

ĐÁNH GIÁ SỰ THAY ĐỔI LỚP PHỦ, SỬ DỤNG ĐẤT TẠI THÀNH PHỐ ĐÔNG HÀ, TỈNH QUẢNG TRỊ BẰNG ẢNH VỆ TINH VÀ DỰ ĐOÁN SỰ THAY ĐỔI BẰNG MÔ HÌNH MOLUSCE TRONG QGIS

Nguyễn Thùy Phương*, Hồ Tất Uy

Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế

*Tác giả liên hệ: nguyenthuyphuong@huaf.edu.vn

Nhận bài: 10/04/2023 Hoàn thành phản biện: 16/05/2023 Chấp nhận bài: 18/05/2023

TÓM TẮT

Nghiên cứu này mục đích là để đánh giá được sự thay đổi của lớp phủ, sử dụng đất trong 10 năm (2013 - 2023) của thành phố Đông Hà, tỉnh Quảng Trị dựa trên việc giải đoán ảnh vệ tinh Landsat 8 và dự báo lớp phủ, sử dụng đất năm 2033 bằng mô hình MOLUSCE trong QGIS. Các lớp phủ, sử dụng đất được nhận diện bằng phương pháp phân loại có giám sát Maximum Likelihood. Ba bản đồ lớp phủ, sử dụng đất năm 2013, 2018, và 2023 đã được xây dựng có độ chính xác tốt (chỉ số Kappa > 0,75). Trong giai đoạn 10 năm, thành phố Đông Hà mở rộng các khu vực đô thị với diện tích đất xây dựng tăng lên 484,7 ha. Diện tích đất sản xuất nông nghiệp giảm trong giai đoạn nghiên cứu với 585,5 ha. Diện tích đất rừng đã tăng 34,2 ha nhờ các chính sách phục hồi rừng của chính quyền địa phương. Một phần đất trống đã được đưa vào khai thác nên giảm 4,4 ha. Dựa trên lịch sử thay đổi lớp phủ, địa hình, và không gian, bản đồ lớp phủ, sử dụng đất năm 2033 đã được dự đoán bằng thuật toán mô hình tế bào tự động – hệ thống thần kinh nhân tạo (CA-ANN) với công cụ MOLUSCE plugin trong QGIS. Kết quả dự báo cho độ chính xác 69,3%. Đất xây dựng được dự báo sẽ tiếp tục tăng thêm 288,1 ha. Ngược lại, đất sản xuất nông nghiệp và đất trống có thể giảm 141,7 ha và 166,6 ha tương ứng. Trong khi đó, phần diện tích đất rừng và mặt nước tiếp tục được duy trì và ít thay đổi.

Từ khóa: Ảnh vệ tinh, Dự báo lớp phủ sử dụng đất, Maximum Likelihood Classification (MLC), MOLUSCE, Thay đổi lớp phủ sử dụng đất

LAND USE AND LAND COVER CHANGES IN DONG HA CITY, QUANG TRI PROVINCE BY SATELLITE DATA ANALYSIS AND PREDICTION OF LAND USE AND LAND COVER MAP

Nguyen Thuy Phuong*, Ho Tat Uy

University of Agriculture and Forestry, Hue University

ABSTRACT

The aim of this research is to evaluate changes in land use and land cover (LULC) in Dong Ha City, Quang Tri Province from 2013 to 2023 based on Landsat 8 OLI satellite data analysis and prediction of LULC change. Maximum Likelihood Classification (MLC) was applied to identify the types of land use, land cover. LULC maps in 2013, 2018, and 2023 built had good accuracy scores (Kappa index > 0.75). Over the 10-year period, Dong Ha City extended urban area, increasing by 484.7 ha. The area of agricultural land dropped by 585.5 ha, which was mostly transferred to urban land. For policies to restore natural forest and improve the quality of planted forest, forest land ascended by 34.2 ha. A part of land was exploited, therefore, its area decreased by 4.4 ha. Based on the history of LULC changes, DEM and spatial structure, the prediction of LULC maps in 2033 completed by Cellular automata - Artificial Neural Network (CA-ANN) in MOLUSCE plugin in QGIS. The prediction method had an accuracy at 69.3%. The urban land is predicted to keep increasing by 288.1 ha. On the contrary, the agricultural land and bare land will decrease by 141.7 ha and 166.6 ha respectively. The forest land and waterbody will slightly change.

Keywords: Remote sensing data, LULC changes, Maximum Likelihood Classification (MLC), Prediction of LULC, MOLUSCE

1. MỞ ĐẦU

Lớp phủ đất mô tả các đặc điểm của đất như: cây trồng, đồng cỏ, bề mặt nước, rừng, và đất xây dựng. Trong khi đó, sử dụng đất cho biết mục đích kinh tế, xã hội mà đất sử dụng như: đất sản xuất nông nghiệp, lâm nghiệp, đất ở (Eurostat và cs., 2011; Xiong và cs., 2022). Giám sát và quản lý dữ liệu đất đai là một trong những hoạt động rất quan trọng trong việc quản lý các hoạt động kinh tế - xã hội và sử dụng bền vững tài nguyên thiên nhiên. Các nguyên nhân tự nhiên cũng có thể dẫn đến sự thay đổi lớp phủ, ví dụ như cháy rừng tự nhiên, thay đổi dòng chảy dẫn đến sạt lở bờ biển, trong khi đó, thay đổi sử dụng đất đến từ các hoạt động của con người (Verma và cs., 2020).

Hiện nay với sự phát triển của công nghệ viễn thám và hệ thống thông tin địa lý (GIS), việc giám sát sự thay đổi LULC đang trở nên thuận lợi, tiết kiệm chi phí và tiết kiệm thời gian hơn bao giờ hết nhưng vẫn đạt được độ chính xác tốt, có thể đạt trên 86% (Chaikaew, 2019; Norovsuren và cs., 2019). Các nhà khoa học đã nỗ lực để phát hiện sự thay đổi LULC bằng thông tin thu thập được từ giải đoán ảnh viễn thám (Seyam và cs., 2023). Haj và cs. (2023) đánh giá sự thay đổi LULC trong 10 năm (2010 - 2020) ở Morocco cho kết quả diện tích nông nghiệp và rừng giảm 5% và diện tích đất trống tăng 1% tổng diện tích tự nhiên, với độ chính xác của việc giải đoán ảnh đạt từ 80% đến 93%. Các thông tin thu thập được từ việc giải đoán ảnh có thể được sử dụng để phân tích tác động của con người và các yếu tố khác theo thời gian lên sự thay đổi LULC. Để phân loại LULC từ ảnh vệ tinh, ba phương pháp phân loại phổ biến nhất gồm phân loại không giám sát, phân loại giám sát, và phân tích hình ảnh dựa trên đối tượng (Alshari và Gawali, 2021). Trong đó, phương pháp Maximum Likelihood Classification – phân loại khả năng tối đa có giám sát đang được áp dụng rộng rãi trong

phân loại LULC (Liang và cs., 2021; Haj và cs., 2023). Patil và cs. (2012) đã so sánh phương pháp MLC và phương pháp khoảng cách tối thiểu cho kết quả rằng MLC cho kết quả có độ chính xác cao hơn (độ chính xác 91% và 87%, tương ứng) và kết luận MLC là phương pháp thích hợp cho việc giám sát và phân tích LULC. Một số nghiên cứu sử dụng phương pháp MLC để phân loại bản đồ LULC cho kết quả với chỉ số Kappa cao từ 0,87 đến 0,90 (Norovsuren và cs., 2019; Seyam và cs., 2023). Ngoài ra, một số thuật toán trong machine learning cũng được áp dụng để nhận diện đối tượng như random forest (RF), support vector machine (SVM), Artificial Neural Network (ANN), Fuzzy, spectral angle mapper (SAM), và Mahalanobis distance (MD) kết quả cho thấy 6 thuật toán này cho độ chính xác xấp xỉ nhau với chỉ số Kappa thay đổi từ 0,82 – 0,89 (Talukdar và cs., 2020).

Từ các phân tích sự thay đổi LULC được thực hiện, các dự báo cho sự thay đổi này trong tương lai đang được đặc biệt quan tâm. Mô hình chuỗi Markov dự báo sự thay đổi LULC được xem như là một phương pháp truyền thống, được áp dụng trong nhiều nghiên cứu đã công bố (Liang và cs., 2021). Tuy nhiên mô hình chuỗi Markov chỉ cung cấp động lực tạm thời nhưng không xem xét dữ liệu điều khiển trong dự đoán thay đổi không gian (Risma và cs., 2019). Để khắc phục nhược điểm này, mô hình tế bào tự động - Cellular automata (CA) thể hiện các quá trình không gian và quá trình động, trong đó các thay đổi trong tương lai phụ thuộc vào trạng thái không gian của các pixel lân cận (Rahman và cs., 2017). Mô hình CA dựa trên hệ thống thần kinh nhân tạo (Artificial Neural Network - ANN) trong Deep Learning đang được áp dụng rộng rãi và đạt được các kết quả tốt trong việc dự báo LULC trong tương lai (Sajan và cs., 2022).

Nghiên cứu này mục đích là để đánh giá sự thay đổi LULC của thành phố Đông

Hà, tỉnh Quảng Trị trong thời gian 10 năm (2013 – 2023) dựa trên dữ liệu ảnh vệ tinh Landsat 8 OLI được xử lý trên công cụ ArcMap. Từ đó, dự đoán LULC của năm 2033 bằng mô hình CA-ANN trong QGIS.

2. NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nội dung nghiên cứu

Nghiên cứu thực hiện các nội dung sau:

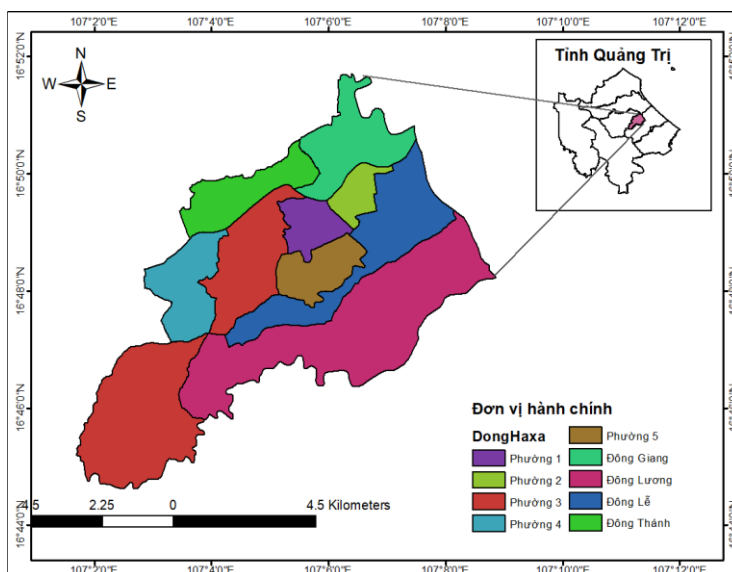
(1) Xây dựng bản đồ LULC năm 2013, 2018 và 2023

(2) Đánh giá biến động LULC của các giai đoạn 2013-2018, 2018-2023, và 2013-2023

(3) Dự báo sự thay đổi LULC của năm 2033

2.2. Khu vực nghiên cứu

Thành phố Đông Hà là trung tâm chính trị, kinh tế và văn hóa của tỉnh Quảng Trị và là một trong những thành phố có sự thay đổi nhanh và đa dạng về sử dụng đất. Tổng diện tích tự nhiên của thành phố là 72,95 km² với 9 phường và dân số 84.157 người (năm 2022). Khu vực nghiên cứu có hai dạng địa hình cơ bản là gò đồi ở phía tây và tây nam, và dạng địa hình đồng bằng. Cơ cấu sử dụng đất của thành phố Đông Hà gồm 54% là đất nông nghiệp, 42,4% đất phi nông nghiệp và 3,8% đất chưa sử dụng (UBND, 2022).



Hình 1. Bản đồ thành phố Đông Hà, tỉnh Quảng Trị

2.3. Xây dựng bản đồ LULC và đánh giá sự thay đổi LULC

2.3.1. Thu thập và xử lý dữ liệu ảnh vệ tinh

Nghiên cứu sử dụng các dữ liệu ảnh vệ tinh Landsat 8 OLI_TIRS từ cơ quan Cục Khảo sát Địa chất Hoa Kỳ - USGS để thực hiện xây dựng bản đồ LULC. Ảnh của khu vực nghiên cứu (path/row = 125/048) của 3 năm 2013 (13/07/2013), 2018 (22/04/2018), và 2023 (14/01/2023) được thu thập. Điều kiện tải ảnh vệ tinh được lựa

chọn có mây che phủ < 10% nhằm bảo đảm việc giải đoán ảnh có độ chính xác cao. Các kênh ảnh từ B1 đến B7 có độ phân giải 30 x 30 m được gộp để sử dụng cho nghiên cứu. Các ảnh viễn thám sau khi tải được xử lý, phân tích, xây dựng bản đồ, và đánh giá sự thay đổi LULC được thực hiện trên phần mềm ArcMap 10.8.

2.3.2. *Đánh giá sự thay đổi LULC*

*** Xây dựng bản đồ LULC**

Quy trình phân loại ảnh vệ tinh được chia thành 4 bước chính: B1- Tiền xử lý ảnh vệ tinh; B2 - Phát hiện mục tiêu ảnh bằng

thuật toán Deep Learning và trích xuất các tính năng phân loại của các hình ảnh đất khác nhau; B3 - phân loại ảnh bằng phương pháp MLC; B4 - đánh giá độ chính xác của việc phân loại (Liang và cs., 2021).

Bảng 1. Phân lớp LULC

Phân lớp	Loại hình LULC thực	Số mẫu ảnh nhận diện
Đất sản xuất nông nghiệp (SXNN)	Đất sản xuất nông nghiệp, đồng cỏ	10
Đất rừng	Đất rừng (rừng trồng và rừng tự nhiên), khu vực có mật độ cây cao và dày đặc, khu vực cây bụi	14
Đất xây dựng	Đất ở đô thị	8
Mặt nước	Sông, suối, ao hồ	8
Đất trống	Đất trống	6

Phương pháp Maximum Likelihood Classification (MLC) được sử dụng để nhận diện LULC trong nghiên cứu này. Thuật toán MLC thừa nhận mỗi lớp trong mỗi kênh ảnh có thể được mô tả bằng phân phối thông thường và tuân theo định lý Bayes (Haj & ctv., 2023). Nghiên cứu phân loại lớp phủ thành 5 lớp và số mẫu ảnh lựa chọn cho mỗi lớp (training samples) được trình bày trong Bảng 1.

*** Đánh giá độ chính xác của bản đồ LULC**

Chỉ số Kappa được sử dụng để đánh giá độ chính xác của bản đồ LULC được xây dựng trong nghiên cứu này. Nghiên cứu lựa chọn ngẫu nhiên 150 điểm trên mỗi bản đồ LULC. Mỗi điểm thuộc từng phân lớp

trên bản đồ được đối chiếu với sự phân lớp thực ngoài thực địa. Trong nghiên cứu này, các dữ liệu phân lớp được đối sánh với hình ảnh có độ phân giải cao trên Google Earth mà nó được xem là dữ liệu thực ngoài thực địa. Sau khi đối chiếu, bảng ma trận sai số thể hiện độ chính xác của quá trình phân loại LULC được tính toán, bao gồm: độ chính xác người dùng, độ chính xác nhà sản xuất cho mỗi lớp, và chỉ số Kappa chung. Các giá trị này dao động từ 0 đến 1, trong đó 1 thể hiện độ chính xác 100%. Nếu Kappa > 0,75 thì kết quả mô hình là tốt và phù hợp với thực tế (Xiong và cs., 2022). Chỉ số Kappa được tính theo công thức sau (ESRI, 2021):

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \cdot x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \cdot x_{+i})}$$

Trong đó, r – số phân lớp trong ma trận, x_{ii} - số lượng phân lớp đúng của hàng i và cột i được quan sát trong ma trận sai số, x_{i+} và x_{+i} - tổng số mẫu phân loại đúng trong hàng i và tổng số mẫu phân loại đúng trong cột i tương ứng, N tổng số quan sát.

Độ chính xác của việc phân lớp được đánh giá là tỷ lệ giữa tổng số điểm mẫu phân loại đúng và tổng số điểm quan sát (Rwanga và Ndambuki, 2017).

*** Phân tích sự thay đổi LULC**

Sự thay đổi LULC giữa các năm được phân tích trên phần mềm ArcMap 10.8. Bản đồ thay đổi LULC giữa 2 năm 2013 – 2018, 2018 – 2023, và 2013 - 2023 được xây dựng bằng công cụ Intersect trong Geoprocessing. Cuối cùng, diện tích thay đổi của từng loại LULC được tính toán.

2.3.3. Dự đoán thay đổi lớp phủ, sử dụng đất

Nghiên cứu sử dụng mô hình Cellular Automata – Artificial Neural Network (CA-ANN) để dự báo sự thay đổi của LULC

bằng việc phân tích lịch sử thay đổi sử dụng đất và tuân theo nguyên tắc phân bố không gian gồm: dữ liệu độ cao và khoảng cách đến đường giao thông. Vùng có tính thích hợp cao sẽ được ưu tiên chuyển đổi trong dự báo sử dụng đất. Mô hình này được chạy trên phần mềm MOLUSCE plugin trong QGIS 2.8.9. Dữ liệu DEM được thu thập từ USGS Earth Explorer trong SRTM 1-ArcSecond Global (ngày download dữ liệu 15/3/2023) và sử dụng công cụ Resample trong ArcMap để chuyển về độ phân giải 30 x 30 m. Dữ liệu đường giao thông được trích xuất từ nguồn dữ liệu mở OpenStreetMap (ngày download dữ liệu 16/3/2023).

Các kết quả phân tích thay đổi LULC theo thời gian của giai đoạn 2013 – 2023 là cơ sở để dự báo xu hướng thay đổi đến năm 2033. Trước tiên, mô hình xác thực bằng cách sử dụng dữ liệu sự thay đổi LULC giai đoạn 2013 - 2018. Dữ liệu này làm cơ sở để mô phỏng bản đồ LULC cho năm 2023 (bản đồ mô phỏng 2023). Mức độ chính xác của

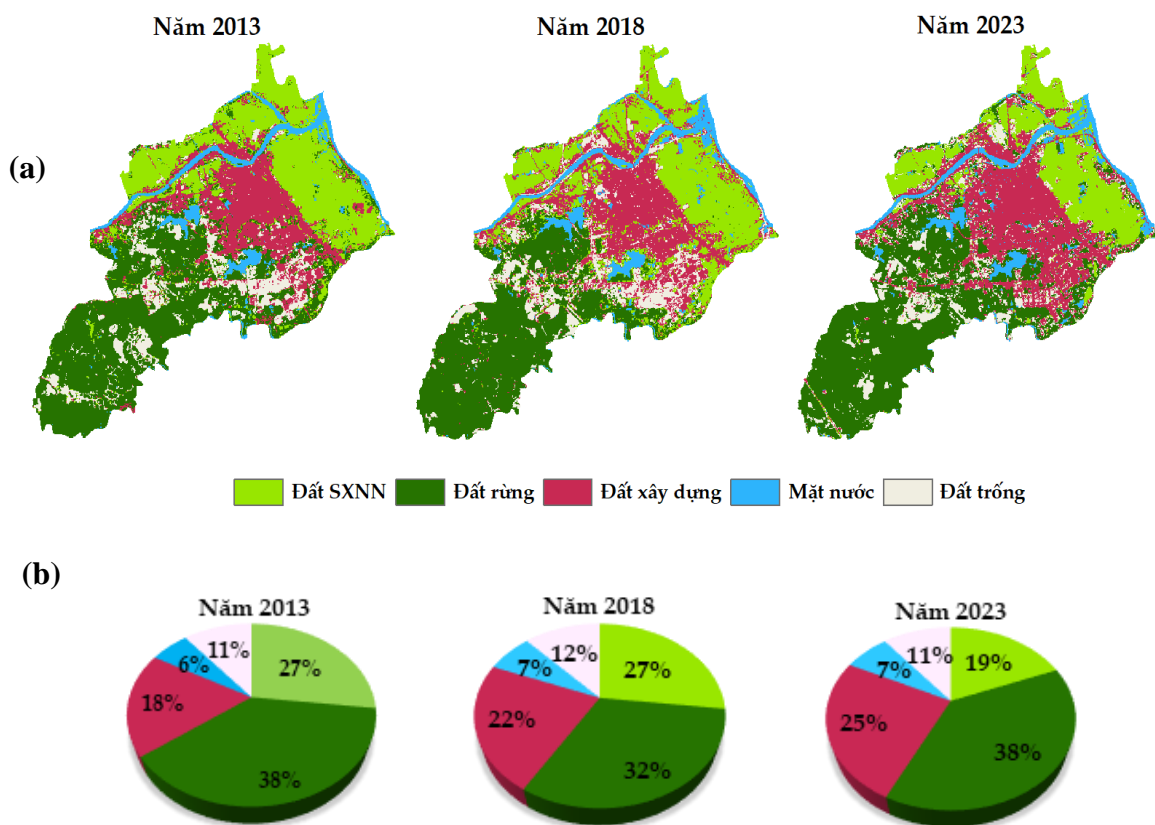
mô hình dự báo này được đánh giá dựa trên việc so sánh bản đồ mô phỏng 2023 với bản đồ LULC 2023 được xây dựng từ giải đoán ảnh vệ tinh.

Theo quan điểm đánh giá mô hình mô phỏng của Ruijven và cs. (2010) (được trích dẫn bởi Trương Chí Quang và cs., 2021), nếu giá trị sai số mô hình mô phỏng so với trung bình quan sát $nRMSE < 0,1$ thì mô hình mô phỏng này được đánh giá là tốt và được chấp nhận. Theo Xiong và cs. (2022), chỉ số Kappa nếu nhỏ hơn 0,4 thì mô hình không thích hợp để dự báo, nếu từ 0,4 đến 0,75 thì kết quả ở mức trung bình, và nếu lớn hơn 0,75 thì mô hình dự báo tốt cho sự thay đổi LULC.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Xây dựng bản đồ LULC

Bản đồ LULC của thành phố Đông Hà của năm 2013, 2018 và 2023 đã được xây dựng và biểu đồ thống kê cơ cấu diện tích từng loại lớp phủ, sử dụng đất của các năm từ bản đồ được thể hiện trong Hình 2.



Hình 2. Bản đồ LULC (a) và cơ cấu diện tích từng loại LULC (b) năm 2013, 2018, và 2023

Ba bản đồ LULC của 2013, 2018, và 2023 đều cho độ chính xác tốt với chỉ số Kappa tương ứng 0,77, 0,87, và 0,77, và độ chính xác chung tương ứng 83%, 91%, và 83%. Do đó, các bản đồ được xây dựng là phù hợp cho việc đánh giá sự thay đổi LULC. So sánh với một số nghiên cứu đã được công bố khác cho thấy, kết quả giải đoán trong nghiên cứu này cho độ chính xác thấp hơn. Cụ thể là, trong nghiên cứu của Norovsuren và cs. (2019), độ chính xác lên đến 86,5% và 89%. Độ chính xác không chỉ phụ thuộc vào chất lượng ảnh, nó còn phụ thuộc vào đặc điểm khu vực nghiên cứu, và

đặc biệt là phụ thuộc vào việc lựa chọn đối tượng huấn luyện cho mô hình giải đoán (Colditz và cs., 2008). Việc giải đoán ảnh có thể bị sai số lớn khi thuật toán nhận diện nhầm đối tượng lớp phủ, ví dụ nhầm lẫn khi nhận diện đất sản xuất nông nghiệp vào thời điểm để trồng giữa 2 vụ và đất rừng có lớp phủ thực vật thưa thớt. Để hạn chế sai số này, việc lựa chọn đối tượng ảnh để nhận diện (training samples) là rất quan trọng, có thể lựa chọn và tăng số lượng mẫu của các phân lớp. Một số khu vực đất được san lấp mặt bằng để chuẩn bị cho xây dựng cũng bị giải đoán sai thành đất trồng.

Bảng 2. Ma trận sai số của giải đoán ảnh năm 2013, 2018, và 2023

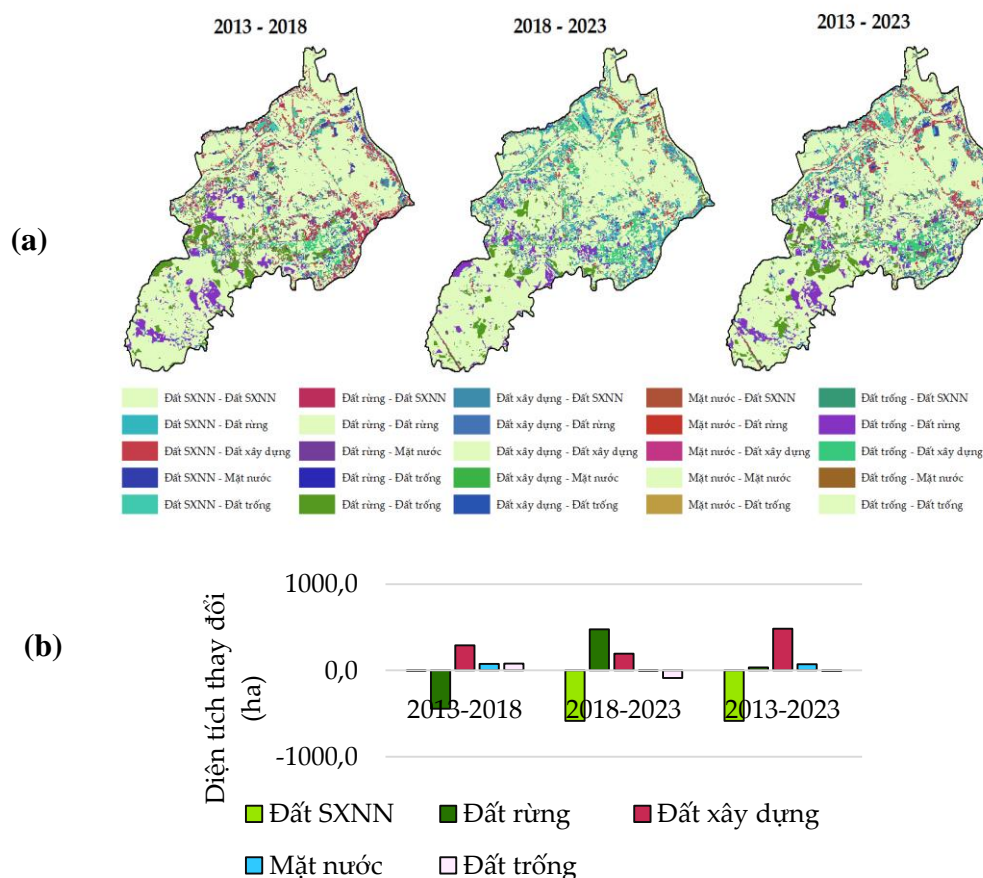
Năm	LULC	Đất sản xuất nông nghiệp (SXNN)					Tổng	U_Accuracy	Kappa
		Đất nông nghiệp	Đất rừng	Đất xây dựng	Mặt nước	Đất trống			
2013	Đất SXNN	36	2	2	0	0	40	0.90	0.77
	Đất rừng	3	51	1	1	9	65	0.78	
	Đất xây dựng	2	0	20	0	1	23	0.87	
	Mặt nước	1	0	0	5	0	6	0.83	
	Đất trống	0	1	2	0	13	16	0.81	
	Tổng	42	54	25	6	23	150		
	P_Accuracy	0.86	0.94	0.80	0.83	0.57	0	0.83	
2018	Đất SXNN	39	2	2	0	2	45	0.87	0.87
	Đất rừng	0	50	0	0	3	53	0.94	
	Đất xây dựng	3	0	30	0	0	33	0.91	
	Mặt nước	0	0	0	5	1	6	0.83	
	Đất trống	0	0	1	0	12	13	0.92	
	Tổng	42	52	33	5	18	150		
	P_Accuracy	0.93	0.96	0.91	1	0.67	0	0.91	
2023	Đất SXNN	30	0	1	0	1	32	0.94	0.77
	Đất rừng	1	53	2	0	5	61	0.87	
	Đất xây dựng	2	2	30	0	1	35	0.86	
	Mặt nước	3	0	0	5	0	8	0.63	
	Đất trống	1	3	3	0	7	14	0.5	
	Tổng	37	58	36	5	14	150		
	P_Accuracy	0.81	0.91	0.83	1	0.5	0	0.83	
Kappa									

Bảng 3. Diện tích của các loại LULC của năm 2013, 2018, và 2023

Lớp phủ, sử dụng đất	Diện tích (ha)		
	2013	2018	2023
Đất sản xuất nông nghiệp	1.956,9	1.955,6	1.371,4
Đất rừng	2.747,5	2.302,8	2.781,7
Đất xây dựng	1.344,6	1.634,5	1.829,3
Mặt nước	436,4	511,0	507,5
Đất trống	780,7	862,1	776,3
Tổng	7.266,1	7.266,1	7.266,1

Tổng diện tích tự nhiên của thành phố Đông Hà là 7.266,1 ha (Bảng 3) và không thay đổi cho cả 3 năm được dự đoán. Dựa trên việc giải đoán ảnh và các công cụ tính toán diện tích cho từng loại đất, có thể thấy rằng diện tích của từng loại đất có sự thay đổi đáng kể giữa các năm. Trong đó, đất sản xuất nông nghiệp theo xu hướng giảm dần. Diện tích loại đất này giảm 585,5 ha giai đoạn 2013 - 2023, đặc biệt giai đoạn 2018 -

2023 với 584,2 ha. Ngược lại, đất xây dựng tăng liên tục lên 484,7 ha trong 10 năm, từ 1.344,6 đến 1.829,3 ha. Sự gia tăng diện tích đất xây dựng và giảm diện tích đất sản xuất nông nghiệp này là một quá trình tất yếu, phù hợp với xu hướng phát triển của thành phố Đông Hà và một số khu vực khác (Phạm Hữu Ty và cs., 2021; Trịnh Thị Hoài Thu và cs., 2014).



Hình 3. Bản đồ thay đổi LULC (a) và biểu đồ diện tích thay đổi LULC (b) giai đoạn 2013-2018, 2018-2023, và 2013-2023

Đối với đất rừng, kết quả giải đoán ảnh cho thấy diện tích này có giảm đi 444,7 ha vào năm 2018, nhưng bắt đầu tăng trở lại 479,0 ha vào năm 2023. Diện tích rừng tăng năm 2023 là kết quả nỗ lực của ngành lâm nghiệp tỉnh Quảng Trị đã chú trọng thực hiện bảo vệ và phục hồi rừng tự nhiên, nâng cao năng suất và chất lượng rừng trồng (QRTV, 2019). Đất chưa sử dụng có xu hướng giảm mặc dù không đáng kể.

Sau thời gian 10 năm (2013 - 2023), đất sản xuất nông nghiệp chủ yếu chuyển sang đất xây dựng với diện tích 259,8 ha, chiếm một nửa diện tích đất sản xuất nông nghiệp bị giảm trong giai đoạn này. Đất xây dựng tăng lên 484,7 ha trong khoảng thời gian này, và diện tích đất rừng tăng lên 34,2 ha. Ngược lại, diện tích đất trồng giảm 4,4 ha khi phần diện tích này được chuyển sang đất sản xuất nông nghiệp và đất rừng trồng.

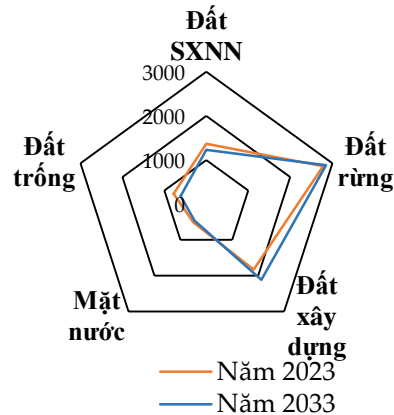
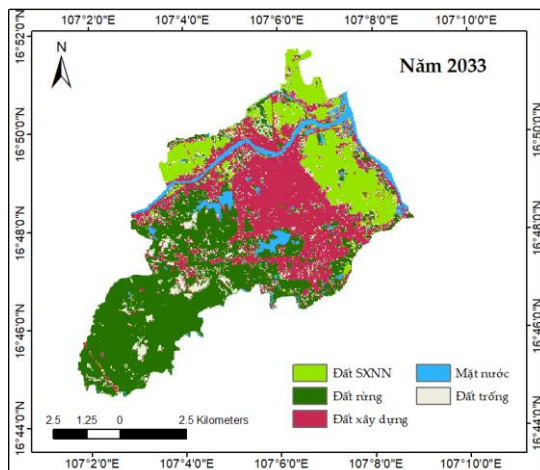
Sự thay đổi diện tích của các lớp phủ là đáng kể, đặc biệt là đối với rừng sản xuất do sự khai thác và trồng trở lại sau mỗi 5 năm. Bên cạnh đó, các nỗ lực của tỉnh Quảng Trị trong việc phục hồi lại các cánh rừng tự nhiên, tăng chất lượng và năng suất của rừng trồng trong suốt thời gian qua đã phục hồi lại diện tích rừng. Việc chuyển đổi

đất sản xuất nông nghiệp sang đất xây dựng nhằm phục vụ cho quá trình đô thị hóa.

3.3. Dự báo sự thay đổi lớp phủ, sử dụng đất

Mô hình CA-ANN chạy trên phần mềm QGIS được huấn luyện dựa trên sự thay đổi của LULC của năm 2013 và năm 2018. Bản đồ LULC năm 2023 từ mô hình CA-ANN được so sánh với bản đồ LULC năm 2023 từ giải đoán ảnh vệ tinh để đánh giá độ chính xác cho mô hình trước khi áp dụng để dự báo cho năm 2033. Kết quả cho thấy phần trăm độ chính xác của mô hình dự báo cho năm 2023 là 69,3%. Mô hình này cho giá trị sai số so với trung bình quan sát nRMSE là 0,049, tốt hơn so với kết quả dự báo bằng phương pháp đa tiêu chí với 0,052 của Truong và cs. (2021). Khi so sánh với các mô hình CA-Markov và LCM (Land Change Modeler) trong nghiên cứu của Xiong và cs. (2022), mô hình này cho kết quả với chỉ số Kappa là 0,65, thấp hơn mô hình CA-Markov là 0,82 và mô hình LCM là 0,78.

Như vậy, kết quả này có thể được chấp nhận để dự báo LULC trong tương lai. Kết quả khi áp dụng mô hình CA-ANN để dự báo LULC năm 2033 như được thấy trong Hình 4.



Hình 4. Bản đồ dự báo LULC năm 2033 (a) và biểu đồ raster về sự thay đổi diện tích LULC của năm 2023 và 2033 (b)

Năm 2033 được dự đoán diện tích đất rừng và mặt nước ít thay đổi. Trong khi đó, đất sản xuất nông nghiệp được dự đoán tiếp tục giảm xuống còn 1.229,7 ha, giảm đi 141,7 ha so với năm 2023. Tương tự, một phần diện tích đất trồng được đưa vào khai thác, phục vụ cho các mục đích khác, với diện tích giảm 166,6 ha. Diện tích đất xây dựng tăng lên 288,1 ha được chuyển sang từ đất sản xuất nông nghiệp và đất trồng.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã xây dựng được bản đồ LULC của thành phố Đông Hà cho 3 năm 2013, 2018, và 2023 dựa trên việc giải đoán ảnh vệ tinh (với độ phân giải 30 m) bằng phương pháp Maximum Likelihood Classification. Các bản đồ này cho chỉ số Kappa tốt với 0,77 và 0,87 và độ chính xác chung 83% và 91%. Xu hướng thay đổi LULC là chuyển một phần đất sản xuất nông nghiệp sang đất xây dựng. Trong đó, đất sản xuất nông nghiệp giảm đi 585,5 ha trong giai đoạn 10 năm (2013-2023). Ngược lại, diện tích đất sử dụng cho mục đích xây dựng tăng lên 484,7 ha. Các lớp phủ còn lại có sự thay đổi diện tích ít hơn (< 72 ha). Dựa trên việc giải đoán ảnh, các kết quả thấy diện tích rừng tự nhiên và rừng sản xuất đã được tính chú trọng phục hồi cả về chất lượng và số lượng. Nghiên cứu cũng đã dự báo sự thay đổi của bản đồ LULC sau 10 năm (năm 2033) dựa trên lịch sử thay đổi LULC, yếu tố độ cao và yếu tố không gian bằng mô hình CA-ANN, độ chính xác của mô hình là 69,3% và sai số mô hình mô phỏng so với trung bình quan sát nRMSE trong nghiên cứu này là 0,049. Mặc dù độ chính xác của việc dự báo là chưa cao, tuy nhiên, mô hình CA-ANN có thể được chấp nhận cho mô hình dự báo LULC trong tương lai.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Tài liệu tiếng Việt

- QRTV – Đài phát thanh truyền hình Quảng Trị. ((28/11/2019). Ngành Lâm nghiệp Quảng Trị trong thời kỳ đổi mới. <http://quangtrivtv.vn/tin-tuc-n3566/nganh-lam-nghiep-quang-tri-trong-thoi-ky-doi-moi.html>. Truy cập ngày 30/03/2023.
- Trương Chí Quang, Nguyễn Thị Kim Loan, Lê Vũ Bằng, Phạm Thanh Vũ và Nguyễn Hồng Thảo. (2021). Mô hình hóa sự thay đổi sử dụng đất dựa trên lựa chọn đa tiêu chí: trường hợp nghiên cứu ở huyện Trần Đề, tỉnh Sóc Trăng. *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ*, 57, Tr. 115-125. <https://doi.org/10.22144/ctu.jsi.2021.055>.
- Trịnh Thị Hoài Thu, Cao Thị Diễm Hằng (2014). Đánh giá biến động sử dụng đất bằng phương pháp tích hợp trước và sau phân loại ảnh viễn thám. *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mô - Địa chất*, (48) (Chuyên đề Đo ảnh – Viễn thám), Tr. 58-62.
- Phạm Hữu Ty, Võ Mạnh Quyền và Nguyễn Ngọc Thanh. (2021). Đánh giá biến động lớp phủ mặt đất sử dụng dữ liệu viễn thám tại huyện Lệ Thủy, tỉnh Quảng Bình trong giai đoạn 2010-2020. *Tạp chí Khoa học Đại học Huế: Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn*, 130(3D), Tr. 183-202. <https://doi.org/10.26459/hueunijard.v130i3D.6223>.
- UBND thành phố Đông Hà, tỉnh Quảng Trị. (2022). Báo cáo điều kiện tự nhiên thành phố Đông Hà năm 2022.
- ### 2. Tài liệu tiếng nước ngoài
- Alshari, E. A., & Gawali, B. W. (2021). Development of classification system for LULC using remote sensing and GIS. *Global Transitions Proceedings*, 2(1), 8-17.
- ESRI. (2021). Compute Confusion Matrix. Retrieved March 2, 2023, from <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/spatial-analyst-toolbox/compute-confusion-matrix.htm>.
- Chaikaew, P. (2019). Land use change monitoring and modelling using GIS and remote sensing data for watershed scale in Thailand. In L. C. Loures (Ed.). *Land Use - Assessing the Past, Envisioning the Future*. Intechopen. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.79167>.
- Colditz, R. R., Schmidt, M., Ressler, R., Hansen, M. C., & Dech, S. (2008). A method for selecting training data and its effect on

- automated land cover mapping of large areas. *IGARSS 2008 - 2008 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*. <https://doi.org/10.1109/IGARSS.2008.4779778>.
- Eurostat. (2011). Land cover and land use. In *Eurostat regional yearbook 2011*. 158-167. Retrieved March 5, 2023, from <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3217494/5728777/KS-HA-11-001-EN.PDF>
- Haj, F. A. E., Oquadif, L., & Akhssas, A. (2023). Monitoring Land Use and Land Cover Change Using Remote Sensing Techniques and the Precipitation-Vegetation Indexes in Morocco. *Ecological Engineering and Environmental Technology*, 24(1), 272–286.
- Liang, S., Cheng, J., & Zhang, J. (2021). Maximum likelihood classification of soil remote sensing image based on deep learning. *Earth Sciences Research Journal* 24(3), 357-365.
- Norovsuren, B., Tseveen, B., Batomunkuev, V., Renchin, T., Natsagdorj, E., Yangiv, A., & Mart, Z. (2019). Land cover classification using maximum likelihood method (2000 and 2019) at Khandgait valley in Mongolia. *IOP Conference Series: Earth Environment Science* 381 012054. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/381/1/012054>.
- Patil, M., Desai, C. G., & Umrikar, B. (2012). Image Classification Tool for Land Use / Land Cover Analysis: A Comparative Study of Maximum Likelihood and Minimum Distance Method. *International Journal of Geology, Earth and Environmental Sciences*, 2(3), 189-196.
- Rahman, M. T. U., Tabassum, F., Rasheduzzaman, Md., Saba, H., Sarkar, L., Ferdous, J., Uddin, S. Z., & Islam, A. Z. M. Z. (2017). Temporal dynamics of land use/land cover change and its prediction using CA-ANN model for southwestern coastal Bangladesh. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189(565), 1-18. <https://doi.org/10.1007/s10661-017-6272-0>.
- Risma, Zubair, H., & Paharuddin. (2019). Prediction of land use and land cover (LULC) changes using CA-Markov model in Mamuju Subdistrict. *Journal of Physics: Conference Series*, 1341(8). Retrieved March 30, 2023, from <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1341/8/082033>.
- Rwanga, S. S., & Ndambuki J. M. (2017). Accuracy Assessment of Land Use/Land Cover Classification Using Remote Sensing and GIS. *International Journal of Geosciences*, 8, 611-622. <https://doi.org/10.4236/ijg.2017.84033>.
- Sajan, B., Mishra, V. N., Kanga, S., Meraj, G., Singh, S. K., & Kumar, P. (2022). Cellular Automata-Based Artificial Neural Network Model for Assessing Past, Present, and Future Land Use/Land Cover Dynamics. *Agronomy*, 12(11), 2772.
- Seyam, Md M. H., Haque, Md R., & Rahman, Md M. (2023). Identifying the land use land cover (LULC) changes using remote sensing and GIS approach: A case study at Bhaluka in Mymensingh, Bangladesh. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 7, 100293.
- USGS. *EarthExplorer*. Retrieved March 15, 2023, from <https://earthexplorer.usgs.gov/>.
- Verma, P., Singh, R., Singh, P., & Raghubanshi, A. S. (2020). Urban ecology – current state of research and concepts. In Verma P., Singh R., Singh P., Raghubanshi A.S.: *Urban Ecology*. Elsevier, 3-16. Retrieved March 22, 2023, from <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820730-7.00001-X>.
- Xiong, N., Yu, R., Yan, F., Wang, J., & Feng, Z. (2022). Land use and Land cover changes and prediction based on Multi-Scenario Simulation: A case study of Qishan County, China. *Remote Sensing*, 14(16), 4041.