



Rừng là vàng, nếu mình biết bảo vệ và xây dựng thì rừng rất quý

(Lời Hồ Chủ tịch)

Rừng & Môi trường

ISSN 1859-1248

TRUNG ƯƠNG HỘI KHOA HỌC KỸ THUẬT LÂM NGHIỆP VIỆT NAM



Số 115 + 116
Năm 2023

SỬ DỤNG CHỈ SỐ NDVI VÀ PHƯƠNG PHÁP (PCA) THÀNH LẬP BẢN ĐỒ BIẾN ĐỘNG LỚP PHỦ BỀ MẶT TRÊN ẢNH LANDSAT

Trần Thanh Hà¹

TÓM TẮT

Lớp phủ bề mặt trái đất (land cover) được định nghĩa như một lớp phủ gồm các đối tượng trên bề mặt trái đất. Với nghĩa hẹp, lớp phủ chỉ bao gồm lớp phủ thực vật và các công trình nhân tạo. Những biến động về lớp phủ bề mặt có thể tác động tiêu cực đến tài nguyên thiên nhiên theo cả không gian và thời gian. Dữ liệu sử dụng phân loại lớp phủ bề mặt là tư liệu vệ tinh Landsat, được cung cấp miễn phí, độ phân giải không gian 30 m. Tư liệu ảnh vệ tinh Landsat hiện đang là tư liệu chính trong các phân tích biến động lớp phủ bề mặt, đặc biệt với dữ liệu đa thời gian. Trong nghiên cứu này tác giả đã sử dụng ảnh vệ tinh Landsat 5 TM và Landsat 8 OLI, chụp vào các năm 2012 và 2020 để thành lập bản đồ biến động lớp phủ về mặt khu vực thành phố Phủ Lý, tỉnh Hà Nam.

Từ khóa: Biến động lớp phủ bề mặt, NDVI, PCA, ảnh Landsat

I. GIỚI THIỆU

Độ bao phủ bề mặt xác định cân bằng bức xạ của bề mặt Trái Đất, nước, xử lý vật liệu, độ thấm nước mặt, vì thế, sự thay đổi về phân bố và không gian của lớp phủ là dữ liệu quan trọng và là một trong những thông số chính để nghiên cứu biến đổi toàn cầu, nghiên cứu mô hình hệ thống Trái Đất, phát hiện các sự cố địa lý và quy hoạch phát triển bền vững. Vì những lý do này, việc theo dõi biến động lớp phủ là trọng tâm nghiên cứu trong lĩnh vực môi trường hiện nay.

Ảnh vệ tinh Landsat với khả năng quan sát các

đối tượng có độ phân giải không gian 30m, được cung cấp miễn phí và chu kỳ chụp lặp lại 16 ngày cho phép ta quan sát và xác định nhanh chóng lượng cũng như vị trí của thông tin biến động lớp phủ mặt đất và đặc biệt là xu hướng của biến động. Hơn thế nữa, đây cũng là nguồn dữ liệu được nhiều nghiên cứu trong nước và trên thế giới sử dụng trong đánh giá biến động lớp phủ mặt đất theo các hướng tiếp cận, ở nhiều mức độ, độ chính xác khác nhau (Nguyễn Thanh Bằng và nnc, 2018). Cụ thể, chỉ số thực vật (Normalized Difference Vegetation Index - NDVI) là một trong các chỉ số vật lý mà ta có thể tính từ các băng phổ ảnh viễn thám. Chỉ số thực vật được dùng vào nhiều mục đích ứng dụng khác nhau như: đánh giá độ che phủ của thực vật, đánh giá sinh khối, dự báo mùa màng, dự báo khô hạn các ứng dụng đòi hỏi đánh giá một số đặc trưng của lớp phủ thực vật tại một thời điểm nhất định. Về mặt lý thuyết, các giá trị của NDVI nằm trong khoảng từ -1 đến +1 trong đó, giá trị NDVI thấp thể hiện những khu vực có độ che phủ thực vật thấp. Giá trị NDVI cao đại diện cho những khu vực có độ che phủ thực vật cao, còn giá trị NDVI âm thể hiện các khu vực đất ẩm và mặt nước (Yang et al, 2019).

Như chúng ta đã biết, Các kênh ảnh của ảnh vệ tinh quang học thường có sự tương quan về mặt thông tin rất lớn. Việc sử dụng tất cả các kênh ảnh này trong giải đoán, phát hiện lớp phủ là không cần thiết và gây khó khăn trong quá trình xử lý. Phương pháp phân tích thành phần chính (Principal component analysis - PCA) cho phép giảm khối lượng dữ liệu cần xử lý mà vẫn giữ được tối đa lượng thông tin có ích (Howarth et al.2006). Trong quá trình xử lý ảnh, PCA tạo ra

¹ Trường Đại học Mở - Địa Chất
Nhóm nghiên cứu GTES (Geoinformatic Technology in Earth Sciences)

các ảnh không tương quan với nhau từ các kênh ảnh gốc tương quan. Nhiều nghiên cứu đã chứng minh việc sử dụng phương pháp PCA và chỉ số NDVI hoàn toàn có thể theo dõi đánh giá biến động lớp phủ và các yếu tố ảnh hưởng đến nó (Myneni et al., 1998, Balaji, T, et al., 2014).

II. KHU VỰC VÀ DỮ LIỆU NGHIÊN CỨU

1. Khu vực nghiên cứu

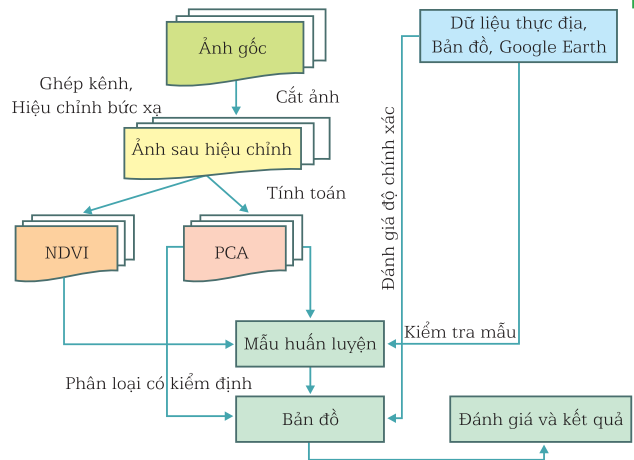
Khu vực nghiên cứu là thành phố Phủ Lý, đây là trung tâm hành chính, chính trị, kinh tế, văn hoá, giáo dục của tỉnh Hà Nam. Cuối năm 2018, thành phố Phủ Lý đã được xếp hạng đô thị loại II. Sự lớn mạnh của tỉnh lỵ đã chứng minh sự phát triển nhanh chóng của tỉnh; tuy nhiên đi cùng với đó là sự thay đổi về sử dụng đất và lớp phủ bề mặt đất khi mà các khu công nghiệp, khu dân cư, và các công trình công cộng khác đang dần thay thế cho đất nông nghiệp trong tỉnh. Do đó, việc theo dõi biến động trên diện rộng trong thời gian dài là vấn đề cần thiết cho các cơ quan quản lý của tỉnh.

2. Dữ liệu sử dụng trong nghiên cứu

Đối với việc thành lập bản đồ lớp phủ bề mặt cho khu vực thành phố Phủ Lý, tác giả lựa chọn dữ liệu ảnh vệ tinh Landsat bởi dữ liệu này được sử dụng rộng rãi hơn vì không mất chi phí thu nhận ảnh (so với ảnh Spot, Aster.). Với giai đoạn 2012-2022, tác giả lựa chọn 02 ảnh được chụp vào các năm 2012 và 2022, đây là giai đoạn mà thành phố Phủ Lý có nhiều thay đổi về lớp phủ, các ảnh được thu nhận là Landsat 5 TM và Landsat 8 OLI, mức độ xử lý cấp 2

III. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Phương pháp thích hợp nhất để giám sát nhanh khu vực nghiên cứu phục vụ việc theo dõi đánh giá tài nguyên môi trường nói chung và lớp phủ mặt đất nói riêng đó là sử dụng các kết quả phân loại tự động dữ liệu ảnh ở các thời điểm khác nhau sau đó tiến hành đánh giá biến động theo từng thời kỳ (bản đồ và bảng số liệu). Đây là phương pháp tốn ít thời gian và rất hữu dụng cho việc xác định nhanh biến động trong khu vực nghiên cứu. Bên cạnh đó, phương pháp này tiện dụng khi xử lý các ảnh đa thời gian cùng độ phân giải, cùng hệ tọa độ và áp dụng cùng một phương pháp xử lý ảnh. Quá trình xác định biến động được thể hiện qua sơ đồ các bước thực hiện sau:



Hình 1. Sơ đồ quy trình thành lập bản đồ biến động lớp phủ bề mặt thành phố Phủ Lý

Cụ thể, các bước thực hiện được giải thích như sau:

Bước 1: Thu thập tài liệu, bao gồm: ảnh, bản đồ khu vực nghiên cứu, dữ liệu thực địa, các loại bản đồ sử dụng đất và đối chiếu trên Google Earth;

Bước 2: Hiệu chỉnh ảnh, cắt và nắn chỉnh ảnh đưa về hệ tọa độ quy chuẩn cho khu vực nghiên cứu;

Bước 3: Tính toán chỉ số NDVI và PCA trên từng ảnh;

Bước 4: Tạo khóa huấn luyện trên PCA, đây là bước quan trọng nhất và ảnh hưởng đến độ chính xác của bước phân loại. Quá trình lấy mẫu được tiến hành ở trên ảnh tổ hợp và ảnh PCA, kết hợp với quá trình xác nhận và kiểm tra mẫu thông qua chỉ số NDVI và dữ liệu thực địa (điều tra kết hợp Google Earth). Ngoài ra, cần phải đánh giá độ đồng nhất và riêng biệt phổ của từng mẫu;

Bước 5: Phân loại mẫu có kiểm định và thành lập bản đồ lớp phủ;

Bước 6: Đánh giá độ chính xác của bản đồ và hiển thị kết quả.

IV. KẾT QUẢ VÀ ĐÁNH GIÁ

1. Tính chỉ số thực vật NDVI

Trên ảnh vệ tinh, người ta thường dùng chỉ số thực vật để xác định độ xanh của thực vật. như VIN, PVI, NDVI, SAVI,.. nhìn chung chỉ số thường được sử dụng nhiều nhất là chỉ số thực vật chuẩn hóa (NDVI) (Shammi và Meng, 2021). Vì thuật toán NDVI có thể xác định độ che phủ dựa trên các băng phổ ảnh ở dải sóng màu đỏ và cận

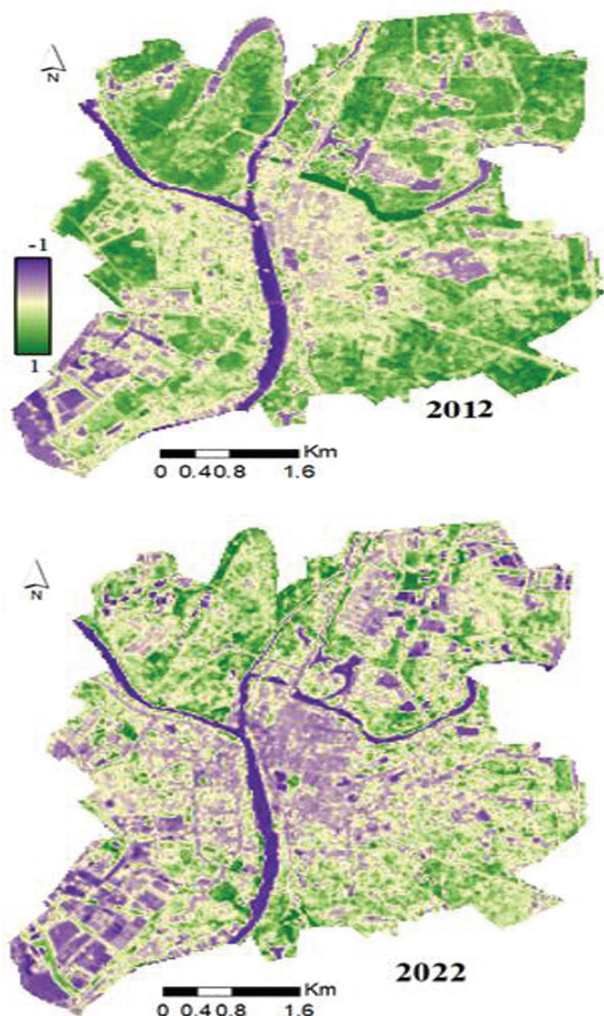
hồng ngoại. Tại các dải sóng này, bức xạ ít chịu ảnh hưởng của điều kiện khí quyển, dải sóng màu đỏ trùng với vùng hấp thụ mạnh. Ngược lại, dải cận hồng ngoại lại phản xạ rất mạnh. Nhờ sự khác biệt về tính chất phản xạ này, mà dải sóng màu đỏ và cận hồng ngoại cho phép nâng cao đáng kể khả năng tách biệt thực vật (Zihao Wu và cộng sự, 2021). Chỉ số NDVI được tính theo công thức (Ray D và các cộng sự, 1991):

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$$

Trong đó: NIR là giá trị phản xạ phổ trên kênh hồng ngoại

R: là giá trị phản xạ trên kênh đỏ

Trên cơ sở áp dụng công thức tính chỉ số thực vật NDVI tại khi thực nghiệm, kết quả được minh họa như hình dưới đây



Hình 2 Ảnh NDVI khu vực thực nghiệm năm 2012, 2022

2. Phân tích thành phần chính (PCA) trong nghiên cứu biến động lớp phủ bề mặt từ ảnh viễn thám

Phân tích thành phần chính (PCA) là kỹ thuật chuyển đổi các giá trị độ xám của pixel và sự chuyển đổi này sẽ nén dữ liệu ảnh bằng cách giữ tối đa lượng thông tin hữu ích và loại bỏ các thông tin trùng lặp (các yếu tố tương quan). Kết quả là dữ liệu ảnh thu được (gọi là ảnh thành phần chính) chỉ chứa các kênh ảnh ít tương quan (độc lập tuyến tính) thường được sử dụng rất hiệu quả trong tổ hợp màu và phân loại ảnh.

Các bước tính thành phần chính

Để nhận bộ dữ liệu ảnh mới không tương quan (ảnh thành phần chính) $Z = A.X$, ta có thể áp dụng phép biến đổi thành phần chính với số kênh bất kỳ theo các bước tính toán sau:

Bước 1: Tính giá trị trung bình của mỗi kênh ảnh (μ_k):

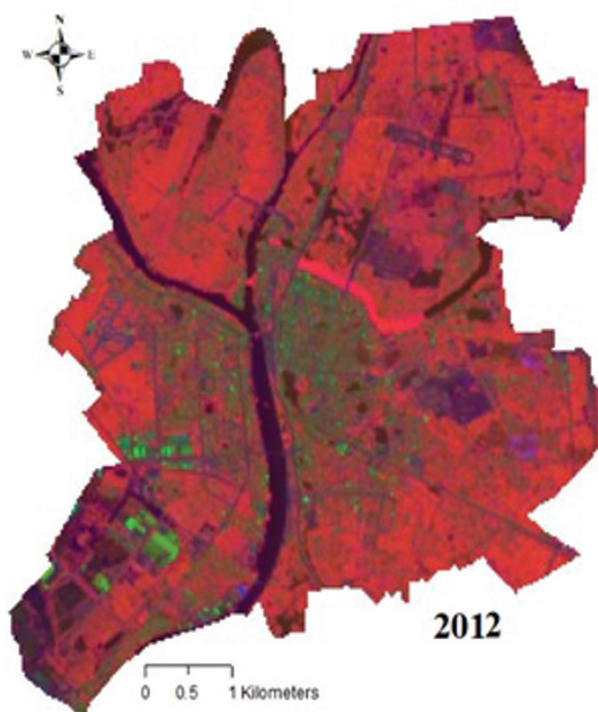
Bước 2: Tính hiệp phương sai giữa các giá trị của pixel ở kênh k và kênh l:

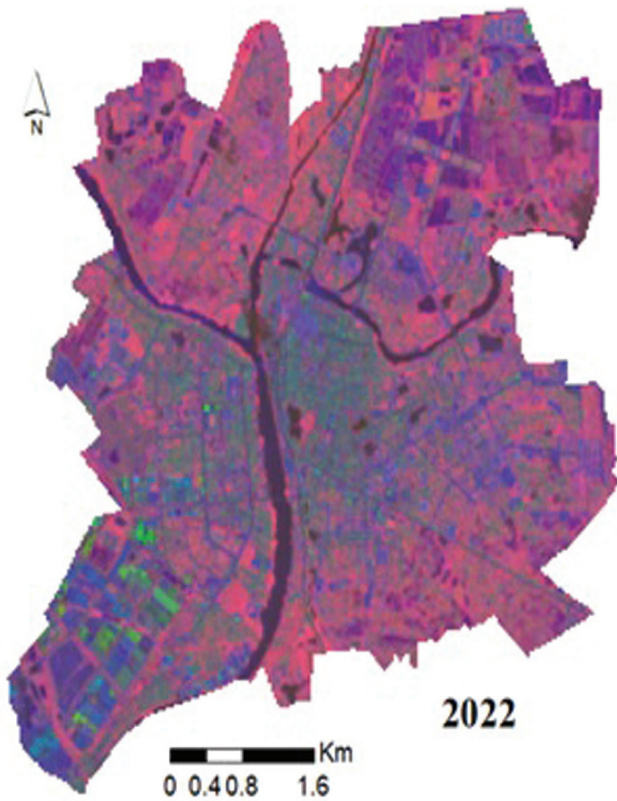
Bước 3: Lập ma trận hiệp phương sai giữa các giá trị pixel ở dữ liệu ảnh mới:

Bước 4: Tìm ma trận A trong phương trình $Z = A.X$, cần phải xác định vector và các giá trị riêng của \sum_x .

Bước 5: Tính các vector riêng b_i :

Kết ảnh thành phần chính (PCA) năm 2012, 2022:



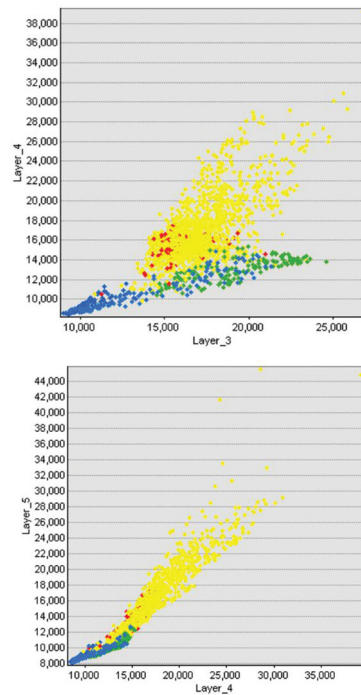


Hình 3. Ảnh thành phần chính PCA

3. Tạo mẫu phân loại

Việc lấy mẫu phân loại được tiến hành trên từng ảnh và có kiểm định mẫu để tạo ra bộ khóa giải đoán cho từng ảnh nhằm đảm bảo độ chính xác của phép phân loại.

Để đánh giá độ tương đồng và tách biệt về phổ của các mẫu đã lựa chọn, tác giả sử dụng biểu đồ tương quan phân bố phổ của các kênh ảnh. Kết quả cho thấy, các mẫu lựa chọn sau quá trình kiểm định có độ tách biệt tốt, đặc biệt là lớp “nước mặt hay thủy hệ” và lớp thực vật”, lớp “đất khác và dân cư” khó tách biệt hơn do một số pixel có độ tương đồng về giá trị phổ. Điều này cũng phản ánh rõ độ chính xác kết quả sau phân loại của từng lớp và chung cho cả bản đồ. Hình 4 mô tả không gian phân bố phổ của các pixel đối với các mẫu giải đoán kênh đỏ (3), kênh cận hồng ngoại (4), và kênh hồng ngoại gần (5). Các pixel trong khu vực dân cư (vàng) có độ phân tán phổ đa dạng hơn so với các pixel thuộc phân lớp khác. Nước và thực vật có độ tập trung phân bố phổ cao hơn (cùng giá trị phổ thấp đối với các kênh), và đất khác (đỏ) có giá trị pixel lẫn trong phân bố phổ của lớp dân cư.



Hình 4 Đồ thị phân bố phổ của các lớp phủ khác nhau (bên trái: kênh đỏ và kênh cận hồng ngoại; bên phải: kênh cận hồng ngoại và hồng ngoại gần).

4. Thành lập bản đồ lớp phủ bề mặt thành phố Phủ Lý

Hệ thống phân loại lớp phủ bề mặt là một hệ thống toàn diện và chuẩn hoá, được thiết kế cho yêu cầu sử dụng cụ thể, và được tạo ra cho việc xây dựng bản đồ, nó phụ thuộc vào tỷ lệ và nội dung bản đồ cần thành lập và nguồn dữ liệu.

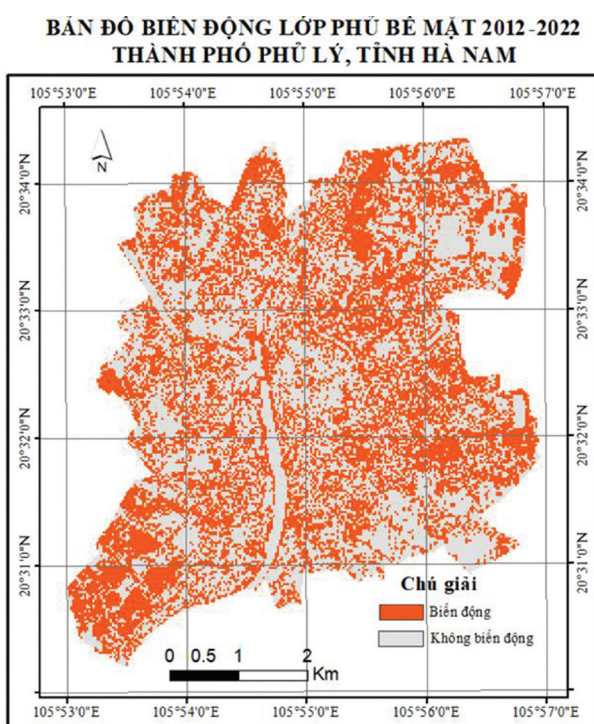
Các lớp đối tượng lớp phủ bề mặt được định nghĩa bởi một chuỗi các phân loại, nhưng do tính không đồng nhất của lớp phủ bề mặt và với mục đích là cây phân loại phải được tổ chức có tính logic, hợp lý. Do đó, tiêu chuẩn thiết kế nhất định đã được ứng dụng.

Có nhiều hệ thống phân loại lớp phủ bề mặt như của Anderson, FAO... Trong nghiên cứu này tác giả sử dụng hệ thống phân loại của CORINE. Hệ thống phân loại áp dụng cho thành phố Phủ Lý.

STT	Lớp phủ	Đối tượng bao gồm
1	Nước mặt (thủy hệ)	Ao hồ tự nhiên, sông, suối
2	Thực vật	Cây lúa, hoa màu, ăn quả
3	Dân cư	Nhà ở, khu công nghiệp
4	Đất khác	Đất trống, giao thông

Bảng 1. hệ thống phân loại lớp phủ bề mặt thành phố Phủ Lý

Trên cơ sở các đối tượng thuộc lớp phủ mặt đất đã được xác định, tiến hành xây dựng thư viện mẫu phục vụ công tác phân loại. Nội dung này được thực hiện dựa trên cơ sở phân tích cấu trúc ảnh vệ tinh kết hợp với ảnh chụp ngoài thực địa. Kết quả đã xây dựng được hệ thống mẫu - khóa giải đoán ảnh Landsat khu vực nghiên cứu như ở trên. Tiếp đó, căn cứ vào mẫu khóa giải đoán, tác giả tiến hành phương pháp phân loại xác suất cực đại để xây dựng nội dung lớp phủ bề mặt khu vực thực nghiệm. Từ đó thành lập bản đồ biến động và đánh giá biến động lớp phủ bề mặt thành phố Phủ Lý.



Hình 5 Bản đồ biến động lớp phủ năm 2012-2022

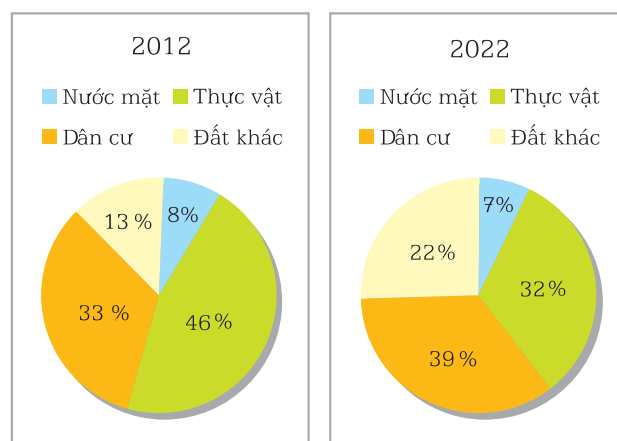
5. Đánh giá biến động lớp phủ thành phố Phủ lý

Kết quả đánh giá biến động dựa theo số liệu thống kê được trình bày ở hình 6. Nhìn chung, đối với lớp phủ “nước mặt - thủy hệ” không có nhiều biến động trong giai đoạn 2012-2022. Riêng lớp phủ thực vật và dân cư có nhiều biến động nhất.

Trong giai đoạn 2012 - 2022, quá trình đô thị hóa diễn ra mạnh mẽ tại khu vực nghiên cứu, bằng chứng là sự suy giảm lớp phủ thực vật từ 46% năm 2010 xuống còn 32%.

Nhìn chung trong giai đoạn 10 năm trở lại đây, thành phố Phủ Lý đã có bước chuyển mình đáng kể về phân bố không gian lớp phủ, với diện tích thực phủ dành cho hoạt động nông nghiệp bị thay thế dần bởi các khu công nghiệp, khu đô thị cùng những thiết kế quy hoạch không gian xanh trong đô thị. Đây là bước tiến tất yếu của quá trình đô thị hóa.

f. Đánh giá độ chính xác của phương pháp phân loại và đánh giá biến động



Hình 6. Biểu đồ thể hiện diện tích của từng loại lớp phủ thành phố Phủ Lý trong giai đoạn 2012-20202 (đơn vị %)

Kết quả sau phân loại được đánh giá độ chính xác theo hai phương pháp: đánh giá độ chính xác của từng lớp đánh giá độ chính xác toàn phần. Số

liệu đánh giá được thể hiện ở bảng dưới đây trong đó số lượng điểm đánh giá là 300 điểm.

Kết quả phân loại ở mỗi ảnh đều lớn hơn 80%, đây là độ chính xác chấp nhận được đối với bản đồ tỷ lệ nhỏ thành lập bằng tư liệu ảnh viễn thám qua phép phân loại cực đại. Đối với độ chính xác của từng lớp cũng có sự khác biệt, kết quả phân loại ở lớp nước mặt và thực vật cho kết quả độ chính xác cao hơn so với hai lớp phủ còn lại, trong đó, lớp “đất khác” bao gồm đất trống và giao thông cho

Lớp \ Năm	2012	2022
Nước mặt	100%	100%
Thực vật	89%	87%
Dân cư	90%	82%
Đất khác	85%	77%
Tổng hợp	87%	83%
Kappa	0.83	0.80

kết quả phân loại có độ chính xác thấp nhất. Điều này phản ánh rõ những khó khăn khi gặp phải với độ tách biệt về phổ của pixel ở lớp này so với dân cư là không rõ ràng, và khó phân định.

Độ chính xác của phép phân loại ảnh năm 2022 cũng nhỏ hơn so với năm trước ở mức 83% nhưng vẫn trong hạn sai cho phép. Điều này xảy ra là do trong quá trình phân loại có sự nhầm lẫn giữa nhóm dân cư với nhóm đất khác. Sự nhầm lẫn này là do tại thời điểm ảnh chụp năm 2022 có nhiều khu vực dự án đang san lấp để xây dựng nhà ở và các công trình công cộng.

V. KẾT LUẬN

Qua quá trình nghiên cứu tài liệu và kết hợp thực nghiệm hoàn thành luận văn, tác giả nhận thấy tư liệu viễn thám đa thời gian cho phép theo dõi và đánh giá biến động tương đối hiệu quả và chính xác, có tính cập nhật nhanh và khái quát hơn so với việc điều tra thực địa và lập bản đồ truyền thống. Điều này tháo gỡ được bài toán quy hoạch không gian và quản lý nguồn tài nguyên đất ở những khu vực có tốc độ đô thị hóa nhanh, cụ thể như ở thành phố Phủ Lý - khu vực thực nghiệm, với tốc độ đô thị hóa hơn 40% trong vòng 10 năm. Quá trình đô thị hóa diễn ra mạnh mẽ dẫn đến sự thay đổi lớn và nhanh của lớp phủ thực vật, gián tiếp gây ra sự mất cân bằng về phân bố diện tích giữa không gian xanh (lớp thực vật) và không gian đô thị. Nắm bắt nhanh và đề xuất phương án quy hoạch kịp thời là điểm mấu chốt cho mục tiêu phát triển bền vững mà bất cứ nhà quản lý cũng đều hướng đến. Công nghệ viễn thám đa thời gian đã một phần giúp xử lý vấn đề này.

Tuy nhiên, vẫn còn những hạn chế khi ứng dụng và sử dụng công nghệ viễn thám trong công tác dõi và đánh giá biến động lớp phủ: thứ nhất, việc sử dụng viễn thám đa thời gian đồng nghĩa với việc xử lý tư liệu có chất lượng không đồng đều (mặc dù đã qua quá trình hiệu chỉnh bức xạ); thứ hai, quá trình

tạo mẫu giải đoán khá phức tạp và yêu cầu phải có kiểm định chặt chẽ; thứ ba, độ chính xác trên từng ảnh có thể cao, nhưng tiến hành đánh giá biến động thì độ chính xác sẽ bị giảm đi do hiệu ứng cộng dồn; cuối cùng, độ phân giải ảnh có tác động đến quá trình xác định mẫu và phân loại.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Thanh Bằng, Lê Lê Phương Hà, Trần Đăng Hùng, Đào Xuân Hoàng, 2018. "Nghiên cứu đánh giá biến động thảm phủ lưu vực sông Cả." Số 07 (2018). Tạp chí Khoa học Biến đổi khí hậu.
2. Balaji, T., and M. Sumathi., 2014. "PCA based classification of relational and identical features of remote sensing images", International Journal of Engineering and Computer Science 3, no. 7, pp. 7221-7228.
3. Hotelling, H. (1933) Analysis of a complex of statistical variables into principal components. Journal of Educational Psychology, 24, 417-441.
4. Myneni, R.B., Tucker, C.J., Asrar, G., Keeling, C.D., 1998. Interannual variation in satellite sensed vegetation index data from 1981 to 1991. Geophys. Res. Lett. 103, 6145-6160.
5. Ray D. Jackson and Alfredo R. Huete, 1991. Interpreting vegetation indices", Preventive Veterinary Medicine, 11, pp. 185 - 200.
6. Shammi, S.A.; Meng, 2021. Q. Use time series NDVI and EVI to develop dynamic crop growth metrics for yield modeling. Ecol. Indic. 121, 107124.
7. Yang, Y.; Wang, S.; Bai, X.; Tan, Q.; Li, Q.; Wu, L.; Tian, S.; Hu, Z.; Li, C.; Deng, Y., 2019. Factors Affecting Long-Term Trends in Global NDVI. Forests, 10, 372.
8. Zihao Wu, Yaolin Liu, Yiran Han, Jianai Zhou, Jiamin Liu, Jingan Wu. 2021. Mapping farmland soil organic carbon density in plains with combined cropping system extracted from NDVI time-series data. Science of The Total Environ. Volume 754, 142120.