Tương tự, nghiên cứu của Hansen và cs (2013) [10] sử dụng dữ liệu viễn thám toàn cầu cũng khẳng định rằng, mất rừng ở các quốc gia nhiệt đới thường diễn ra theo chuỗi: Rừng nguyên sinh - rừng suy thoái - đất trống hoặc đất nông nghiệp. Sự gia tăng diện tích rừng trung bình trong nghiên cứu này (đặc biệt giai đoạn 2010 - 2020) phản ánh quá trình suy thoái cấu trúc rừng, trong đó rừng giàu bị khai thác chọn lọc hoặc chịu tác động gián tiếp (cháy rừng, xâm lấn, khai thác lâm sản). Kết quả này tương đồng với kết quả nghiên cứu tại khu vực Đông Nam Á do FAO (Food and Agriculture Organization) công bố, cho thấy diện tích rừng không giảm mạnh nhưng chất lượng rừng suy giảm đáng kể [11]. Ngoài ra, việc gia tăng diện tích đất khác tại khu vực nghiên cứu có mối liên hệ rõ ràng với quá trình xây dựng và vận hành công trình thủy điện, tương tự kết quả nghiên cứu về tác động của hồ chứa tại lưu vực sông Mekong. Các dự án thủy điện lớn thường gây biến đổi mạnh về sử dụng đất, làm mất rừng [12].

Trong bối cảnh biến đổi khí hậu, các yếu tố cực đoan như: Mưa lớn, lũ quét và sạt lở đất gia tăng đã làm trầm trọng hơn quá trình suy thoái rừng. Điều này phù hợp với các kết luận của IPCC (2023) [13], nhấn mạnh rằng, hệ sinh thái rừng nhiệt đới đang chịu áp lực kép từ biến đổi khí hậu và hoạt động của con người. Như vậy, kết quả nghiên cứu không chỉ phản ánh xu thế biến động lớp phủ thực vật tại khu vực thủy điện Bản Vẽ mà còn phù hợp với bối cảnh chung của Việt Nam và thế giới. Việc suy giảm diện tích và chất lượng lớp phủ thực vật không chỉ ảnh hưởng đến đa dạng sinh học mà còn làm giảm khả năng phòng hộ đầu nguồn, gia tăng nguy cơ thiên tai, đặc biệt tại khu vực hồ chứa thủy điện Bản Vẽ. Dựa trên kết quả nghiên cứu và tham khảo các mô hình quản lý rừng bền vững trong nước và quốc tế, một số giải pháp chính được đề xuất như sau:

- Giải pháp quản lý và bảo vệ rừng: Cần tăng cường kiểm soát khai thác rừng tự nhiên, đặc biệt là rừng giàu. Ứng dụng công nghệ viễn thám và GIS trong giám sát biến động rừng theo thời gian thực. Áp dụng mô hình quản lý rừng cộng đồng, nơi người dân địa phương tham gia vào trồng rừng, giám sát, bảo vệ và khai thác bền vững, đã được chứng minh hiệu quả ở các vùng núi Việt Nam và Đông Nam Á [14].

- Giải pháp phục hồi và nâng cao chất lượng rừng: Khoanh nuôi xúc tiến tái sinh tự nhiên đối với rừng trung bình, khuyến khích phục hồi trở lại rừng giàu [14]. Trồng rừng phục hồi bằng các loài bản địa có giá trị sinh thái cao, phù hợp với đặc trưng vùng núi và hồ thủy điện. Áp dụng mô hình phục hồi rừng gần tự nhiên (close-to-nature forestry), nhằm tăng đa dạng sinh học và nâng cao khả năng chống chịu với biến đổi khí hậu [11].

- Giải pháp giảm áp lực từ hoạt động nhân sinh: Quy hoạch sử dụng đất hợp lý, hạn chế mở rộng đất sản xuất vào khu vực rừng giàu và rừng trung bình. Kiểm soát chặt chẽ các hoạt động xây dựng và vận hành thủy điện, tránh xâm lấn khu rừng tự nhiên và làm phân mảnh môi trường sống. Phát triển sinh kế bền vững cho cộng đồng địa phương, như mô hình nông - lâm kết hợp, du lịch sinh thái và sản xuất nông nghiệp thân thiện với rừng [15].

- Giải pháp thích ứng với biến đổi khí hậu: Trồng rừng phòng hộ đầu nguồn nhằm giảm nguy cơ lũ quét, sạt lở đất và cải thiện cân bằng thủy văn. Xây dựng hệ thống cảnh báo sớm thiên tai tại khu vực hồ chứa và các khu vực xung yếu. Lồng ghép quản lý rừng với chương trình thích ứng biến đổi khí hậu cấp địa phương, bảo đảm đồng bộ với kế hoạch bảo vệ đầu nguồn và giảm thiểu rủi ro thiên tai [13].

- Giải pháp chính sách và khoa học công nghệ: Hoàn thiện cơ chế chi trả dịch vụ môi trường rừng

(PFES), khuyến khích cộng đồng tham gia bảo vệ và phục hồi rừng [5]. Tăng cường nghiên cứu ứng dụng RS và GIS trong dự báo biến động rừng và lập kế hoạch phục hồi bền vững. Hợp tác quốc tế trong quản lý rừng bền vững và thích ứng biến đổi khí hậu, tham khảo mô hình thành công tại Đông Nam Á và các quốc gia nhiệt đới khác.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã ứng dụng RS và GIS để đánh giá biến động lớp phủ thực vật khu vực thủy điện Bản Vẽ giai đoạn 2000 - 2020, cho thấy xu hướng suy giảm rõ rệt về chất lượng rừng. Diện tích rừng giàu giảm mạnh 182,97 km² (~19,4%), trong khi rừng trung bình tăng nhanh từ 25,21 km² lên 179,86 km² và đất khác tăng từ 11,33 km² lên 52,47 km². Tỷ lệ rừng giàu giảm từ 94,77% xuống 75,37%, phản ánh quá trình suy thoái theo chuỗi: Rừng giàu - rừng trung bình - đất khác. Nguyên nhân chính đến từ tác động của hoạt động nhân sinh (đặc biệt là thủy điện) kết hợp với biến đổi khí hậu. Sự suy giảm này làm suy yếu chức năng phòng hộ, gia tăng rủi ro thiên tai và ảnh hưởng đến đa dạng sinh học. Kết quả nghiên cứu cung cấp cơ sở khoa học cho quản lý tài nguyên, đồng thời nhấn mạnh sự cần thiết của các giải pháp đồng bộ về bảo vệ, phục hồi rừng và ứng dụng công nghệ trong giám sát, hướng tới phát triển bền vững khu vực nghiên cứu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Coppin, P. & Bauer, M. E. (1996). Digital change detection in forest ecosystems with remote sensing imagery. *Remote Sensing Reviews*, 13(3-4), 207-234.
2. Gyamfi-Ampadu, E., Gebreslasie, M (2021). Two decades progress on the application of remote sensing for monitoring tropical and sub-tropical natural forests: A review. *Forests*, 12, 739.
3. Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E. & Moran, E. (2004). Change detection techniques. *International Journal of Remote Sensing*, 25(12): 2365 – 2407.
4. Lê Trọng Diệu Hiền, Phạm Hồng Luân, Hoàng Thị Tuyết, Đinh Quang Toàn (2022). Phân loại lớp đất phủ sử dụng mô hình Random Forest kết hợp chỉ số thực vật NDVI và yếu tố địa hình: Một nghiên cứu điển hình tại tỉnh Thanh Hóa, Việt Nam. *Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ - Khoa học Trái đất và Môi trường*, 5(SI3): 40 - 53.
5. Nguyen, A., Kovyazin, V., Pham C (2025). Application of remote sensing and GIS in monitoring forest cover changes in Vietnam based on Natural Zoning. *Land*, 14, 1037.
6. Tôn Sơn, Trịnh Phi Hoàng, Dobrynin D. V , Mokievsky V. O. (2020). Ứng dụng ảnh viễn thám Landsat và công nghệ GIS đánh giá biến động diện

tích rừng ngập mặn tỉnh Trà Vinh giai đoạn 1988 - 2018. *Tạp chí Khoa học, Trường Đại học Sư phạm Thành phố Hồ Chí Minh*, 17(6): 1074 - 1087.

7. Nguyễn Trung Đức, Nguyễn Thị Vân, Trương Thị Ngân, Đinh Tiến Hậu (2023). Ứng dụng GIS và tư liệu viễn thám đánh giá biến động lớp phủ rừng tại vùng đệm Vườn Quốc gia Cát Tiên thuộc địa phận huyện Tân Phú, tỉnh Đồng Nai. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Nhiệt đới*, 31, 27 - 38.

8. Lê Văn Trung (2010). *Viễn thám*. Nxb Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh.

9. Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J. and Rhind, D. W. (2015). *Geographic information science and systems*. John Wiley & Sons, 560.

10. Hansen, M. C., Potapov, P. V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S. A., Tyukavina, A., Thau, D., Stehman, S. V., Goetz, S. J., Loveland, T. R., Kommareddy, A., Egorov, A., Chini, L., Justice, C. O., Townshend, J. R. G. (2013). High-resolution

global maps of 21st-century forest cover change. *Science*, 342, 850 - 853.

11. FAO (2020). *The state of the world's forests 2020*. Publisher FAO and UNEP.

12. Soukhaphon, A., Baird, I. G., Hogan, Z. S. (2021). The impacts of Hydropower dams in the Mekong river basin: A review. *Water*, 13, 265.

13. IPCC (2023). *Climate change 2023: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of working group II to the sixth assessment report*. Cambridge University Press.

14. Shimamoto, C. Y., Padial, A. A., da Rosa, C. M., Marques, M. C. M. (2018). Restoration of ecosystem services in tropical forests: A global meta-analysis. *PloS One*, 13(12), e0208523.

15. Ang, W. J., Park, E., Pokhrel, Y., Tran, D. D. & Ho, H. L. (2024). Dams in the Mekong: A comprehensive database, spatiotemporal distribution, and hydro-power potentials. *Earth System Science Data*, 16, 1209 - 1228

APPLICATION OF REMOTE SENSING AND GIS TECHNOLOGIES TO ANALYZE VEGETATION COVER CHANGE FOR PROPOSING SUSTAINABLE SOLUTIONS IN THE BAN VE HYDROPOWER AREA, NGHE AN PROVINCE, IN THE CONTEXT OF CLIMATE CHANGE

Pham Thi Ha¹, Nguyen Van Vien²,

Nguyen Van Khanh³, Le Thi Linh Thuong¹, Nguyen Quang Thi⁴

¹*School of Agriculture and Resources, Vinh University*

²*Institute of Environmental Science and Green Agriculture*

³*Ho Chi Minh city University of Natural Resources and Environment*

⁴*Thai Nguyen University of Agriculture and Forestry*

Abstract

This study applied Remote Sensing (RS) and Geographic Information Systems (GIS) to assess vegetation cover dynamics in the Ban Ve hydropower area, Nghe An province. The data used included SPOT 5 and Sentinel-2 images with a 10 m spatial resolution. Vegetation was classified into three categories: Other land, medium forest and rich forest, with overall accuracy > 83% and a Kappa coefficient > 0.7. Over 20 years, rich forest decreased from 893.96 km² to 710.99 km² (~19.4%), while medium forest increased from 38.03 km² to 179.86 km², mainly due to the degradation of rich forest. The area of other land increased from 11.33 km² to 52.47 km², reflecting the impact of human activities, including the construction and operation of the hydropower plant. Spatial analysis indicated that the strongest changes occurred around the reservoir and forest exploitation areas. The study proposes sustainable management solutions, including protection and restoration of rich forest, planting native species, implementing community-based forest management, limiting the expansion of agricultural land into forested areas, promoting sustainable livelihoods and adapting to climate change through watershed protection forests and early warning systems for natural disasters. The findings provide a scientific basis for forest conservation, watershed resource management and disaster risk reduction in the context of climate change.

Keywords: *Dynamics, vegetation cover, RS, GIS, Ban Ve hydropower.*

Ngày nhận bài: 16/01/2026

Ngày chuyển phản biện: 02/02/2026

Ngày thông qua phản biện: 23/02/2026

Ngày duyệt đăng: 6/3/2026