

Bài báo khoa học

Dự báo biến động lớp phủ mặt đất khu vực Kiến Thụy - Đồ Sơn (Hải Phòng) bằng mô hình CLUMondo

Đỗ Thị Phương Thảo^{1,2*}, Trần Thị Thu Trang¹, Vũ Hữu Tuấn³, Lê Chí Thành⁴

¹ Trường Địa học Mỏ - Địa chất; dothiphuongthao@humg.edu.vn;
tranthithutrang@humg.edu.vn

² NNC Nghiên cứu phát triển công nghệ quản lý và phân tích dữ liệu không gian địa lý

³ Công ty ESRI Việt Nam; tuanhvesrivn@gmail.com

⁴ Sở TNMT tỉnh Cà Mau; lcthanh.cic@gmail.com

*Tác giả liên hệ: dothiphuongthao@humg.edu.vn; Tel.: +84-982688385

Ban Biên tập nhận bài: 17/3/2024; Ngày phản biện xong: 25/4/2024; Ngày đăng bài: 25/9/2024

Tóm tắt: Tại Hải Phòng, khu vực Kiến Thụy - Đồ Sơn là nơi hội tụ nhiều điểm du lịch hấp dẫn, là khu vực có tốc độ công nghiệp hóa, đô thị hóa diễn ra mạnh mẽ. Mặt khác, dưới sự tác động ngày càng khắc nghiệt của các yếu tố tự nhiên, biến đổi khí hậu, nước biển dâng cũng đã làm suy giảm diện tích đất ở vùng thấp và khu vực ven bờ dẫn đến quá trình chuyển đổi sử dụng đất diễn ra nhanh chóng trên toàn khu vực. Mục tiêu của nghiên cứu này là sử dụng mô hình CLUMondo (phiên bản mới nhất của mô hình CLUE: Conversion of Land Use and its Effect) và các dữ liệu về lớp phủ bề mặt cũng như các yếu tố tác động đến sự thay đổi của nó để dự báo quá trình thay đổi lớp phủ đất trong tương lai. Kết quả mô phỏng của mô hình CLUMondo đến năm 2030 dự báo: đất trồng lúa, đất làm muối, đất trồng cây hàng năm có xu hướng giảm so với thời điểm hiện tại. Bên cạnh đó, đất ở đô thị, đất ở nông thôn, đất phi nông nghiệp khác, đất rừng phòng hộ ven biển, đất nuôi trồng thủy sản, đất mặt nước có xu hướng tăng lên. Dự báo này giúp điều chỉnh các tác động tiêu cực từ thiên nhiên và xã hội nhằm phân phối lại sức ép phát triển của khu vực về sử dụng đất hợp lý tại quy mô nghiên cứu.

Từ khóa: CLUMondo; Dự báo biến động; Kiến Thụy; Đồ Sơn.

1. Đặt vấn đề

Sự thay đổi về sử dụng đất và độ che phủ được xác định là một trong những yếu tố chính quyết định sự thay đổi toàn cầu với những tác động lớn đến hệ sinh thái, biến đổi khí hậu và tính dễ bị tổn thương của con người [1]. Cho đến những năm 1990, sự thay đổi về sử dụng đất và lớp phủ đất chủ yếu được nghiên cứu từ góc độ chuyên ngành. Gần đây, nhu cầu về các phương pháp tiếp cận liên ngành để hiểu đầy đủ các tương tác trong hệ thống đất đai đã dẫn đến sự xuất hiện của lĩnh vực liên ngành mới về khoa học biến đổi đất đai [2, 3]. Những tiến bộ trong kỹ thuật viễn thám với các cảm biến mới và kỹ thuật kiểm kê đất đai cho phép các nhà khoa học đất đai đánh giá tài nguyên đất đai hiện tại, xác định các quá trình thay đổi độ che phủ đất và xác định các điểm nóng thay đổi [4, 5]. Những nghiên cứu về biến động sử dụng đất và lớp phủ gắn với sự thay đổi nhân khẩu học và mô hình hóa sự thay đổi sử dụng đất và lớp phủ cũng được đề cập trong một số nghiên cứu [6–9]. Các nghiên cứu tiêu biểu theo hướng ứng dụng công nghệ mới trong mô phỏng sự thay đổi lớp phủ có thể kể đến như: Mô phỏng, dự đoán thay đổi sử dụng đất/phủ đất bằng cách sử dụng GIS, viễn thám và mô hình CA-Markov [10]; Mô phỏng kịch bản và dự báo thay đổi sử dụng đất/phủ đất tại

Bắc Kinh, Trung Quốc [11]; Phân tích và mô phỏng thay đổi phủ đất và ảnh hưởng của chúng đến nhiệt độ bề mặt đất ở một khu vực địa hình thấp của Himalaya [12]; Mô phỏng không gian của các kịch bản thay đổi sử dụng đất/phủ đất ở phía đông bắc Thái Lan [13]; Mô phỏng thay đổi lớp phủ bề mặt và sử dụng đất với quy mô toàn cầu [14],...

Tại Việt Nam, quá trình đô thị hóa mạnh mẽ cùng với sự gia tăng dân số đã dẫn tới sự thay đổi lớn trong hiện trạng lớp phủ mặt đất ở hầu hết các địa phương, đặc biệt là tại các thành phố lớn, các trung tâm văn hóa, chính trị, kinh tế, xã hội của cả nước. Việc nghiên cứu biến động trên diện rộng và thời gian dài từ hiện tại đến tương lai là vấn đề cần thiết cho các cơ quan quản lý hành chính các cấp, nhất là ở các vùng ven đô vì đó là cầu nối giữa các vùng nông thôn, các thành phố vệ tinh với thành phố trung tâm [15].

Có nhiều phương pháp khác nhau để nghiên cứu biến động lớp phủ mặt đất từ nhiều nguồn tài liệu khác nhau như: các số liệu thống kê hàng năm, số liệu kiểm kê, hay từ các cuộc điều tra đo đạc [16]. Các phương pháp này thường tốn nhiều thời gian, kinh phí và không thể hiện được sự thay đổi từ loại hình này sang loại hình khác của lớp phủ mặt đất và vị trí không gian của sự thay đổi đó [17]. Sử dụng tư liệu viễn thám đã khắc phục được những nhược điểm trên. Ứng dụng viễn thám trong theo dõi biến động lớp phủ mặt đất thực chất là nghiên cứu biến động của các loại hình lớp phủ mặt đất như: đất nông nghiệp, đất ở, đất rừng, mặt nước,... để từ đó đưa ra xu thế biến động về mặt không gian của một khu vực nào đó [18]. Tuy nhiên, tư liệu viễn thám mới chỉ đáp ứng được yêu cầu giám sát biến động lớp phủ mặt đất trong quá khứ mà chưa trả lời được câu hỏi là trong tương lai xu thế biến động lớp phủ mặt đất sẽ như thế nào [19]. Để trả lời được câu hỏi này, cần phải có các công cụ mô hình hóa và dự báo biến động lớp phủ mặt đất. Mô hình là một công cụ mô phỏng để hiểu rõ hơn các quá trình xác định những thay đổi trong sử dụng đất theo không gian và khám phá những thay đổi có thể xảy ra trong tương lai đối với việc sử dụng đất ở quy mô khu vực. Các mô hình có thể làm hiểu được các yếu tố thúc đẩy sự thay đổi sử dụng đất/lớp phủ mặt đất và khu vực nào có khả năng chịu áp lực lớn nhất, cũng có thể được sử dụng để dự báo điều gì có thể xảy ra trong tương lai dựa trên các kịch bản [15, 20–21].

Trên thế giới có rất nhiều kiểu mô hình được sử dụng để dự báo biến động sử dụng đất đó là các mô hình toán học, mô hình thống kê, các mô hình sử dụng chuỗi Markov như: LCM, CA–Markov,... và nhóm mô hình CLUE gồm: CLUE–S, CLUMondo [20]. Mô hình sử dụng chuỗi Markov và CLUE đều cho thấy sự hiệu quả trong việc dự đoán biến động sử dụng đất vì chúng kết hợp được với GIS trong phân tích dữ liệu, mô phỏng các xác suất của sự thay đổi và nâng cao độ tin cậy kết quả dự báo [17]. Tuy nhiên, mô hình sử dụng chuỗi Markov được nhận thấy là có thể mạnh trong đánh giá những ảnh hưởng của các yếu tố tự nhiên đến biến động sử dụng đất và các dữ liệu đưa vào dưới dạng dữ liệu không gian nhưng việc đưa các biến số liên quan đến yếu tố kinh tế - xã hội vào trong mô hình khá là khó khăn [3]. Ngược lại, nhóm mô hình CLUE có ưu điểm là đánh giá được ảnh hưởng của cả 02 nhóm yếu tố tự nhiên và kinh tế - xã hội mà trên thực tế biến động sử dụng đất bị tác động bởi yếu tố kinh tế chính trị hơn là yếu tố tự nhiên [19–21].

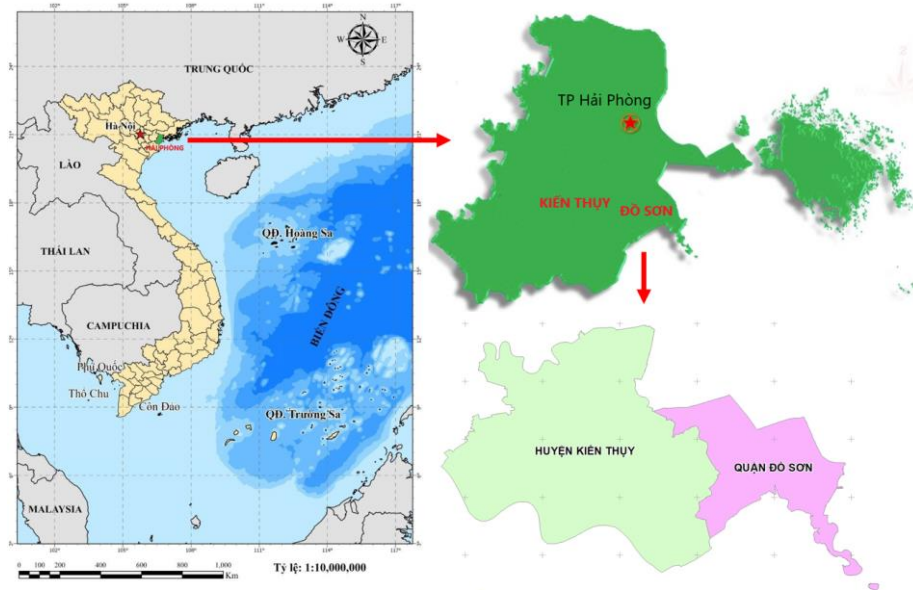
Do vậy, bài báo sử dụng mô hình CLUMondo là phiên bản mới nhất của mô hình CLUE để dự báo biến động lớp phủ đất khu vực khu vực Kiến Thụy - Đồ Sơn, Hải Phòng đến năm 2030.

2. Dữ liệu và phương pháp

2.1. Khu vực nghiên cứu

Kiến Thụy - Đồ Sơn là 2 vùng nằm ở phía Đông Nam thành phố Hải Phòng (Hình 1). Kiến Thụy cách thành phố Hải Phòng 16 km, là huyện có diện tích tự nhiên 102,56 km², với dân số hơn 15 vạn người. Huyện có đường cao tốc Hà Nội - Hải Phòng dài hơn 10 km và có Đường cao tốc Ninh Bình - Hải Phòng - Quảng Ninh đi qua nên tình hình kinh tế phát triển thay đổi từng ngày. Đồ Sơn là một quận nghỉ mát nổi tiếng của Hải Phòng gồm nhiều bãi

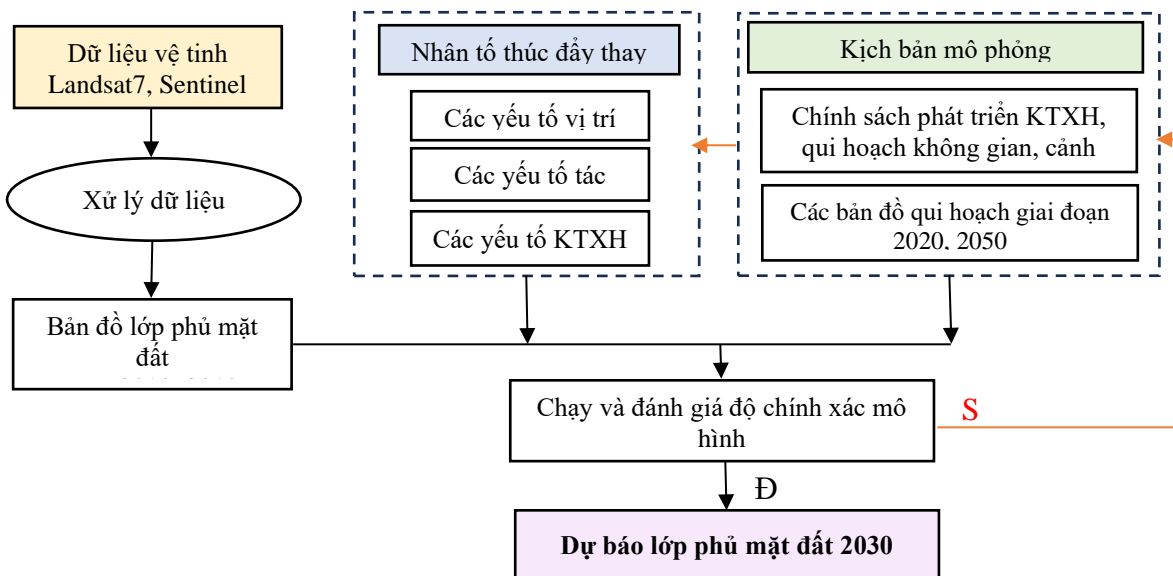
biển có phong cảnh đẹp ở miền bắc Việt Nam, cách trung tâm thành phố 20 km về hướng đông nam. Đồ Sơn hình thành từ một bán đảo nhỏ của dãy núi Rồng chạy dài ra biển khoảng 5 km, với nhiều mồm đồi cao từ 25 đến 130 m. Khu vực nghiên cứu là vùng có cơ cấu kinh tế đan xen giữa nông và ngư nghiệp với cây trồng chủ yếu là trồng lúa và nuôi trồng thủy sản, đồng thời đây cũng là khu vực phát triển mạnh mẽ về du lịch biển. Ngoài ra, cơ cấu kinh tế của khu vực còn có các ngành nghề như trồng các cây nông nghiệp ngắn ngày, làm muối. Hiện nay, cùng với xu hướng trong thời kỳ công nghiệp hóa, hiện đại hóa những nhà máy, xí nghiệp, những ngôi nhà cao tầng mọc lên sẽ có sự chuyển biến mạnh mẽ về cơ cấu sử dụng đất tại khu vực Kiến Thụy - Đồ Sơn [22].



Hình 1. Khu vực nghiên cứu.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

CLUMondo là mô hình chuyển đổi mục đích sử dụng đất, phiên bản mới nhất của mô hình CLUE (*Conversion of Land Use and its Effect*), là một trong những mô hình được sử dụng rộng rãi trong dự án các biến động sử dụng đất nhiều nước trên thế giới và được ứng dụng nhiều qui mô khác nhau, từ cấp tỉnh đến cấp quốc gia và cấp vùng [19–21].



Hình 2. Qui trình hoạt động của mô hình CLUMondo trong dự báo thay đổi lớp phủ mặt đất.

Mô hình CLUMondo hoạt động dựa trên định lượng thực tế mối quan hệ giữa hiện trạng và các nhân tố liên quan đến sự thay đổi sử dụng đất (Hình 2). Mô hình được thiết kế với các chương trình tổng hợp thông tin về giới hạn không gian, mục đích, nhu cầu chuyển đổi và sự thích hợp cục bộ để đưa ra dự báo phân bổ sử dụng đất trong tương lai [19–21].

2.3. Dữ liệu sử dụng

Các dữ liệu sử dụng bao gồm:

(1) Bản đồ ranh giới khu vực nghiên cứu nhằm xác định ranh giới phạm vi mô phỏng.

(2) Các thông số của mô hình: năm bắt đầu mô phỏng 2010 là điểm khởi đầu giai đoạn 2010-2020 thành phố tập trung cao độ triển khai thực hiện “xây dựng và phát triển thành phố Hải Phòng trong thời kỳ công nghiệp hóa, hiện đại hóa đất nước”, và các nhu cầu sử dụng đất như nhu cầu nhà ở, sản lượng lúa,...theo bản quy hoạch sử dụng đất đến năm 2020, 2050 của khu vực nghiên cứu để xác định kịch bản mô hình.

(3) Bản đồ phân bố lớp phủ mặt đất: Trong nghiên cứu này bản đồ lớp phủ mặt đất được thành lập dựa trên kết quả giải đoán ảnh vệ tinh. Các ảnh vệ tinh được thu thập tại địa chỉ của cục địa chất Hoa Kỳ là <https://earthexplorer.usgs.gov> (Bảng 1). Vị trí ảnh thu thập Path/Row: 126/46 và đều nằm trong hệ tọa độ WGS 84, múi 48N. Ảnh thu được đều có độ che phủ của mây dưới 20% và được hiệu chỉnh hình học, khí quyển.

Bảng 1. Các cảnh ảnh vệ tinh sử dụng trong nghiên cứu.

Thời gian	Cảnh	Độ phân giải	Loại ảnh
27/12/2010	LE71260462010361EDC00	30 x 30 m	Landsat 7
28/09/2019	L1C_T48QXH_A022280_20190928T031650	10 x 10 m	Sentinel-2A

(4) Dữ liệu vị trí và bản đồ các yếu tố tác động: có ảnh hưởng đến biến động lớp phủ đất, sử dụng làm yếu tố quyết định cho việc phân bổ các loại hình phủ mặt đất khác nhau (Bảng 2). Trong đó, ký hiệu “Cat” mô tả các biến phân loại (ví dụ sự hiện diện hoặc không hiện diện của các loại), và “Num” chỉ các biến số.

Bảng 2. Danh mục các bản đồ các yếu tố đầu vào sử dụng trong mô hình Clumondo

STT	Tên lớp	Loại dữ liệu*	Nguồn dữ liệu
1	Bản đồ phân bố lượng mưa	Num	Phân tích từ dữ liệu trạm mưa (Tổng cục Thống kê)
2	Bản đồ phân bố nhiệt độ	Num	Phân tích từ dữ liệu trạm đo nhiệt (Tổng cục Thống kê)
3	Bản đồ tiếp cận giao thông	Num	Bản đồ địa hình tỉ lệ 1: 2000 (Bộ Tài Nguyên và Môi trường)
4	Bản đồ mật độ dân số	Num	Tổng cục thống kê
5	Bản đồ khả năng tiếp cận thị trường trong nước (đến các tỉnh huyện)	Num	Bản đồ địa hình tỉ lệ 1: 2000 (Bộ Tài Nguyên và Môi trường)
6	Bản đồ độ cao	Num	DEM 5M
7	Bản đồ độ dốc	Num	DEM 5M
8	Bản đồ khu vực bảo vệ	Cat	Bản đồ phân bố lớp phủ mặt đất giải đoán từ ảnh viễn thám
9	Bản đồ tiếp cận nước mặt < 50m	Cat	Bản đồ địa hình tỉ lệ 1: 2000 (Bộ Tài Nguyên và Môi trường)
10	Bản đồ tiếp cận nước mặt > 50m	Cat	Bản đồ địa hình tỉ lệ 1: 2000 (Bộ Tài Nguyên và Môi trường)

(5) Dữ liệu chính sách không gian: Khu vực nghiên cứu có đất rừng phòng hộ ven biển và đất rừng là vùng có chính sách hạn chế về không gian theo Quyết định số 454/QĐ-UBND ngày 02/3/2017 của Ủy ban nhân dân thành phố Hải Phòng.

(6) Dữ liệu về chính sách phát triển kinh tế xã hội khu vực: Sự chuyển dịch cơ cấu nền kinh tế sẽ kéo theo chuyển dịch về sử dụng đất. Trong khu vực nghiên cứu, chịu tác động của các chính sách như sau: Kế hoạch phát triển kinh tế xã hội giai đoạn 5 năm (2021-2025) của

huyện Kiến Thụy và Quy hoạch không gian, kiến trúc, cảnh quan quận Đồ Sơn theo từng giai đoạn cụ thể đến năm 2025 tầm nhìn 2050.

(7) Các tham số mô hình: bao gồm tham số hồi quy; thứ tự chuyển đổi; kháng chuyển đổi; ma trận chuyển đổi; các vùng lân cận; các tham số kích bản... lấy từ kết quả phân tích biến động lớp phủ đất giai đoạn 2010-2019 trong đó kháng chuyển đổi là không cho phép chuyển đổi giữa các loại hình lớp phủ bề mặt đất, được tổng hợp dựa trên quy hoạch và quy định về sử dụng đất của huyện Kiến Thụy và quận Đồ Sơn.

(8) Các hệ số tương quan hồi quy giữa các yếu tố vị trí và các loại hình phân bố lớp phủ đất: được xác định bằng công cụ địa thống kê tích hợp sẵn trong mô hình CLUMondo. Để xác định và định lượng các mối quan hệ giữa vị trí của các loại hình sử dụng đất cụ thể và một tập hợp các yếu tố tác động β được ước lượng thông qua hàm hồi quy logarit sử dụng biến phụ thuộc là sự chuyển đổi sử dụng đất (giữa 2010-2019) và các biến độc lập là 10 yếu tố vị trí ở trên. Hàm logarit nhị thức biểu thị xác suất tìm thấy việc sử dụng đất ở một vị trí thay vì không tìm thấy loại hình sử dụng đất này ở vị trí đó và được ước tính cụ thể cho từng loại hình sử dụng đất riêng biệt theo công thức (1).

$$\text{Log}(P_i / 1 - P_i) = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_n X_{ni} \quad (1)$$

Trong đó: P_i = xác suất tìm thấy việc sử dụng đất cụ thể trong ô lưới i ; X_{ni} = giá trị của một yếu tố lý sinh hoặc kinh tế xã hội cụ thể ở vị trí i ; β_1 = các hệ số ước tính cho biết tầm quan trọng tương đối của một yếu tố lý sinh hoặc kinh tế xã hội cụ thể.

2.4. Thiết lập mô hình CLUMondo

Sau khi nhập tất cả dữ liệu đầu vào, mô hình chủ yếu sẽ tính toán về vấn đề thay đổi mục đích sử dụng đất thông qua các bước thời gian rời rạc. Đầu tiên sẽ xác định phạm vi của tất cả khu vực được phép thay đổi, các khu vực đất được bảo vệ, bảo tồn hoặc không được phép thay đổi sẽ không đưa vào tính toán. Tiếp theo, tính toán tiềm năng chuyển đổi cho mỗi vị trí và mỗi loại hình lớp phủ đất dựa vào đặc trưng vị trí. Tại mỗi vị trí ở thời gian t , tiềm năng chuyển đổi sang một loại hình phủ đất k ($P_{tran,t,i,k}$) sẽ là:

$$P_{tran,t,i,k} = P_{loc,t,i,k} + P_{resk} + P_{comp,t,k} \quad (2)$$

Trong đó $P_{loc,t,i,k}$ đại diện cho tính phù hợp của vị trí i với loại hình phủ đất k tại thời điểm t (đặc trưng vị trí); P_{resk} là tính ổn định của loại hình phủ đất k (đặc tính các loại sử dụng đất); $P_{comp,t,k}$ là biến lặp cụ thể cho loại hình phủ đất k tại thời điểm t và đại diện cho mức độ cạnh tranh giữa các loại hình phủ đất, được tính toán dựa trên khả năng đáp ứng các “nhu cầu sử dụng đất” của mọi loại hình. Ví dụ: tổng diện tích lúa còn thiếu thì loại hình đất trồng lúa sẽ được ưu tiên hơn. Ở lần chạy đầu tiên, biến lặp ($P_{comp,t,k}$) cho tất cả loại hình phủ đất sẽ được mặc định là bằng nhau.

Tiếp theo, phân bổ các loại hình phủ đất cho từng vị trí dựa trên loại hình sử dụng đất có tiềm năng lớn nhất tại mỗi vị trí đó và theo các quy định của ma trận chuyển đổi. Sau đó, mô hình sẽ so sánh tổng khả năng đáp ứng của các loại hình phủ đất với nhu cầu sử dụng đất đưa ra. Nếu phân bổ các loại hình phủ đất vẫn chưa đáp ứng được nhu cầu thì tính toán lại mức độ cạnh tranh của các loại hình sử dụng đất. Nếu tổng khả năng đáp ứng đã thỏa mãn nhu cầu thì ghi lại bản đồ và chuyển sang năm tiếp theo. Vòng lặp dừng lại khi tổng khả năng đáp ứng của năm t sau khi phân bổ thỏa mãn được nhu cầu, và $t + 1 > n$ với n là số năm tiến hành mô phỏng.

Kiểm chứng mô hình được thực hiện cho bộ hệ số tương quan hồi quy (β) và kết quả dự báo các loại hình phủ đất từ mô hình. Độ tin cậy của mô hình hồi quy logarit được xác định thông qua thống kê ROC. Công cụ thống kê này sử dụng hệ số diện tích dưới đường cong AUC để thể hiện cho độ nhạy của các yếu tố đưa vào mô hình hồi quy. Nếu hệ số AUC dưới 0,5 thì kết quả tính toán không tốt hơn việc đưa ra các giá trị ngẫu nhiên. Giá trị càng gần 1,0 thì mô hình càng có độ tin cậy cao.

Kết quả dự báo thay đổi loại hình phủ đất được kiểm chứng bằng cách so sánh kết quả chạy mô hình CLUMondo với bản đồ phủ đất tham chiếu, phép so sánh được thực hiện trên

từng pixel ảnh (*pixel by pixel comparison*). Sự so sánh được định lượng thông qua chỉ số Kappa (nằm trong khoảng từ −1 đến 1), giá trị càng gần +1 thể hiện độ chính xác càng cao.

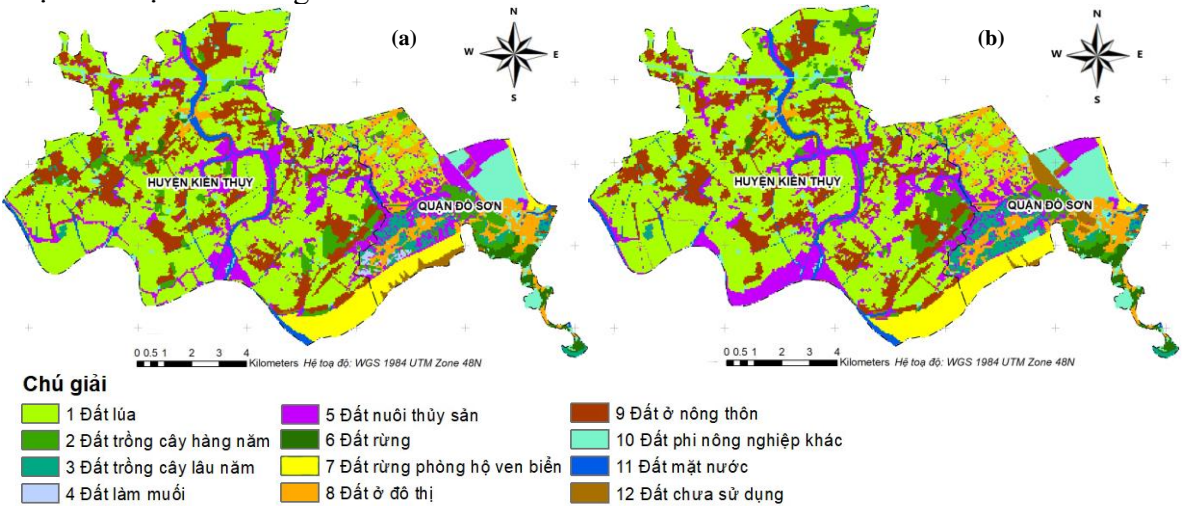
3. Kết quả

3.1. Biến động lớp phủ mặt đất khu vực nghiên cứu giai đoạn 2010-2019

Phủ bề mặt khu vực Kiến Thụy - Đồ Sơn được phân loại từ ảnh vệ tinh Landsat và Sentinel 2 theo các lớp như trong Bảng 3. Năm 2010 và 2019 là 2 thời điểm tổng kiểm kê đất đai của Việt Nam (dễ dàng đối chiếu với bản đồ hiện trạng sử dụng đất). Bản đồ phân bố lớp phủ mặt đất năm 2019 còn dùng để kiểm chứng kết quả mô phỏng bản đồ lớp phủ mặt đất đến năm 2019 được chạy từ mô hình CLUMondo.

Kết quả giải đoán ảnh vệ tinh năm 2010, 2019 cho thấy đất lúa chiếm phần lớn diện tích lớp phủ của khu vực nghiên cứu với diện tích trên 41% trong cơ cấu lớp phủ của toàn khu vực. Chiếm hơn 13 % là đất nuôi trồng thủy sản phân bố chủ yếu ở dọc theo các con sông thuộc huyện Kiến Thụy và phân bố tập trung ở 2 phường Bàng La và Ngọc Hải thuộc quận Đồ Sơn. Tiếp theo là đất ở nông thôn với hơn 12 % trong cơ cấu lớp phủ mặt đất.

So với thời điểm năm 2010 đất trồng lúa có xu hướng giảm (−247.2 ha), hai loại hình khác cũng bị giảm là đất mặt nước (−41,5 ha) và đất làm muối (−41,5 ha). Ngược lại, trong giai đoạn này đất ở đô thị và đất phi nông nghiệp khác lại có xu hướng biến đổi tăng trong 9 năm. Đặc biệt là đất phi nông nghiệp khác tăng 86,7 ha. Phần diện tích đất lúa bị giảm chủ yếu chuyển đổi sang đất phi nông nghiệp và đất trồng cây hàng năm. Phần đất mặt nước chuyển sang đất nuôi trồng thủy sản và trồng rừng phòng hộ ven biển. Sự chuyển đổi diễn ra rải rác trên toàn vùng nghiên cứu nhưng có xu thế xảy ra nhiều hơn ở những khu vực ven biển (Hình 3). Nguyên nhân của sự chuyển đổi trên chủ yếu là do chính sách mở rộng vùng dân cư, xây dựng cơ sở hạ tầng, thực hiện dự án phục hồi phát triển rừng phòng hộ ven biển và quy hoạch vùng sản xuất thủy sản tập trung. Chi tiết biến động diện tích từng loại lớp phủ được thể hiện như Bảng 3.



Hình 3. Bản đồ lớp phủ mặt đất năm 2010 (a) và năm 2019 (b).

Bảng 3. Phân loại lớp phủ mặt đất khu vực Kiến Thụy - Đồ Sơn.


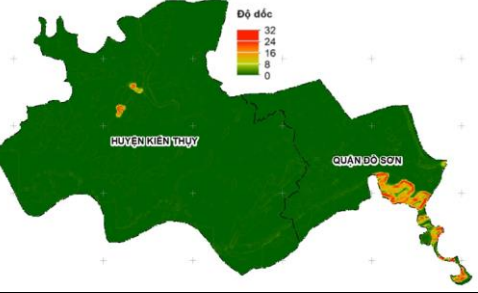
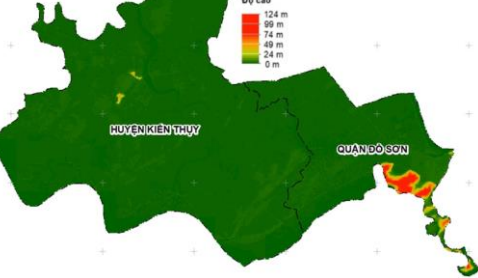
Phân loại lớp phủ	Diện tích 2010 (ha)	Diện tích 2019 (ha)	Biến động (ha)	Tỉ lệ %
Đất lúa (LUC)	6171,3	5924,1	−247,2	−4,01
Đất trồng cây lâu năm (CLN)	382,5	393,6	11,1	2,90
Đất trồng cây hàng năm (BHK)	661,8	666,4	4,6	0,70
Đất làm muối (LMU)	43,6	2,1	−41,5	−95,18
Đất dân cư nông thôn (ONT)	1849,4	1885,8	36,4	1,97
Đất dân cư đô thị (ODT)	670,6	755,4	84,8	12,65

Phân loại lớp phủ	Diện tích 2010 (ha)	Diện tích 2019 (ha)	Biến động (ha)	Tỉ lệ %
Đất phi nông nghiệp khác (PNK)	979,2	1065,9	86,7	8,85
Đất rừng (RST)	188,0	235,4	47,4	25,21
Đất rừng phòng hộ ven biển (RPH)	680,2	729,2	49,0	7,20
Đất chưa sử dụng (BCS)	284,2	324,3	40,1	14,11
Đất mặt nước (MNC)	1034,4	930,6	-103,8	-10,03
Đất nuôi thủy sản (NTS)	1985,2	2017,6	32,4	1,63

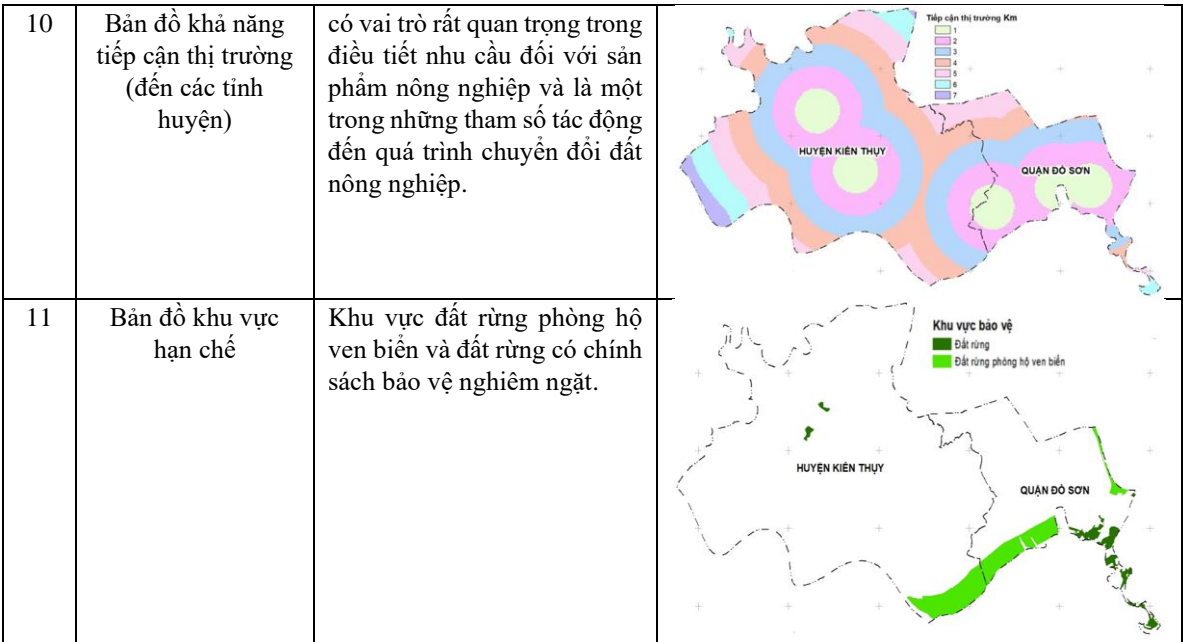
3.2. Mô phỏng sử dụng đất bằng mô hình CLUMondo

Để mô phỏng sự thay đổi lớp phủ mặt đất đất, mô hình CLUMondo yêu cầu vận hành theo 2 giai đoạn: giai đoạn 1 là để hiệu chỉnh và đánh giá mô hình (dựa vào dữ liệu sẵn có, thời gian từ năm 2010-2019); giai đoạn 2 là để dự báo theo kịch bản với khoảng thời gian đủ dài (khoảng 10 năm), vì vậy pha 2 được xác định từ năm 2019 đến năm 2030. Ngoài ra, để chạy mô hình còn phải có một số bản đồ thể hiện các yếu tố phù hợp về vị trí (Hình 4) và các yếu tố tác động. Các bản đồ này chính là các yếu tố quyết định đến sự phân bố không gian của các loại hình sử dụng đất trên địa bàn nghiên cứu.

Kịch bản thay đổi sử dụng đất là diện tích các loại hình phủ đất (trồng lúa, đất trồng cây lâu năm, đất làm muối, đất nuôi trồng thủy hải sản, diện tích đất ở đô thị và diện tích đất ở nông thôn - số liệu lấy từ bản đồ phân bố lớp phủ năm 2010 và 2019), chính sách phát triển KTXH, qui hoạch không gian, cảnh quan; số liệu quy hoạch sử dụng đất đến năm 2020 của huyện Kiến Thụy và quận Đồ Sơn. Mỗi pixel ảnh có kích thước 50m×50m, tương ứng diện tích mỗi pixel sẽ là 0,25 ha. Khu vực đất trồng rừng và đất phòng hộ ven biển là khu vực bảo vệ, không được chuyển đổi.

TT	Tên bản đồ	Mô tả	Hình ảnh minh họa
1	Bản đồ ranh giới	Bản đồ ranh giới được thành lập nhằm giới hạn không gian mô hình hóa biến động lớp phủ mặt đất trong mô hình CLUMondo.	
2	Bản đồ độ dốc	Độ dốc trên toàn khu vực giao động từ 0-32 độ. độ dốc cơ bản khu vực chỉ vào khoảng từ 0-9 độ; khu vực có độ dốc lớn rất ít, chủ yếu ở khu vực đảo Hòn Dấu và khu vực ven biển, liên quan đến khả năng thích nghi đối với cây trồng.	
3	Bản đồ độ cao	Độ cao của khu vực giao động từ 0-124 m so với mực nước biển, trong đó nền độ cao cơ bản của khu vực là khoảng 25 m, liên quan đến khả năng thích nghi đối với cây trồng.	

4	Bản đồ nhiệt độ	Nền nhiệt của khu vực nghiên cứu có mức nhiệt độ trung bình dao động trong khoảng 23-24°C, nóng ở phía tây và lạnh dần về phía biển ở hướng đông, liên quan đến khả năng thích nghi đối với cây trồng.	
5	Bản đồ lượng mưa	Lượng mưa trung bình năm dao động từ 1.618 mm tới 1.678 mm, cao nhất ở khu vực ven biển giảm dần vào khu vực đất liền, liên quan đến khả năng thích nghi đối với cây trồng.	
6	Bản đồ mật độ dân số	Dân cư tập trung đông tại các khu vực thị trấn và gần đường giao thông, liên quan đến nhu cầu về tiêu thụ sản phẩm nông nghiệp.	
7	Bản đồ khoảng cách đến mặt nước lớn hơn 50m (khoảng cách đến mặt nước lớn hơn 50m sẽ nhận giá trị 1 Còn lại sẽ nhận giá trị 0).	Liên quan đến yếu tố thủy lợi phục vụ canh tác nông nghiệp trồng lúa và có vai trò quan trọng đối với sự biến động lớp phủ đất trồng lúa của khu vực.	
8	Bản đồ khoảng cách đến mặt nước nhỏ hơn 50m (khoảng cách đến mặt nước nhỏ hơn 50m sẽ nhận giá trị 0. Còn lại sẽ nhận giá trị 1)	Liên quan đến yếu tố thủy lợi phục vụ canh tác nông nghiệp trồng lúa và có vai trò quan trọng đối với sự biến động lớp phủ đất trồng lúa của khu vực.	
9	Bản đồ tiếp cận giao thông	giao thông trong khu vực phân bố dày đặc và rộng khắp, khu vực xa đường giao thông nhất khoảng 1000m tập trung ở các vùng ven biển.	



Hình 4. Bản đồ các yếu tố vị trí khu vực nghiên cứu.

Kết quả phân tích hồi quy do mô hình đưa ra sẽ cho biết được giá trị tương quan βn của từng loại lớp phủ với mỗi yếu tố tác động và kết quả kiểm nghiệm phân loại nhị biến AUC của hàm hồi quy đó. Chi tiết từng loại lớp phủ được phân tích hồi quy với yếu tố nào, loại tương quan gì và kết quả kiểm nghiệm AUC được đưa mô tả (Bảng 4). Trên cơ sở đó, đánh giá một lớp đủ điều kiện đưa vào mô hình thì phải liên quan đáng kể với loại sử dụng đất được chọn. Kết quả kiểm nghiệm được biểu thị bằng giá trị AUC. Giá trị này biểu thị độ chính xác của tính toán hồi quy và được mô tả là giá trị từ 0 đến 1. Giá trị trên 0,9 thể hiện độ chính xác tuyệt vời, các giá trị từ 0,8 đến 0,9 và các giá trị từ 0,7 đến 0,8 thể hiện độ chính xác hợp lý.

Bảng 4. Phân tích hồi quy các loại lớp phủ mặt đất và các yếu tố tác động.

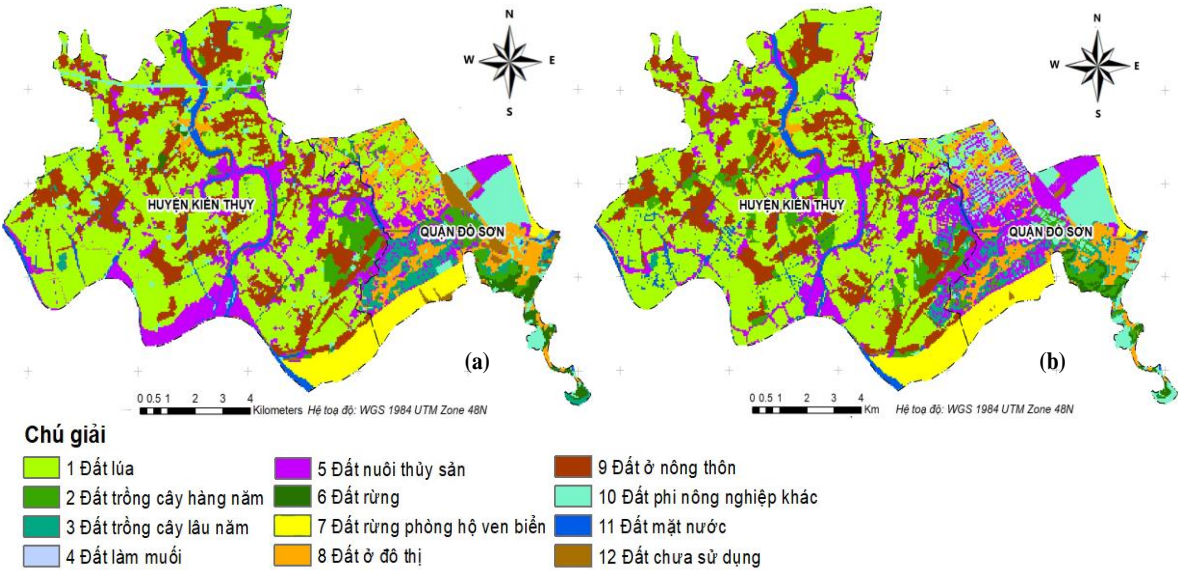
STT	Loại lớp phủ	Yếu tố phụ thuộc (– tỷ lệ nghịch/ + tỷ lệ thuận)	AUC
1	Đất trồng lúa	Độ cao (–), độ dốc (–), khoảng cách tiếp cận giao thông (+), lượng mưa (+), nhiệt độ (–), khả năng tiếp cận mặt nước nhỏ hơn 50m (+), khả năng tiếp cận mặt nước lớn hơn 50m (+)	0,824
2	Đất trồng cây lâu năm	Độ cao (+), độ dốc (–), khoảng cách tiếp cận giao thông (–), lượng mưa (–), nhiệt độ (+), khả năng tiếp cận mặt nước nhỏ hơn 50m (+), khả năng tiếp cận mặt nước lớn hơn 50m (–)	0,890
3	Đất làm muối	Độ cao (–), độ dốc (–)	0,752
4	Đất nuôi thủy sản	Độ dốc (–), khoảng cách tiếp cận giao thông (–), lượng mưa (+), nhiệt độ (+), khả năng tiếp cận mặt nước nhỏ hơn 50m (+), khả năng tiếp cận mặt nước lớn hơn 50m (–)	0,810
5	Đất rừng	Độ cao (+), độ dốc (+), khoảng cách tiếp cận giao thông (–), lượng mưa (–), nhiệt độ (–),	0,860
6	Đất dân cư	Không phân tích hồi quy	

Bảng 4 cũng chỉ ra mỗi loại đất sẽ có những hàm tương quan đặc trưng riêng. Đất trồng lúa tương quan thuận với khoảng cách tới mặt nước và tương quan nghịch với độ cao, độ dốc, nhiệt độ. Đất trồng cây lâu năm thì lại tương quan thuận với độ cao, nhiệt độ tương quan nghịch với khoảng cách tiếp cận giao thông và khả năng tiếp cận mặt nước lớn hơn 50 m. Đặc biệt, đất nuôi thủy sản, làm muối đều tương quan nghịch với độ dốc.

Bảng 5. Ma trận chuyển đổi.

Loại đất	LUC	BHK	CLN	LMU	NTS	RST	RPH	ODT	ONT	PNK	MNC	BCS
LUC	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
BHK	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
CLN	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
LMU	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
NTS	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1
RST	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
RPH	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
ODT	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
ONT	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
PNK	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
MNC	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
BCS	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1

Bảng 5 thể hiện ma trận chuyển đổi của khu vực nghiên cứu sau khi được thiết lập trong mô hình CLUMondo. Bảng ma trận chuyển đổi cho thấy: đất rừng phòng hộ ven biển, đất làm muối không có khả năng chuyển đổi sang các loại hình đất khác; đất ở đô thị và đất ở nông thôn không có khả năng chuyển đổi sang đất trồng lúa,... điều này khá hợp lý và phù hợp với quy luật của điều kiện tự nhiên. Tuy nhiên nhóm đất này cũng có khả năng chuyển đổi sang đất trồng cây lâu năm, đất trồng cây hàng năm và đất chưa sử dụng. Nhóm các loại đất còn lại đều có khả năng chuyển đổi qua lại với nhau trong tương lai. Kết quả mô hình sử dụng đất được thể hiện trong Hình 5.



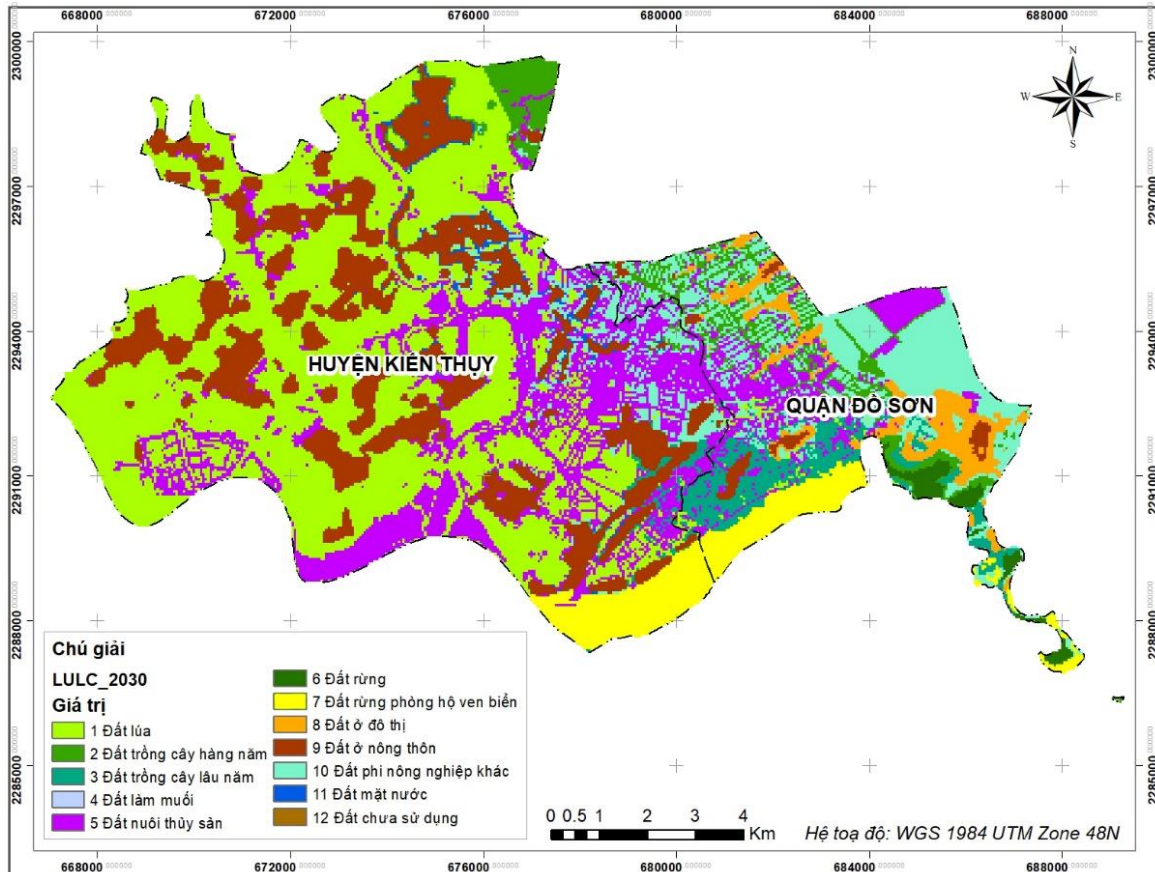
Hình 5. Bản đồ lớp phủ đất năm 2019 từ ảnh vệ tinh (a) và từ ảnh mô hình (b).

3.3. Đánh giá độ chính xác mô hình

Mô phỏng sử dụng đất của mô hình CLUMondo đối với khu vực nghiên cứu (huyện Kiến Thụy và quận Đồ Sơn) vào năm 2019 được phân tích và đánh giá độ chính xác và tính ổn định của mô hình. Bản đồ này được so sánh với bản đồ tham chiếu (giải đoán từ ảnh vệ tinh) trong cùng năm 2019 (Hình 5) cho thấy mối tương quan cao với $R^2 = 0,952$. Giá trị sai số trung bình bình phương là 45.947,2 (ha) tương ứng với sai số 0,04% giá trị trung bình toàn bộ diện tích lớp phủ mặt đất (214,4 ha). Điều này cho thấy không có sự chênh lệch nhiều giữa các loại lớp phủ ở cả hai phương pháp.

3.4. Dự báo xu hướng biến đổi lớp phủ mặt đất đến năm 2030

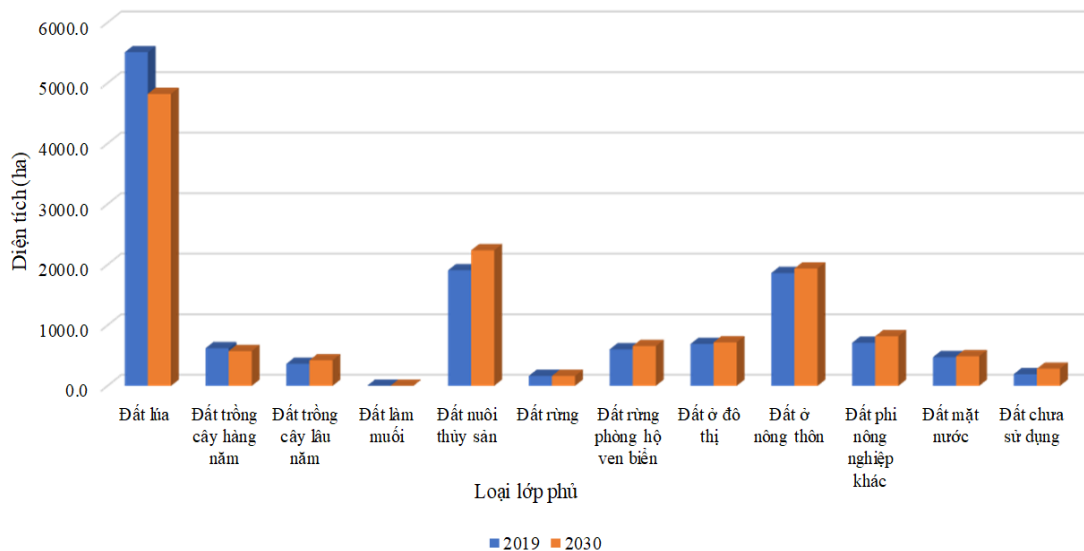
Dựa trên các nhu cầu về sử dụng đất, mô hình CLUMondo được áp dụng để mô phỏng cho thay đổi lớp phủ mặt đất khu vực Kiến Thụy - Đồ Sơn. Bản đồ dự báo phân bố lớp phủ mặt đất được thể hiện như Hình 6. Theo đó, có thể thấy được xu hướng sự thay đổi về các loại phủ mặt đất giữa năm 2019 với năm 2030.



Hình 6. Bản đồ dự báo lớp phủ đất đến năm 2030 khu vực Kiến Thụy - Đồ Sơn.

Dự báo lớp phủ mặt đất đến 2030 có xu hướng biến đổi giảm diện tích đất trồng lúa, đất trồng cây hàng năm và đất làm muối. Diện tích đất trồng lúa dự kiến đến năm 2030 giảm xuống còn 4.822,6 ha, giảm 1.101,5 ha so với năm 2019, dự báo tốc độ giảm trung bình 100,14 ha/năm. Diện tích đất lúa giảm tập trung chủ yếu ở phường Hợp Đức và Minh Đức thuộc quận Đồ Sơn. Đất trồng cây hàng năm đến năm 2030 cũng dự báo có xu hướng giảm nhẹ, giảm 45,8 ha so với năm 2019 (Hình 7).

Trái ngược với đất trồng lúa, ở thời điểm năm 2030 diện tích đất nuôi trồng thủy sản dự kiến tăng mạnh (xấp xỉ 2.240,0 ha), dự báo tốc độ tăng trung bình 30,1 ha/năm. Điều này phù hợp với xu hướng phát triển kinh tế - xã hội tại khu vực theo xu hướng chú trọng đầu tư phát triển ngành nuôi trồng thủy sản, công nghiệp, du lịch và dịch vụ. Cùng với quá trình công nghiệp hóa - hiện đại hóa tính đến thời điểm năm 2030 diện tích đất ở được dự báo có xu hướng tăng trong đó đất ở nông thôn dự kiến năm 2030 là 1.928,0 ha, đất ở đô thị dự kiến là 719,3 ha. Bên cạnh đó, đất phi nông nghiệp khác cũng tăng dự kiến là 818,8 ha, với tốc độ dự báo tăng 8,9 ha/năm. Diện tích đất rừng bảo toàn diện tích so với thời điểm hiện tại, đất rừng phòng hộ ven biển cũng có xu hướng tăng nhẹ với diện tích dự kiến năm 2030 là 659,4 ha. Xu hướng tăng về đất rừng phòng hộ phù hợp với chủ trương của thành phố trong công tác đẩy mạnh trồng rừng ngập mặn để phòng chống bão lũ và xói mòn ven biển.



Hình 7. Biểu đồ dự báo xu hướng biến động lớp phủ giữa năm 2019 và 2030.

4. Kết luận

Kết quả mô phỏng của mô hình CluMondo tại khu vực Kiến Thụy - Đồ Sơn với hướng tiếp cận có sự tham gia của cả yếu tố tự nhiên và kinh tế - xã hội có vai trò quan trọng trong việc dự báo những thay đổi về mặt sử dụng đất/lớp phủ mặt đất trong tương lai. Các yếu tố đầu vào được lựa chọn để mô phỏng cho mô hình bao gồm: lượng mưa, nhiệt độ, độ cao, độ dốc, khả năng tiếp cận giao thông, khả năng tiếp cận thị trường trong nước (đến các tỉnh huyện), khả năng tiếp cận nước mặt < 50 m, khả năng tiếp cận nước mặt > 50 m, mật độ dân số.

Thông qua sử dụng mô hình CLUMondo dự báo biến động lớp phủ mặt đất ở khu vực Kiến Thụy - Đồ Sơn cho kết quả có độ chính xác cao (tương quan $R^2 = 0,952$) tương xứng với các kết quả giải đoán từ dữ liệu viễn thám trước đó, cho thấy khả năng dự báo lớp phủ của mô hình CLUMondo có độ tin cậy được.

Theo kết quả mô phỏng của mô hình CLUMondo đối với khu vực Kiến Thụy - Đồ Sơn đến năm 2030 dự báo đất trồng lúa, đất làm muối, đất trồng cây hàng năm có xu hướng giảm so với thời điểm năm 2019. Bên cạnh đó, đất ở đô thị, đất ở nông thôn, đất nuôi trồng thủy sản, đất phi nông nghiệp khác, đất rừng phòng hộ ven biển, dự báo có xu hướng tăng lên. Xu hướng biến đổi theo dự báo này phù hợp với mục tiêu phát triển kinh tế - xã hội của thành phố Hải Phòng.

Lời cảm ơn: Các tác giả xin chân thành cảm ơn sự hợp tác của nhóm “Nghiên cứu phát triển công nghệ quản lý và phân tích dữ liệu không gian địa lý - GMA” đã giúp đỡ để thực hiện bài báo này.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: Đ.T.P.T., V.H.T.; Xử lý số liệu: V.H.T., L.C.T.; Viết bản thảo bài báo: Đ.T.P.T, T.T.T.T.; Chỉnh sửa bài báo: T.T.T.T.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Foley, W. Tradition and change in urban indigenous food practices. *Postcolonial Stud.* **2005**, 8(1), 25–44.
2. Rindfuss, R.R.; Walsh, S.J.; Turner II, B.L.; Fox, J.; Mishra, V. Developing a science of land change: challenges and methodological issues. *Proc. Natl. Acad. Sci.* **2004**, 101(39), 13976–13981.

3. Turner, B.L.; Lambin, E.F.; Reenberg, A. The emergence of land change science for global environmental change and sustainability. *Proc. Natl. Acad. Sci.* **2007**, *104*(52), 20666–20671.
4. Achard, F.; et al. Improved estimates of net carbon emissions from land cover change in the tropics for the 1990s. *Global Biogeochemical Cycles*, **2004**, *18*(2).
5. Herold, M.; Latham, J.S.; di Gregorio, A.; Schmullius, C.C. Evolving standards in land cover characterization. *J. Land Use Sci.* **2006**, *1*(2–4), 157–168.
6. Geist, H.; McConnell, W.; Lambin, E.F.; Moran, E.; Alves, D.; Rudel, T. Causes and trajectories of land-use/cover change. Proceeding of the Lambin, E.F., Geist, H. (eds) Land-Use and Land-Cover Change. Global Change - The IGBP Series. Springer, Berlin, Heidelberg. 2006, pp. 41–70.
7. Rudel, T.K.; Coomes, O.T.; Moran, E.; Achard, F.; Angelsen, A.; Xu, J.; Lambin, E. Forest transitions: towards a global understanding of land use change. *Global Environ. Change* **2005**, *15*(1), 23–31.
8. Parker, D.C.; et al. Multi-agent systems for the simulation of land-use and land-cover change: a review. *Ann. Assoc. Am. Geogr.* **2003**, *93*(2), 314–337.
9. Verburg, P.H. Simulating feedbacks in land use and land cover change models. *Landscape Ecol.* **2006**, *21*, 1171–1183.
10. Khawaldah, H.; Farhan, I.; Alzboun, N. Simulation and prediction of land use and land cover change using GIS, remote sensing and CA-Markov model. *Global J. Environ. Sci. Manage.* **2020**, *6*(2), 215–232.
11. Han, H.; Yang, C.; Song, J. Scenario simulation and the prediction of land use and land cover change in Beijing, China. *Sustainability* **2015**, *7*(4), 4260–4279.
12. Ullah, S.; et al. Analysis and simulation of land cover changes and their impacts on land surface temperature in a lower Himalayan region. *J. Environ. Manage.* **2019**, *245*, 348–357.
13. Walsh, S.J.; Entwisle, B.; Rindfuss, R.R.; Page, P.H. Spatial simulation modelling of land use/land cover change scenarios in northeastern Thailand: A cellular automata approach. *J. Land Use Sci.* **2006**, *1*(1), 5–28.
14. Van Asselen, S.; Verburg, P.H. Land cover change or land-use intensification: simulating land system change with a global-scale land change model. *Global Change Biol.* **2013**, *19*(12), 3648–3667.
15. Core Environmental Program (CEP). Applying CLUMondo to Support a Strategic Environmental Assessment of Viet Nam's 5-year Land Use Plan (2010 - 2020) Revision, Greater Mekong Subregion, Asian Development Bank, 2016.
16. Van Asselen, S.; Verburg, P.H. Land cover change or land-use intensification: simulating land system change with a global-scale land change model. *Global Change Biol.* **2019**, *19*(12), 3648–3667.
17. Thảo, Đ.T.P.; Sỹ, M.V.; Quý, B.N.; Huyền, N.T. Lập bản đồ dự báo sử dụng đất tỉnh Bình Dương đến năm 2030 bằng mô hình Land changer Model (LCM) kết hợp dữ liệu ảnh vệ tinh Landsat. *Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ* **2017**, *31*, 44–51.
18. Khánh, N.Q.; Sơn, L.H.; Phong, V.V. Nghiên cứu xác định dữ liệu ảnh vệ tinh viễn thám phù hợp với mô hình phân tích CLUE với hai phiên bản là CLUE-s và CLUMondo trong việc giám sát và dự báo biến động lớp phủ mặt đất. Thuộc đề tài nghiên cứu khoa học và công nghệ cấp Bộ “Nghiên cứu ứng dụng dữ liệu viễn thám đa thời gian và lựa chọn mô hình trong việc giám sát và dự báo biến động sử dụng đất dưới tác động của điều kiện tự nhiên và kinh tế - xã hội, thử nghiệm tại thành phố Hải Phòng”. Trung tâm Kiểm định chất lượng sản phẩm viễn thám - Cục viễn thám quốc gia. Mã số: TNMT.2018.08.05. 2019.

19. Hoa, N.T.P. Nghiên cứu biến động sử dụng đất nông nghiệp vùng ven biển tỉnh Nam Định bằng mô hình CLUMONDO. Luận án Tiến sĩ, Học viện Nông nghiệp Việt Nam. 2023.
20. ADB. Ứng dụng mô hình Dự báo thay đổi sử dụng đất CLUMondo trong Đánh giá Môi trường Chiến lược cho điều chỉnh quy hoạch sử dụng đất toàn quốc (giai đoạn 2015 - 2020). Revision, Greater Mekong Subregion, Asian Development Bank, 2016.
21. Vliet, J.V.; Verburg, P.H. A short presentation of CLUMondo, Chapter 34 in *Geomatic Approaches for Modeling Land Change Scenarios* book. 2018. Doi: 10.1007/978-3-319-60801-3-34.
22. Trực tuyến: <https://haiphong.gov.vn/>

Forecasting land cover changes in Kien Thuy - Do Son (Hai Phong) by the year 2030 using CLUMondo model

Do Thi Phuong Thao^{1,2}, Tran Thi Thu Trang¹, Vu Huu Tuan³, Le Chi Thanh⁴

¹ Hanoi University of mining and geology; dothiphuongthao@humg.edu.vn; tranthithutrang@humg.edu.vn

² Research and Development of Geospatial Data Management and Analysis Techniques

³ ESRI Vietnam Company; tuanvhesrivn@gmail.com

⁴ Ca Mau Department of Natural Resources and Environment; lcthanh.cic@gmail.com

Abstract: In Hai Phong, Kien Thuy - Do Son area is a convergence of many attractive tourist destinations, also an area with a strong industrialization and urbanization. On the other hand, under the increasingly harsh impact of natural factors, climate change, sea level rise has reduced the land area in lowland and coastal areas leading to change land use/ landcover rapidly throughout the region. The objectif of this study is to use the CLUMondo model (the latest version of the CLUE model - Conversion of Land Use and its Effect) with a few factors affecting the change on land cover to predict them in future. The simulation results up to 2030 predict that the land for rice cultivation, salt production land and annual cropland will tend to decrease compared to the present time. In addition, urban, rural land, other non-agricultural land, coastal protection forest, land aquaculture land and water surface are forecast to increase. This is help adjust for negative impacts from nature and society to redistribute regional development pressure.

Keywords: CLUMondo; Forecasting land use/land cover changes; Kien Thuy, Do Son.