

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG VIỄN THÁM VÀ GIS THEO DÕI QUÁ TRÌNH ĐÔ THỊ HÓA THÀNH PHỐ PHỦ LÝ TỈNH HÀ NAM

NGUYỄN VĂN THÁI⁽¹⁾, TRẦN XUÂN TRƯỜNG⁽²⁾
NGUYỄN NHƯ HÙNG⁽³⁾, LÊ THANH NGHỊ⁽²⁾

⁽¹⁾Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Hà Nam

⁽²⁾Trường Đại học Mở - Địa chất

⁽³⁾Trường Đại học Kỹ thuật Lê Quý Đôn

Tóm tắt:

Bài báo trình bày nghiên cứu chiết tách các thông tin: Chỉ số thực vật chuẩn hóa - NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), Chỉ số đô thị - NDBI (Normlized Difference Built-up Index), Chỉ số khác biệt về bề mặt không đồng nhất - NHFD (Non-Homogenous Feature Difference) từ ảnh vệ tinh Landsat đa thời gian và GIS thành lập bản đồ phân bố không gian đô thị các thời điểm 2010, 2015 và 2020 thành phố Phủ Lý, tỉnh Hà Nam. Kết quả nghiên cứu cho thấy tư liệu viễn thám đa thời gian góp phần theo dõi và đánh giá quá trình mở rộng không gian đô thị khá chính xác, phù hợp với thực tế và quy hoạch phát triển vùng của thành phố Phủ Lý. Cụ thể là việc mở rộng không gian đô thị trong các năm 2010 - 2015 và phát triển vùng lõi 2015 - 2020. Tốc độ đô thị hóa trong vòng 10 năm qua của thành phố cũng ở mức cao - khoảng 40%.

Từ khóa: Ảnh vệ tinh Landsat, Đô thị hóa, GIS.

1. Đặt vấn đề

Hiện nay, nhờ sự tiến bộ của khoa học kỹ thuật, công nghệ thông tin và các phương pháp phân tích không gian, việc nghiên cứu quá trình đô thị hóa cũng trở nên dễ dàng và có nhiều phương pháp tiếp cận cùng xử lý phân tích bài toán phát triển đô thị. So với các phương pháp khác, việc viễn thám và hệ thống tin địa lý cho phép giải quyết vấn đề nghiên cứu không gian tầm vi mô trong một khoảng thời gian ngắn, chi phí thấp và mang tính cập nhật tức thời. Tư liệu viễn thám có khả năng cung cấp thông tin chính xác, kịp thời nhưng

thay đổi về mặt không gian và thời gian của các đối tượng thông qua nghiên cứu hình ảnh và phân bố không gian. Thêm vào đó, với sự hỗ trợ của hệ thống thông tin địa lý GIS, khả năng tích hợp thông tin mật độ cao, cập nhật thông tin một cách dễ dàng, cũng như khả năng phân tích không gian, xử lý các dạng dữ liệu địa lý. Trong một số các nghiên cứu, việc đánh giá quá trình đô thị hoá sử dụng phương pháp phân loại hướng đối tượng và phương pháp phân tích hồi qui đa biến [1]; Đánh giá biến động đô thị thông qua bề mặt không thám, phương pháp chồng xếp GIS [2]; Phân

Ngày nhận bài: 5/4/2023, ngày chuyển phản biện: 9/4/2023, ngày chấp nhận phản biện: 15/4/2023, ngày chấp nhận đăng: 19/4/2023

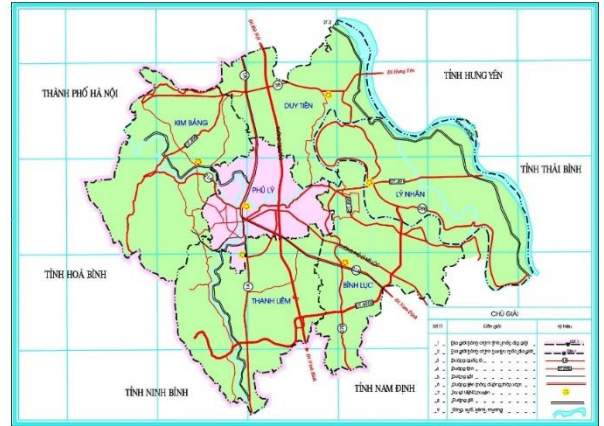
loại dựa trên tính toán các chỉ số IBI, NDISI, MNDISI [3-4];

Trong nghiên cứu này sử dụng các chỉ số: chỉ số thực vật chuẩn hóa - NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), Chỉ số đô thị - NDBI (Normlized Difference Built-up Index), Chỉ số khác biệt về bề mặt không đồng nhất - NHFD (Non-Homogenous Feature Difference) từ ảnh vệ tinh Landsat, phương pháp phân loại Random Forest kết hợp GIS để theo dõi quá trình đô thị hoá thành phố Phủ Lý, tỉnh Hà Nam giai đoạn 2010, 2015 và 2020.

2. Dữ liệu và Phương pháp nghiên cứu

2.1. Khu vực nghiên cứu

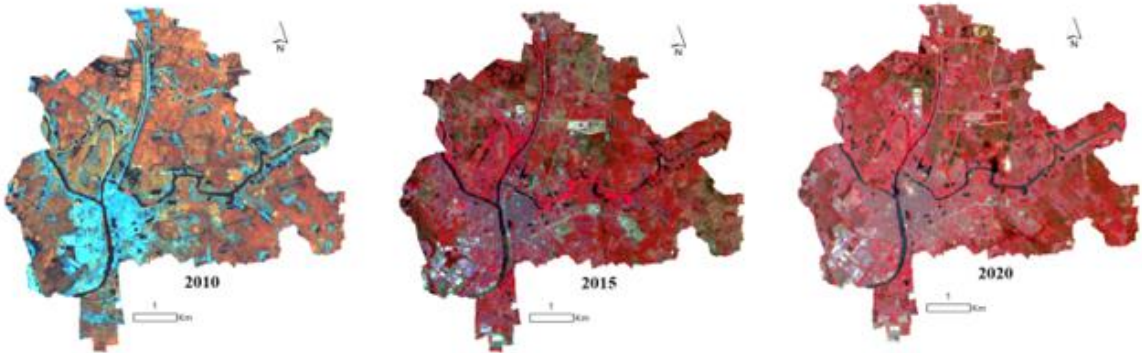
Khu vực nghiên cứu là Thành phố Phủ Lý, tỉnh Hà Nam. Thời gian 2010, 2015 và 2020



Hình 1: Bản đồ hành chính tỉnh Hà Nam (thành phố Phủ Lý nằm ở trung tâm (màu hồng))

2.2. Dữ liệu sử dụng

Sử dụng ảnh vệ tinh Landsat 5 TM và hai ảnh Landsat 8 OLI. Các ảnh được thu thập tại website: [HTTP:// Earthexplorer.usgs.gov](http://Earthexplorer.usgs.gov) chính thức của NASA



Hình 2: Ảnh Lansat (tổ hợp màu giả) khu vực nghiên cứu các năm 2010-2020

Bảng 1: Thông tin dữ liệu ảnh vệ tinh

STT	Tên ảnh	Cấp độ xử lý ảnh	Hệ tọa độ	Số kênh ảnh	Thời gian
1	Landsat 5 TM	2	WGS-84	7	8/2010
2	Landsat 8 OLI	2	WGS-84	11	8/2015
3	Landsat 8 OLI	2	WGS-84	11	8/2020

Ảnh vệ tinh được cắt theo ranh giới địa giới hành chính thành phố Phủ Lý, tỉnh Hà Nam

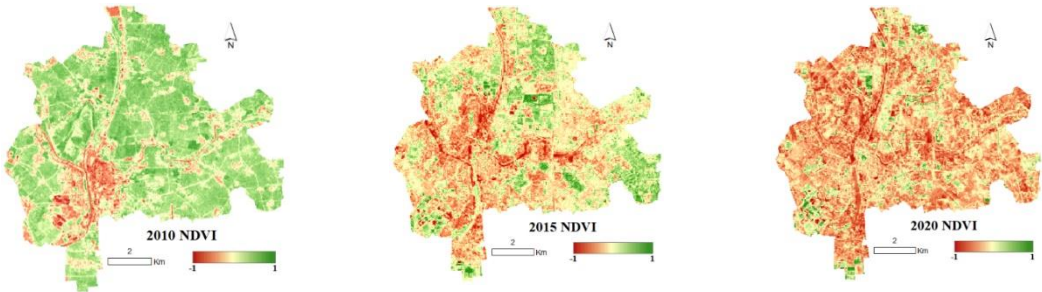
2.3. Phương pháp nghiên cứu

2.3.1. Tính toán các chỉ số

a/ Chỉ số thực vật chuẩn hoá - NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) được sử dụng để đánh giá lớp phủ thực vật thông qua việc tính toán sự khác biệt về bức xạ giữa kênh cận hồng ngoại (bức xạ mà thực vật lượng phản xạ mạnh) và kênh ánh sáng đỏ (bức xạ mà thực vật hấp thụ) Chỉ số NDVI dao động trong khoảng từ -1 đến +1, tuy nhiên,

không hề có ngưỡng khác biệt rõ ràng giữa từng loại lớp phủ bề mặt. Ví dụ, mặc dù ta biết giá trị NDVI âm (negative) thường thể hiện cho thủy hệ, và ngược lại, nếu như giá trị NDVI tiếp cận với +1, có nghĩa biểu thị cho thực vật xanh dày lá. Nhưng khi giá trị của NDVI gần giá trị 0, nghĩa là không hề có thực vật, thì nó có thể biểu thị cho khu vực đô thị. Chỉ số NDVI là một chỉ số thông dụng trong phân tích ảnh viễn thám. Chỉ số NDVI được tính toán dựa trên công thức dưới đây:

$$NDVI = \frac{Near\ IR - Red}{Near\ IR + Red} \quad (1)$$

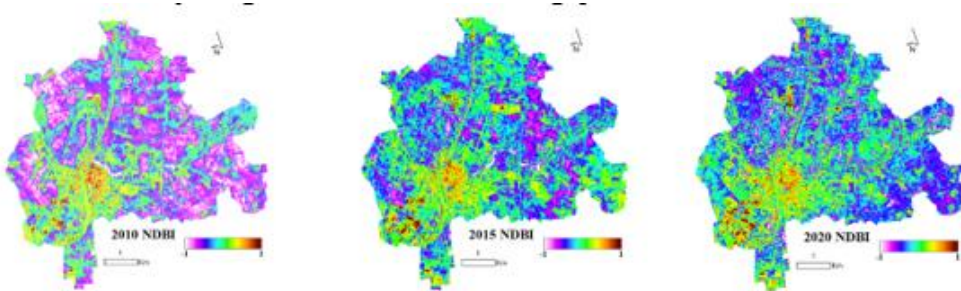


Hình 3: Tính toán chỉ số NDVI cho các ảnh 2010, 2015 và 2020

b/ Chỉ số đô thị - NDBI (Normlized Difference Built-up Index) hay Chỉ số khác biệt khu vực có bề mặt xây dựng: là một chỉ số phổ dùng để phân tích những bề mặt có các công trình xây dựng. Chỉ số này được thiết lập dựa trên sự khác biệt giữa hai kênh: hồng ngoại gần (Near Infrared) và hồng ngoại ngắn (Shortwave Infrared), như công thức sau:

$$NDBI = \frac{SWIR - Near\ IR}{SWIR + Near\ IR} \quad (2)$$

Những khu vực có bề mặt xây dựng thì phản xạ sóng hồng ngoại ngắn (SWIR) nhiều hơn so với những khu vực khác. Ngược lại, ở những khu vực không có hoặc có ít công trình xây dựng, thì năng lượng phản xạ sóng hồng ngoại gần (Near IR) sẽ nhiều hơn. Vì thế, có thể dễ dàng phân biệt được bề mặt xây dựng với các bề mặt khác thông qua chỉ số NDBI.



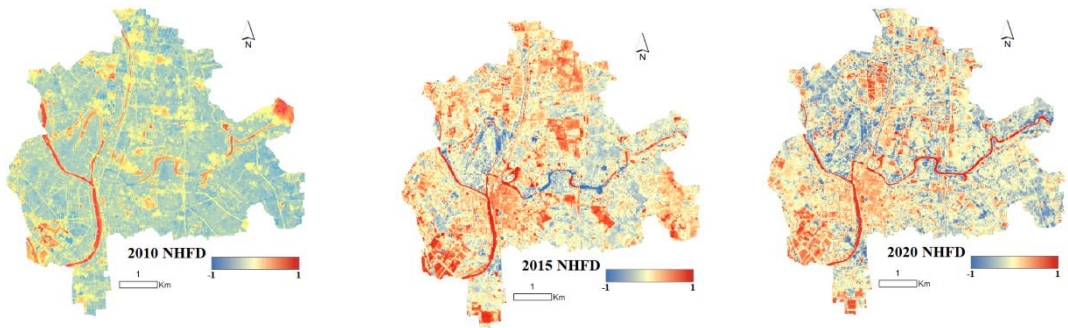
Hình 4: Tính toán chỉ số NDBI cho các ảnh 2010, 2015 và 2020

c/ Chỉ số khác biệt về bề mặt không đồng nhất – NHFD (Non-Homogenous Feature Difference), được tính toán dựa trên kênh đỏ và kênh xanh lam trong vùng ánh sáng nhìn thấy theo công thức:

$$NHFD = \frac{Red-Blue}{Red+Blue} \quad (3)$$

NHFD thường ít được áp dụng do kênh Blue thường bị ảnh hưởng bởi điều kiện áp suất khí quyển do là kênh có bước sóng ngắn nhất trong vùng ánh sáng nhìn thấy. Chỉ số

NHFD cho biết mức độ đồng nhất về bề mặt đối với khu vực được tính toán, dải giá trị cũng nằm từ -1 đến +1, trong đó giá trị âm thể hiện có bề mặt có tính đồng nhất cao (như khu vực trồng lúa, trồng màu, thảm thực vật), giá trị dương thể hiện cho khu vực không có tính đồng nhất (mái nhà khác nhau, bề mặt đường nhựa, hay bê tông, v.v). Thông qua đặc tính đồng nhất về bề mặt, kết hợp với phân tích từ các chỉ số khác, NHFD cũng cho phép phân biệt bề mặt đô thị.



Hình 5: Tính toán chỉ số NHFD cho các ảnh 2010, 2015 và 2020

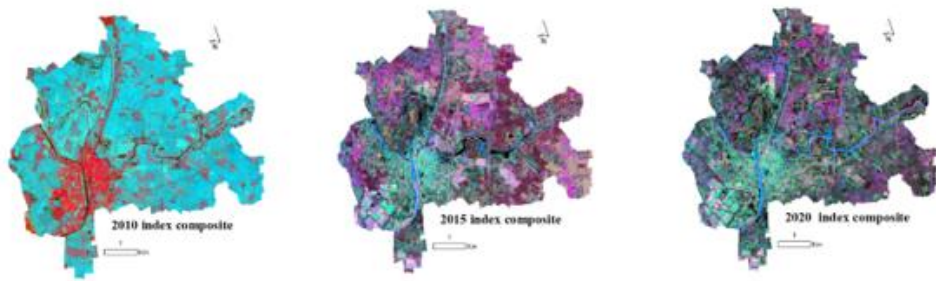
2.3.2. Xây dựng bộ khóa giải đoán ảnh và cây quyết định

Hình 3, 4 và 5 là ảnh sau khi tính toán lần lượt các chỉ số NDVI, NDBI, và NHFD, dải giá trị của các ảnh được thể hiện qua các hệ màu khác nhau. Ở hình 3., màu xanh lá cây biểu thị cho khu vực có thực vật, và ngược lại màu vàng đến đỏ biểu thị cho khu vực không có thực vật, như là bề mặt xây dựng và mặt nước, ở mỗi ảnh đều có sự biến thiên về giá trị của mỗi pixel, tương tự như ở hình 4. và 5., các giá trị dương đều biểu thị cho khu vực đô thị và đất trống. Quá trình chiết tách và phân biệt các mức giá trị để chiết tách thông tin đô thị tốn khá nhiều thời gian, đặc biệt là phải làm trên từng ảnh do sự sai khác về thời điểm chụp ảnh.

Ở đây, mẫu giải đoán được xây dựng dựa trên cơ sở ảnh gốc, và ảnh tổ hợp của các chỉ



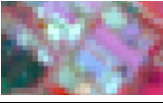
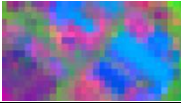

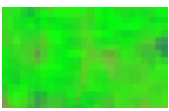



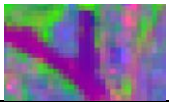

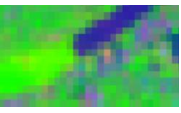

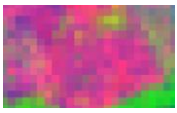
số (hình 6) đã tính toán nhằm tận dụng được tính tối ưu của dữ liệu và cho phép xây dựng cây quyết định giải đoán tự động mẫu. Trong phạm vi nghiên cứu, tập trung vào cải thiện quá trình chiết tách thông tin đô thị so với thông tin của các bề mặt khác (nước, thực phủ, hay đất trống). Các thông tin bề mặt khác sẽ được gộp chung vào một nhóm để việc đánh giá độ chính xác dễ dàng hơn.

Nhìn trên ảnh tổ hợp các chỉ số như ở hình 6., khu vực đô thị hay bề mặt các công trình xây dựng có màu lam đến tím, thực phủ có màu xanh lá, và bề mặt nước là đối tượng khó phân biệt nhất. Nhờ vào chỉ số NDVI và các chỉ thị khác (trên ảnh thật), có thể phân biệt đối tượng này. Bảng 2.. trình bày mẫu giải đoán đối với ảnh năm 2010.

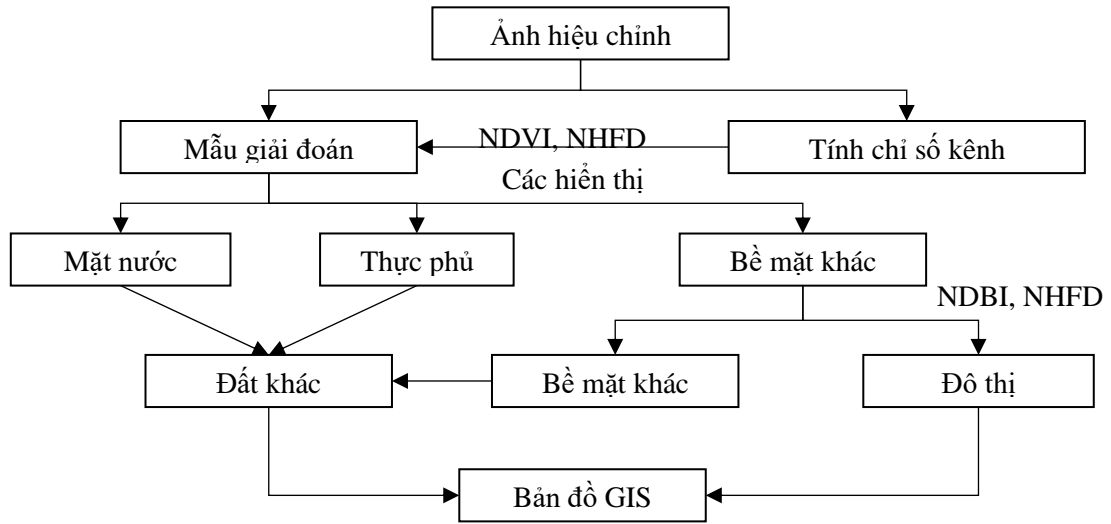


Hình 6: Ảnh tổ hợp các kênh chỉ số NDVI, NDBI, NHD

Bảng 2: Mẫu giải đoán cho ảnh 2010, lấy trên ảnh thật và ảnh tổ hợp chỉ số

	Loại bề mặt	Chỉ thị		Chỉ số
1	Đô thị	<ul style="list-style-type: none"> - Hình dạng: dạng chữ nhật, dạng tuyến, dạng khối; - Màu sắc: màu xám, xám trắng trên ảnh thật; và màu hồng, lam trên ảnh tổ hợp chỉ số; - Phân bố: tập trung hoặc rời rạc 		NDBI NHD
Mẫu				
2	Thực phủ	<ul style="list-style-type: none"> - Hình dạng: không có hình dạng cố định; - Màu sắc: đỏ ảnh ảnh thật, và xanh lá sáng trên ảnh tổ hợp; - Phân bố: tập trung 		NDVI NHD
Mẫu				
3	Mặt nước	<ul style="list-style-type: none"> - Hình dạng: theo tuyến, hoặc hình dạng không cố định (mặt hồ - 10 đến 20 pixel); - Màu sắc: xanh và lam trên ảnh thật, tím hồng hoặc tím than trên ảnh tổ hợp - Phân bố: sông chạy dọc lãnh thổ, hồ phân bố rải rác trong khu dân cư (đô thị) và thủy hệ. 		NDVI NHD
Mẫu				
4	Bề mặt khác	<ul style="list-style-type: none"> - Hình dạng: không cố định; - Màu sắc: xám xanh trên ảnh thật, hồng trên ảnh tổ hợp; - Phân bố: rải rác quanh khu dân cư. 		NHD NDBI NDVI
Mẫu				

Mô hình cây quyết định và thành lập bản đồ



Hình 7: Mô hình cây quyết định phân loại mẫu và thành lập bản đồ khu đô thị

Phần mềm được sử dụng chủ yếu trong nghiên cứu này là R Studio 3.4.1 với một số package gồm: (1) raster: package raster có các chức năng tạo lập, đọc, thao tác, và viết dữ liệu raster. Package cũng thực hiện các thao tác về tính toán đại số raster, đặc biệt package raster có thể làm việc với bộ dữ liệu raster với dung lượng lớn; (2) caret: package caret (viết tắt của huấn luyện phân loại và hồi quy - classification and regression training) chứa các chức năng để sắp xếp cho quá trình đào tạo mô hình hồi quy phức tạp và các vấn đề

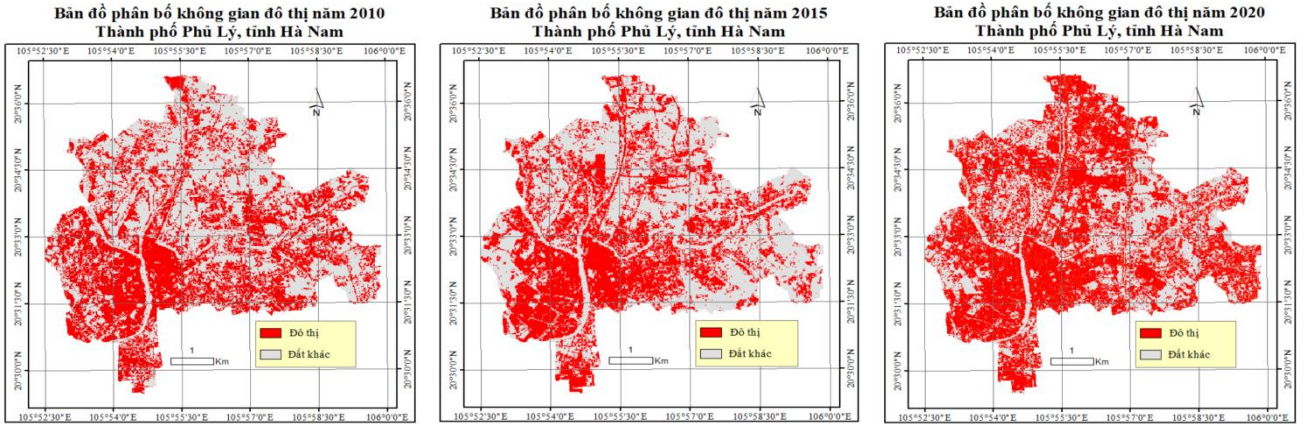
phân loại hợp lý; và (3) randomForest: đây là thư viện phục vụ cho thuật toán phân loại và hồi quy dữ liệu ngẫu nhiên Random Forest của Breiman L.(2001)[7], được Liaw và Wiener sử dụng để phát triển thành package RF vào 2015. Package Random Forest là phần chính để viết các code thực hiện quá trình phân loại. Ngoài ra nghiên cứu đã sử dụng phần mềm ArcGIS 10.1 để hỗ trợ trong quá trình biên tập bản đồ. Độ chính xác của của phân loại mỗi thời kỳ được thống kê ở bảng 3. dưới đây, với số điểm mẫu là 300 điểm.

Bảng 3: Độ chính xác sau phân loại của ảnh 3 thời kỳ

Ảnh	Độ chính xác sau phân loại	
	Overall	Kappa
Landsat 5 TM năm 2010	90%	0.85
Landsat 8 OLI năm 2015	87%	0.83
Landsat 8 OLI năm 2020	85%	0.8

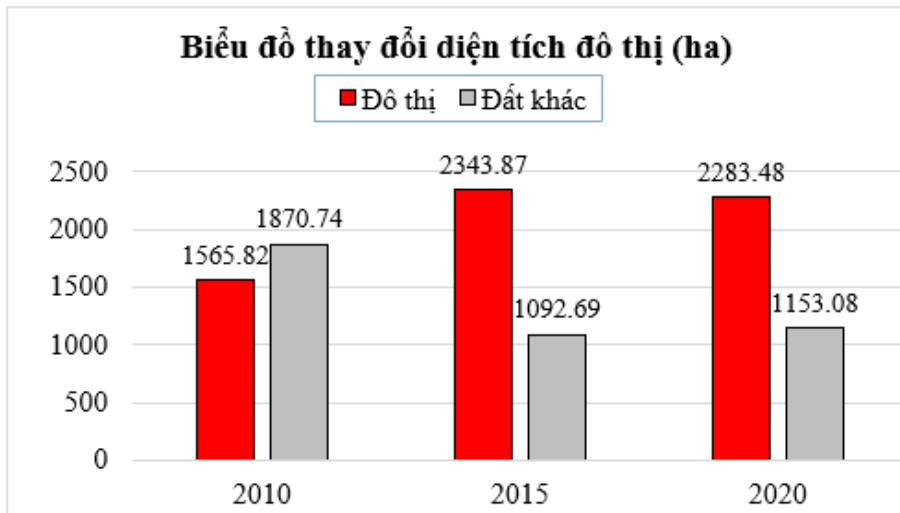
3. Kết quả và thảo luận

Sau quá trình phân loại biên tập bản đồ phân bố không gian và diện tích đô thị thành phố Phủ Lý, tỉnh Hà Nam ở 3 thời kỳ: 2010, 2015 và 2020.



Hình 8: Bản đồ phân bố không gian & diện tích đô thị thành phố Phủ Lý

Diện tích các loại đất đô thị và đất khác của thành phố Phủ Lý, tỉnh Hà Nam ở 3 thời kỳ: 2010, 2015 và 2020 được tổng hợp và biểu thị ở biểu đồ sau:



Hình 9: Biểu đồ thay đổi diện tích đô thị thành phố Phủ Lý trong giai đoạn 2010-2020

Giai đoạn đầu 2010-2015 đánh dấu tốc độ gia tăng đô thị rất nhanh, quá trình đô thị hóa diễn ra có tốc độ nhanh với sự phát triển không gian đô thị về phía Đông, và giai đoạn sau từ 2015-2020, tốc độ gia tăng đô thị giảm dần và gần như không thay đổi do việc mở rộng đã hoàn thành và đi vào xây dựng vùng lõi. Nhìn chung, sau 10 năm kể từ khi được nâng cấp và công nhận thành thành phố trực thuộc tỉnh, Phủ Lý vẫn đang trong bước chuyển mình với các dự án xây dựng và mở rộng đô thị dựa trên quỹ đất tự nhiên vốn có. Tuy nhiên, tốc độ đô thị hóa trong 10 năm trở lại qua trở lại đây khá

cao, khoảng 40%. Ngoài ra do chiến lược quy hoạch của tỉnh đi sâu vào nâng cấp cơ sở hạ tầng ở khu vực lõi (trung tâm thành phố), đồng thời, để đáp ứng việc vừa xây dựng mới để duy trì tính cân bằng về diện tích đô thị và các cảnh quan xung quanh, thành phố cũng chú trọng phát triển ở vùng ngoài. Điều này hoàn toàn phù hợp với xu hướng phát triển chung đô thị và đặc điểm điều kiện tự nhiên và xã hội của thành phố.

5. Kết luận

Với ưu điểm vượt trội công nghệ viễn thám đã được ứng dụng để nghiên cứu tài nguyên và môi trường một cách hiệu quả, đặc biệt là sự biến động lớp phủ bề mặt. Việc nghiên cứu diễn biến mở rộng đất đô thị và suy giảm của lớp phủ thực vật từ quá khứ cho tới hiện tại sẽ là cơ sở quan trọng trong việc quản lý và quy hoạch môi trường cho các khu đô thị. Kết quả nghiên cứu cho thấy tư liệu viễn thám đa thời gian góp phần theo dõi và đánh giá quá trình mở rộng không gian đô thị khá chính xác, phù hợp với thực tế và quy hoạch phát triển vùng của thành phố Phủ Lý. Cụ thể là việc mở rộng không gian đô thị trong các năm 2010 - 2015 và phát triển vùng lõi 2015 - 2020. Tốc độ đô thị hóa trong vòng 10 năm qua của thành phố cũng ở mức cao – khoảng 40%. Tuy nhiên, với tư liệu ảnh vệ tinh Landsat TM và OLI có độ phân giải của ảnh chỉ ở mức trung bình khoảng 30m, điều này ít nhiều ảnh hưởng đến độ chính xác xác định biến động lớp phủ đô thị. ○

Lời cảm ơn

Bài báo là một phần kết quả nghiên cứu của Luận văn Thạc sĩ “Ứng dụng viễn thám và GIS xác định quá trình đô thị hóa khu vực thành phố Phủ Lý, tỉnh Hà Nam giai đoạn 2010-2020”. Tác giả xin gửi lời cảm ơn đến Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Hà Nam, Phòng Tài nguyên và Môi trường thành phố Phủ Lý đã tạo điều kiện cho tôi thu thập số liệu để thực hiện luận văn.

Tài liệu tham khảo

[1]. The, Đ.T.; Cự, P.V.; Nhuận, M.T.; Liễu, T.M.; Đương, Đ.V. Ứng dụng Viễn thám và GIS nghiên cứu đô thị hóa thành phố Đà Nẵng và mối quan hệ của đô thị hóa trong xây dựng thành phố có khả năng ứng phó với biến đổi khí hậu. Báo cáo Hội nghị Ứng dụng GIS toàn quốc 2015, 570–576.

[2]. Trung, L.V.; Vũ, N.N. Ứng dụng viễn thám và GIS đánh giá xu thế đô thị hóa tại thành phố Cần Thơ. *Tạp chí Phát triển Khoa học & Công nghệ* 2018, 2, 57–62.

[3]. Hoa, Đ.T.B. Nghiên cứu mật độ đô thị Hà Nội và bề mặt không thám bằng công nghệ viễn thám và GIS. *Tạp chí Khoa học, Trường Đại học Sư phạm Hà Nội* 2015, 144–151.

[4]. Xu, H. A new index for delineating built-up land features in satellite imagery. *Int. J. Remote Sens.* 2008, 29, 4269–4276. <http://dx.doi.org/10.1080/01431160802039957>.

Hà, L.T.T.; Làn, P.T.; Trung, N.V.; Mỹ, V.C.; Cự, P.V. Ứng dụng tư liệu viễn thám xác định xu hướng gia tăng bề mặt không thám ở nông thôn. *Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ* 2015, 26, 28–35.

[5]. Hùng, T.L.; Nga, N.T.T.; Tuyên, V.D.; Phương, B.T. Đánh giá và dự báo biến động đất đô thị khu vực nội thành thành phố Hà Nội bằng tư liệu viễn thám và GIS. *Tạp chí Khoa học, Trường Đại học Sư phạm TP. Hồ Chí Minh* 2017, 14, 176–187.

[6]. Wang, Z.; Gang, C.; Li, X.; Chen, Y.; Li, J. Application of a normalized difference impervious index (NDII) to extract urban impervious surface features based on Landsat TM images. *Int. J. Remote Sens.* 2015, 36, 1055–1069.8. Xu, H. Analysis of Impervious Surface and its Impact on Urban Heat Environment using the Normalized Difference Impervious Surface Index (NDISI). *Photogramm. Eng. Remote Sens.* 2010, 76, 557–565. <https://doi.org/10.14358/PERS.76.5.557>.

[7]. Breiman L., (2001). Random Forests. *Machine Learning Journal Paper*, vol. 45, (no.1), p. 5-32. Oct. 2001. ○

Summary

Research applications of specification and GIS process assessment urbanization of Phu Ly city, Ha Nam province

Nguyen Van Thai, Ha Nam Department of Natural Resources and Environment

Tran Xuan Truong, Le Thanh Nghi, Hanoi University of Mining and Geology

Nguyen Nhu Hung, Le Quy Don University of Technology

This paper presents a study on extracting information: Normalized Difference Vegetation Index - NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), Urban Index - NDBI (Normalized Difference Built-up Index), Zero Surface Difference Index Homogeneous - NHFD (Non-Homogenous Feature Difference) from multi-temporal LandSat satellite images and GIS established a map of urban spatial distribution at the time of 2010, 2015 and 2020 in Phu Ly city, Ha Nam province. Research results show that multi-time remote sensing data contributes to monitoring and evaluating the process of urban spatial expansion quite accurately, in line with the reality and regional development planning of Phu Ly city. Specifically, the expansion of urban space in the years 2010 - 2015 and the development of the core zone from 2015 to 2020. The urbanization rate in the past 10 years of the city is also high - about 40%.○

Keywords: LandSat Images, Urban, GIS.