

Bài báo khoa học

Đánh giá mối quan hệ giữa biến động lớp phủ đất với điều kiện tự nhiên sử dụng viễn thám và hồi quy logistic: Thí điểm khu vực huyện Giao Thủy, Nam Định

Phạm Thị Làn^{1*}

¹ Trường Đại học Mở - Địa chất; phamthilan@humg.edu.vn

*Tác giả liên hệ: phamthilan@humg.edu.vn; Tel.: +84-983321882

Ban Biên tập nhận bài: 14/8/2024; Ngày phản biện xong: 5/9/2024; Ngày đăng bài: 25/2/2025

Tóm tắt: Biến động lớp phủ ảnh hưởng tới điều kiện sống của con người và sinh vật. Biến động lớp phủ đất là hệ quả của tự nhiên và nhân tạo. Do đó, đánh giá biến động lớp phủ đất là nghiên cứu đa ngành, bao gồm kinh tế, xã hội và địa lý. Trong đó phải kể đến viễn thám và GIS. Mục tiêu của bài báo này là sử dụng phương pháp viễn thám và hồi quy logistic để không gian hóa và định lượng hóa nhằm đánh giá mối quan hệ giữa điều kiện tự nhiên với biến động lớp phủ đất huyện Giao Thủy, Nam Định. Ảnh Landsat được sử dụng trong phân loại thông tin lớp phủ đất qua các giai đoạn 1989, 2001, 2005 và 2023 bằng phương pháp phân loại hướng đối tượng kết hợp với phân vùng mẫu. Biến động lớp phủ tập chung chủ yếu là biến động lúa và hoa màu, biến động đất trống, biến động rừng ngập mặn và biến động khu nuôi trồng thủy sản. Điều kiện tự nhiên được xác định trong mối quan hệ với lớp phủ đất tại khu vực Giao Thủy, Nam Định, bao gồm xói lở và bồi tụ, thổ nhưỡng, địa mạo và khoảng cách tới đường bờ. Mối quan hệ này được thể hiện bằng quan hệ không gian nhờ chức năng chồng xếp trong GIS và được định lượng hóa bằng mô hình hồi quy logistic. Kết quả bài báo này chỉ ra rằng lớp phủ biến động khác nhau đối với mỗi yếu tố tự nhiên và có quan hệ thuận - nghịch khác nhau qua từng giá trị hồi quy, giá trị này là cơ sở hữu ích cho các nhà quản lý điều tiết sử dụng và khai thác điều kiện tự nhiên hợp lý.

Từ khóa: Lớp phủ đất; Điều kiện tự nhiên; Viễn thám; Hồi quy logistic.

1. Đặt vấn đề

Biến động lớp phủ/sử dụng đất là một nhân tố chủ yếu góp phần làm biến động môi trường và biến đổi toàn cầu [1–4]. Việc khai thác và sử dụng tài nguyên, đặc biệt là lớp phủ đất cần được thực hiện một cách hợp lý để đảm bảo sự phát triển kinh tế - xã hội, đồng thời bảo vệ môi trường. Do đó, khi đưa quyết định khai thác lớp phủ đất cần thiết phải đánh giá được sự tương tác giữa các điều kiện tự nhiên và xã hội đối với biến động lớp phủ đất để đưa ra quyết định phù hợp [5].

Sự biến đổi lớp phủ đất cũng được xem như là kết quả của mối quan hệ tổng hợp giữa các yếu tố tự nhiên và kinh tế - xã hội [6–9]. Các chính sách phát triển kinh tế và hoạt động kinh tế - xã hội ảnh hưởng trực tiếp đến hoạt động sử dụng đất [5, 10–13], làm thay đổi lớp phủ đất. Mặt khác, một số nghiên cứu cho rằng điều kiện tự nhiên là yếu tố tác động đến sự biến đổi lớp phủ/sử dụng đất [14–16]. Một số tác giả cũng nhận định rằng lớp phủ đất có mối quan hệ rất chặt chẽ với các điều kiện tự nhiên [4, 8, 17]. Nỗ lực nghiên cứu tương tác giữa sự thay đổi lớp phủ với điều kiện tự nhiên chẳng hạn như chu trình các bon, thủy văn, khí hậu, quá trình sinh địa hóa là rất cần thiết trong việc quản lý và điều chỉnh các ảnh hưởng của biến đổi khí hậu lên môi trường trong tương lai [18].

Giao Thủy là một huyện ven biển tỉnh Nam Định, thuộc đồng bằng sông Hồng, nơi đây lớp phủ đất có sự thay đổi lớn do tự tương tác của điều kiện tự nhiên như xói lở, bồi tụ, xâm

nhập mặn, sự thay đổi địa hình, địa mạo. Đặc biệt lớp phủ đất ở huyện Giao Thủy, Nam Định chịu tác động mang tính bước ngoặt bởi chính sách đổi mới trong những năm 1986 [19]. Xu hướng chung của việc biến động lớp phủ đất ở những năm trước đây là lúa và hoa màu giảm diện tích để chuyển thành khu dân cư và nuôi trồng thủy sản. Bên cạnh sự ảnh hưởng của chính sách đổi mới, chương trình trồng rừng ngập mặn cũng có tác động lớn đến biến động lớp phủ đất. Tuy nhiên, Đổi Mới cũng không thể trồng cói trên đất phù sa hay trồng lúa và hoa màu ở đất mặn nhiều. Như vậy, với bất kỳ yếu tố tác động nào thì sự biến động lớp phủ đất cũng phải dựa theo điều kiện tự nhiên để đạt được mục tiêu phát triển bền vững đối với địa phương và cho toàn cầu. Để thực hiện được định hướng đó, việc đánh giá mối quan hệ giữa điều kiện tự nhiên với sự thay đổi lớp phủ đất là rất quan trọng. Giao Thủy, Nam Định được đặc trưng về điều kiện tự nhiên bao gồm: thổ nhưỡng và địa mạo đặc trưng của khu vực châu thổ sông Hồng, hiện tượng xói lở do hoạt động nhân sinh và bồi tụ bờ biển do lượng trầm tích lớn và vận chuyển theo hướng chủ đạo là hướng Đông Bắc. Để nghiên cứu mối quan hệ giữa biến động lớp phủ đất và điều kiện tự nhiên, cần có một số lượng lớn số liệu và dữ liệu, đặc biệt là những nguồn dữ liệu đa thời gian, bao gồm cả tư liệu viễn thám.

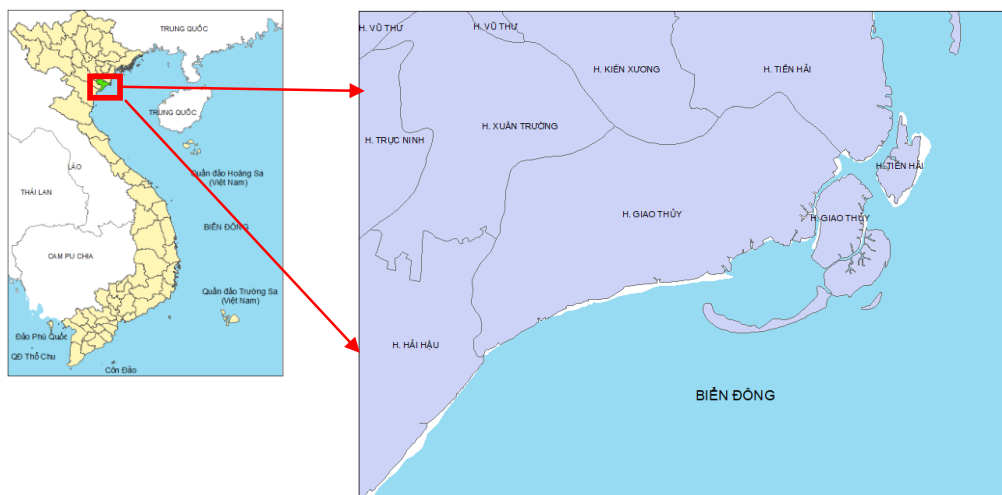
Viễn thám với đặc điểm đa thời gian đã thuận lợi cho việc theo dõi biến động lớp phủ đất [20]. Dữ liệu viễn thám còn được sử dụng trong việc xác định các thông tin về điều kiện tự nhiên ảnh hưởng đến biến động lớp phủ đất như là sự thay đổi địa hình và địa mạo [21, 22]. Tuy nhiên, viễn thám bị hạn chế khi phân tích dữ liệu mà không có tính không gian như là các tác nhân hay hệ quả của sự thay đổi lớp phủ đất [23], chẳng hạn như là việc định lượng hóa sự tương tác giữa điều kiện tự nhiên và biến động lớp phủ đất.

Phương pháp hồi quy logistic đã được áp dụng trong một số nghiên cứu về đánh giá động lực biến động lớp phủ đất [24–28]. Mô hình thống kê hồi quy logistic đa biến đã giải thích được mối quan hệ của yếu tố phụ thuộc (biến đổi lớp phủ đất) với yếu tố tác động (điều kiện tự nhiên) bằng hệ số hồi quy. Mục đích của nghiên cứu là đánh giá được mối quan hệ giữa biến động lớp phủ đất với địa mạo, thổ nhưỡng, khoảng cách tới đường bờ, xói lở và bồi tụ bờ biển sử dụng ảnh viễn thám và mô hình hồi quy logistic.

2. Phương pháp nghiên cứu và dữ liệu

2.1. Khu vực nghiên cứu và dữ liệu

Giao Thủy, Nam Định là một huyện ven biển thuộc châu thổ sông Hồng. Giao Thủy tiếp giáp với biển Đông về phía Đông, huyện Hải Hậu về phía Tây Nam, và huyện Xuân Trường về phía Tây Bắc (Hình 1). Vị trí địa lý của Giao Thủy rất đặc biệt, nơi đây có hệ thống thủy hệ dày đặc, đồng thời là một trong những vùng đất bồi tụ phù sa màu mỡ do ảnh hưởng từ sông Hồng và sông Sò. Nhờ vị trí nằm gần cửa Ba Lạt, điều kiện tự nhiên của Giao Thủy thuận lợi cho các hoạt động kinh tế như trồng lúa - hoa màu và nuôi trồng thủy sản. Huyện



Hình 1. Vị trí khu vực huyện Giao Thủy, tỉnh Nam Định.

Giao Thủy, Nam Định có đặc điểm địa hình, địa mạo đặc trưng bởi các đơn vị địa mạo xây dựng theo nguồn gốc phát sinh, xói lở, bồi tụ và khoảng cách tới đường bờ. Khu vực này cũng là cửa ngõ quan trọng dẫn vào Vườn quốc gia Xuân Thủy, là khu vực đất ngập nước có giá trị về sinh thái cảnh quan. Khu vực này cũng là nơi dự trữ sinh quyển của thế giới.

Lớp phủ đất ở huyện Giao Thủy có sự biến động lớn ở một số mốc thời gian chính. Đầu năm 1986 là thời điểm đánh dấu trong việc chuyển đổi cơ cấu kinh tế ở khu vực này, dẫn đến sự thay đổi lớn về lớp phủ đất. Trong điều kiện dữ liệu cho phép, ảnh Landsat năm 1989 được cho là thời điểm bắt đầu Đổi Mới. Tiếp đến là năm 2001, khi các dự án bảo tồn sinh thái rừng ngập mặn được thực hiện cũng làm thay đổi lớn diện tích rừng ngập mặn. Để chứng minh tính hiệu quả của các dự án rừng ngập mặn thì 2005 được lựa chọn là thời điểm tiếp theo. Cuối cùng là năm 2023 - thời điểm cập nhật nhất về thực trạng lớp phủ đất. Do vậy, dữ liệu sử dụng trong bài báo này, bao gồm dữ liệu ảnh Landsat TM, ETM+ và OLI ở các giai đoạn tương ứng 23/11/1989, 23/11/1989, 10/10/2005, và 07/12/2023, được chụp ở điều kiện gần giống nhau, các kênh ảnh sử dụng bao gồm kênh blue, green, red và near infrared. Bên cạnh đó là dữ liệu điều kiện tự nhiên, bao gồm: thổ nhưỡng, địa mạo, biến động đường bờ (biểu hiện bằng xói lở và bồi tụ) và khoảng cách tới đường bờ (Bảng 1, Hình 1).

Bảng 1. Dữ liệu điều kiện tự nhiên.

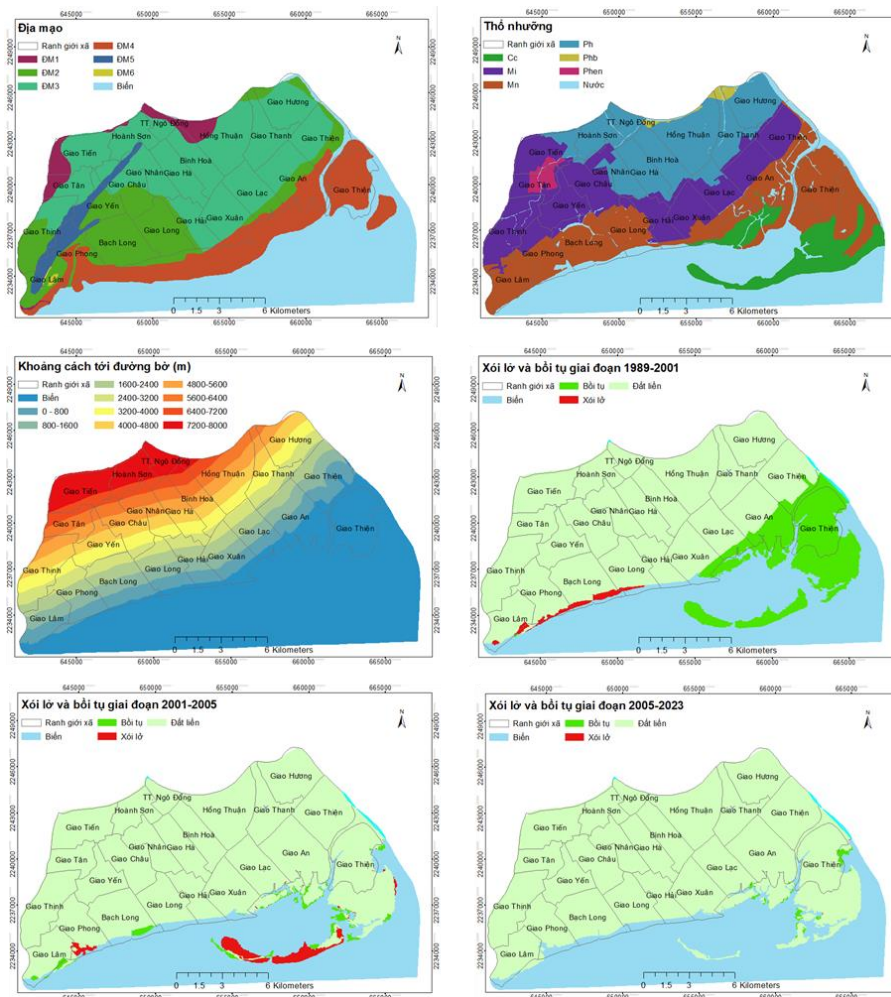
Điều kiện tự nhiên	Phân loại điều kiện tự nhiên	Ký hiệu	Điều kiện tự nhiên	Phân loại điều kiện tự nhiên	Ký hiệu
Địa mạo	Bãi bồi sông tuổi hiện đại Q ₂ ³	ĐM1	Biến động đường bờ	Xói lở	XM
	Bề mặt tích tụ hỗn hợp sông, biển - đầm lầy tuổi hiện đại Q ₂ ³	ĐM2		Bồi tụ	BT
	Bề mặt tích tụ hỗn hợp sông - biển tuổi hiện đại Q ₂ ³	ĐM3	Khoảng cách tới đường bờ	0 (biển)	ĐB 0
	Bề mặt tích tụ bãi triều tuổi hiện đại Q ₂ ³	ĐM4		0-800 m	ĐB 1
	Bề mặt tích tụ bar cát biển tuổi hiện đại Q ₂ ³	ĐM5		800-1600 m	ĐB2
	Bề mặt tích tụ biển gió tuổi hiện đại Q ₂ ³	ĐM6		1600-2400 m	ĐB3
Thổ nhưỡng	Đất cát, cồn cát ven biển	Cc		2400-3200 m	ĐB4
	Đất mặn ít, trung bình	Mi		3200-4000 m	ĐB5
	Đất mặn nhiều	Mn		4000-4800 m	ĐB6
	Đất phù sa không được bồi hàng năm	Ph		4800-5600 m	ĐB7
	Đất phù sa được bồi hàng năm	Phb		5600-6400 m	ĐB8
	Đất phèn tiềm năng	S		6400-7200 m	ĐB9
				7200-8000 m	ĐB10

Địa mạo được thu thập từ Liên đoàn bản đồ Địa chất - Bộ công nghiệp - Cục địa chất với 6 đối tượng. Phía ngoài đề phân bố bởi hai loại địa mạo là ĐM3 và ĐM6. Các loại địa mạo còn lại tập trung phía trong đề. Thổ nhưỡng ở Giao Thủy, Nam Định cũng gồm 6 loại: Đất cát, cồn cát ven biển được phân bố chủ yếu là phi lao; đất mặn ít, trung bình thường phân bố với lớp phủ đất là cỏ, ruộng muối, nuôi thủy sản; đất mặn nhiều phân bố bởi rừng ngập mặn, thủy sản; đất phù sa được bồi thường xuyên, đất phù sa không được bồi thường xuyên, và đất phèn tiềm tàng được phân bố trên đó là dân cư, lúa và hoa màu.

Biến động đường bờ biển, bao gồm cả do xói lở và bồi tụ [29]. Yếu tố đường bờ biển là một trong những yếu tố tự nhiên có ảnh hưởng quan trọng đến biến động lớp phủ đất vùng ven biển nói chung và huyện Giao Thủy, Nam Định nói riêng. Dưới tác động của các chu trình tự nhiên từ biển (sóng, bão, sự vận chuyển phù sa, mực nước biển dâng), bờ biển đã bị biến động lớn. Trong bài báo này, kỹ thuật kênh tỷ số và phân ngưỡng được sử dụng để trích xuất đường bờ [30]. Sự thay đổi đường bờ xảy ra do quá trình bồi tụ và xói lở. Khi đường bờ thay đổi, diện tích các khoanh vi xói lở hay bồi tụ cũng thay đổi. Diện tích bồi tụ phân bố

chủ yếu tại các cửa Ba Lạt và cửa sông Trà Lý. Hiện tượng xói lở có diện tích không nhiều, được phân bố tập trung ở các xã Giao Long, Giao Hải.

Đường bờ là một trong số các yếu tố tự nhiên có liên quan rất chặt chẽ với biến động lớp phủ đất khu vực huyện Giao Thủy, Nam Định. Khi đường bờ biến đổi, lớp phủ đất cũng bị biến đổi theo và sự tương tác này được chứng minh khi coi biến đổi đường bờ (xói lở và bồi tụ) là một biến độc lập. Bên cạnh đó, giả sử đối tượng đường bờ không thay đổi, thì giữa biến động lớp phủ đất với đường bờ vẫn có mối quan hệ vì lớp phủ đất ở khu vực ven biển chịu tác động rất lớn bởi độ mặn của thổ nhưỡng và chế độ dẫn nước. Độ mặn của đất phụ thuộc vào khoảng cách của khu vực đó tới đường bờ. chế độ dẫn nước của các khu vực nuôi trồng thủy sản và ruộng làm muối cũng phụ thuộc vào khoảng cách của khu vực đó tới đường bờ. Do vậy, trong nghiên cứu này coi đường bờ năm 1989 là cố định, và lấy tiêu chí khoảng cách tới đường bờ năm 1989 là yếu tố ảnh hưởng đến lớp phủ đất. Khoảng cách được tính đều với giá trị 800m là khoảng cách chiều ngang đầm nuôi tôm ở giai đoạn chuyển đổi lúa thành đầm nuôi tôm đầu tiên (1989-2001). Giá trị 800 m cũng tương đương với chiều rộng của các đầm nuôi trồng thủy sản khác.

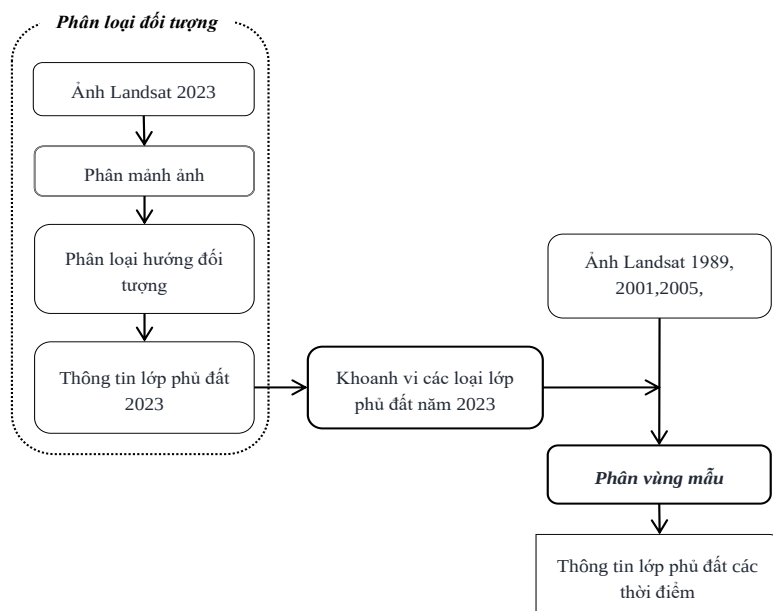


Hình 1. Các lớp dữ liệu điều kiện tự nhiên.

2.2. Chiết xuất thông tin lớp phủ đất

Phân loại lớp phủ đất có thể tổng hợp thành hai nhóm là phương pháp phân loại dựa vào pixel (*pixel - based*) và phương pháp phân loại hướng đối tượng (*object - oriented*). Phương pháp phân loại theo pixel-based bị hạn chế khi chỉ dựa vào giá trị phản xạ phổ của đối tượng nên không thể tách biệt được một số đối tượng như khu nuôi trồng thủy sản - ruộng muối, rừng ngập mặn - ruộng cói,... Phương pháp phân loại hướng đối tượng sử dụng kết hợp cả

thông tin phổ và thông tin cấu trúc đối tượng đã khắc phục được hạn chế trên tại huyện Giao Thủy, Nam Định năm 2023. Bên cạnh đó, bài báo còn sử dụng phương pháp phân loại phân vùng mẫu đối với các thời điểm ảnh 1989, 2001 và 2005 nhằm giảm sai số thô ở khu vực ranh giới những vùng không bị biến động. Sự kết hợp này là giải pháp hiệu trong việc đánh giá biến động lớp phủ đất bằng ảnh vệ tinh đa thời gian. Quy trình phân loại thông tin lớp phủ đất bằng phương pháp phân loại hướng đối tượng kết hợp phương pháp phân vùng mẫu khu vực Giao Thủy, Nam Định được trình bày trên Hình 2.



Hình 2. Quy trình phân loại lớp phủ đất.

Lớp phủ đất được chiết xuất với 8 đối tượng, bao gồm: dân cư, lúa và hoa màu, mặt nước và sông ngòi, đất trống, khu nuôi trồng thủy sản, rừng ngập mặn, ruộng muối, ruộng cỏi. Phương pháp phân loại hướng đối tượng được sử dụng để phân loại cho ảnh Landsat 2023. Kết quả phân loại có kiểm chứng và đánh giá độ tin cậy thông qua kết quả tổng hợp từ niên giám thống kê. Lớp thông tin lớp phủ đất năm 2023 lần lượt chồng xếp lên ảnh các thời điểm 1989, 2001 và 2005 nhằm hồi cứu lại thông tin lớp phủ các năm tương ứng. Độ tin cậy thông tin lớp phủ đất các thời điểm được so sánh với kết quả tổng hợp từ thống kê theo niên giám ở các năm tương ứng.

2.3. Xác định mối quan hệ

Các phương pháp hồi quy lý giải được mối quan hệ giữa biến động lớp phủ đất với các chỉ số tự nhiên, kinh tế - xã hội. Kỹ thuật này được sử dụng với hai mục đích: (1) Giải thích các tác nhân gây biến động; (2) Dự báo sự biến đổi đó theo không gian [31]. Dữ liệu biến động lớp phủ, lớp phủ đất thường được biểu diễn dưới dạng dữ liệu rời rạc (ví dụ như: Lúa chuyển thành dân cư, lúa chuyển thành nuôi trồng thủy sản). Do vậy, hồi quy logistic (nhị phân và đa thức) là mô hình thống kê phù hợp.

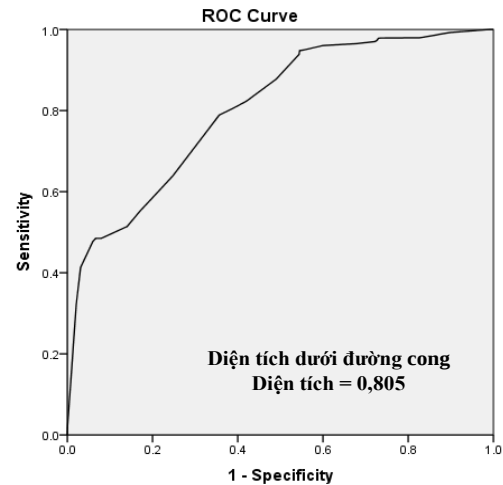
Trong nghiên cứu này, phân tích hồi quy đa biến được chạy ngẫu nhiên các điểm bằng phần mềm SPSS. Biến phụ thuộc là các cặp chuyển đổi lớp phủ đất với dạng dữ liệu nhị phân là 1 và biến 0 (không biến động). Các biến độc lập là điều kiện tự nhiên có trong Bảng 1.

$$\text{Loge} \left[\frac{P}{1-p} \right] = \beta_0 + \beta_0 X_1 + \beta_1 X_2 + \dots + \beta_i X_i \quad (1)$$

Trong đó P là xác suất chuyển đổi lớp phủ đất; $X_1, \dots, X_i$ là các điều kiện tự nhiên có trong Bảng 1; β_0 là hằng số hồi quy; $\beta_1, \dots, \beta_i$ là hệ số hồi quy ứng với từng điều kiện tự nhiên (Bảng 1) có có tác động đến từng loại biến động lớp phủ đất.

Hệ số hồi quy có giá trị âm và dương thể hiện quan hệ nghịch và thuận của biến động lớp phủ đất đối với điều kiện tự nhiên. Hệ số hồi quy có giá trị càng lớn thể hiện quan hệ giữa biến động lớp phủ với mỗi một điều kiện tự nhiên tương ứng càng chặt chẽ.

Độ tin cậy của phương pháp hồi quy được đánh giá bằng hệ số R^2 (Nagelkerke R Square) lớn hơn 0,2 và diện tích phía dưới đường cong ROC đạt lớn hơn 0,7 (**Error! Reference source not found.**). Kết quả phân tích bằng phương pháp hồi quy logistic đối với huyện Giao Thủy, Nam Định đều đạt yêu cầu.

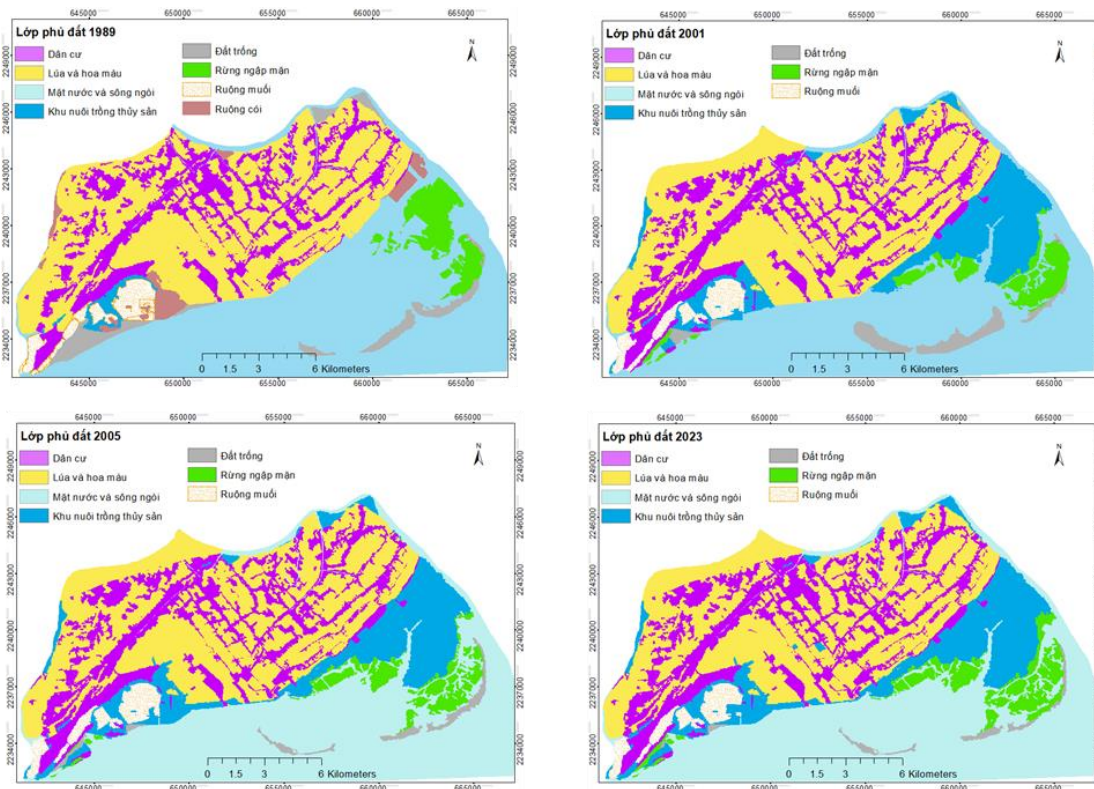


3. Kết quả và thảo luận

3.1. Độ tin cậy của lớp phủ đất

Kết quả phân loại lớp phủ đất từ ảnh vệ tinh Landsat được thể hiện như Hình 3 dưới đây. Trong đó, ruộng còi biến mất từ năm 2001 do chính sách chuyển đổi cơ cấu kinh tế của địa phương, một dấu mốc quan trọng trong phát triển kinh tế - xã hội của tỉnh Nam Định. Diện tích đất trồng còi chuyển đổi thành lúa phải là những khu vực được phân bố ở điều kiện thổ nhưỡng, địa mạo và đất cũng cần được cải tạo để phù hợp với cây lúa.

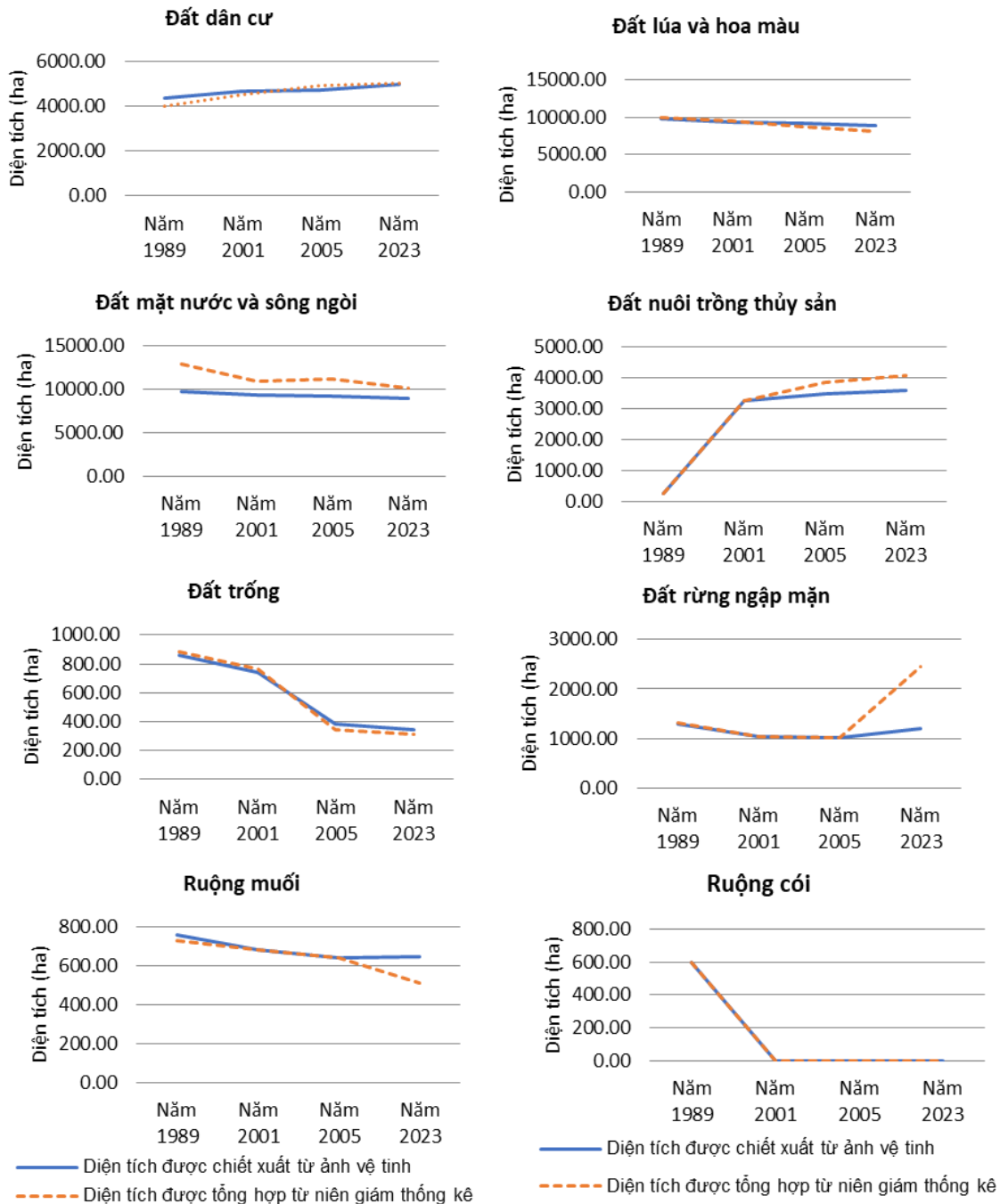
Hình 4. Đường cong ROC trong đánh giá độ tin cậy của phương pháp hồi quy logistic.



Hình 3. Kết quả phân loại lớp phủ đất từ ảnh vệ tinh.

Hình 6 chỉ ra sự tương quan lớn về số liệu thống kê diện tích lớp phủ đất được tổng hợp từ niên giám so với diện tích thông tin lớp phủ đất chiết xuất từ ảnh vệ tinh là lớn. Tương quan lớn nhất đối với diện tích dân cư; lúa và hoa màu và ruộng còi. Đối tượng rừng ngập mặn và khu nuôi trồng thủy sản có tương quan hoàn toàn ở giai đoạn 1989-2005, sang giai

đoạn 2005-2023 thì có sự chênh lệch. Các đối tượng lớp phủ đất còn lại có tương quan thấp hơn.

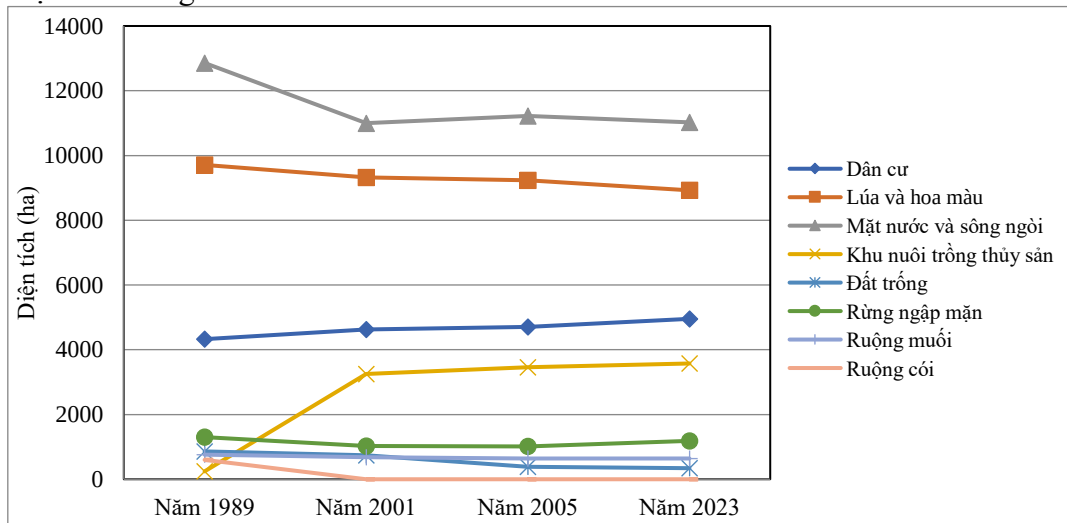


Hình 4. Biểu đồ tương quan diện tích (ha) lớp phủ đất được phân loại bằng ảnh vệ tinh so với niên giám thống kê ở khu vực Giao Thủy, Nam Định.

3.2. Biến động lớp phủ đất

Lớp phủ đất huyện Giao Thủy, Nam Định biến động tương đối phong phú trên tất cả các đối tượng. Tuy nhiên, Hình 7 chỉ ra rằng các đối tượng biến động trong hai giai đoạn chính là giai đoạn 1989-2001 và giai đoạn 2001-2023. Các đối tượng lớp phủ đất có thay đổi đáng kể trong giai đoạn 2001-2023. Trong khi đó, giai đoạn 1989-2001 các đối tượng biến động khá rõ ràng, diện tích khu dân cư tăng từ 4327,59 ha lên 4631,35 ha. Ngược với xu thế đó, diện tích lúa và hoa màu lại giảm dần từ 10425,16 ha xuống còn 9332,71 ha. Diện tích hai loại lớp phủ đất có biến động lớn ở giai đoạn này là khu nuôi trồng thủy sản tăng vọt từ 243,02

ha lên 3248,65 ha cho chính sách chuyển đổi kinh tế làm đất trồng coi biến mất để thay thế cho diện tích trồng lúa.



Hình 5. Biểu đồ thống kê diện tích các đối tượng lớp phủ đất phân loại từ ảnh vệ tinh ở huyện Giao Thủy, Nam Định (ha) giai đoạn 1989-2023.

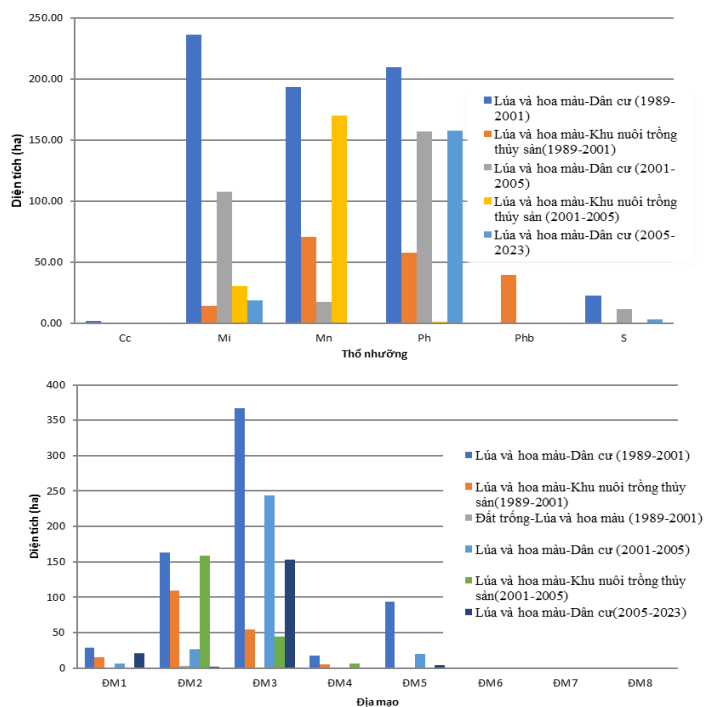
3.3. Đánh giá quan hệ giữa biến động lớp phủ đất và điều kiện tự nhiên

Lớp phủ đất ở huyện Giao Thủy, Nam Định biến động đa dạng trên cơ sở các điều kiện tự nhiên khác nhau. Tuy nhiên, sự biến động đó tập trung ở bốn loại lớp phủ chính, bao gồm: biến động lúa và hoa màu, biến động đất trồng, biến động rừng ngập mặn và biến động khu nuôi trồng thủy sản. Việc đánh giá quan hệ giữa 4 nhóm chuyển đổi này với điều kiện tự nhiên được phân tích theo diện tích phân bố trên không gian địa mạo, thổ nhưỡng và định lượng bằng hệ số hồi quy (β) đối với từng yếu tố tự nhiên.

3.3.1. Biến động lúa và hoa màu

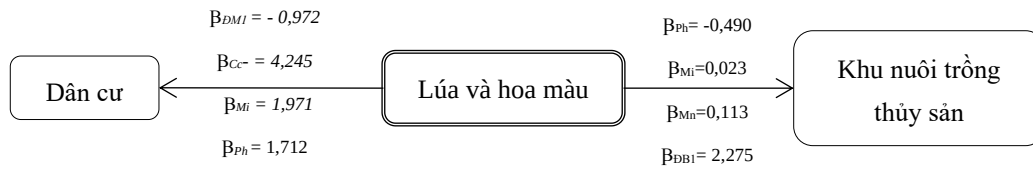
Biến động đất lúa và hoa màu là sự suy giảm diện tích để chuyển đổi thành khu nuôi trồng thủy sản và dân cư. Bên cạnh sự gia tăng diện tích rất nhỏ của lúa và hoa màu từ ruộng coi và đất trồng, thì sự biến động đất lúa và hoa màu là sự suy giảm diện tích theo phân bố không gian các yếu tố địa mạo. Sự suy giảm này nhằm phục vụ nhu cầu đất ở và hoạt động nuôi trồng thủy sản. Do vậy, biến động lúa và hoa màu phân bố tập trung lớn nhất ở khu vực ĐM3, tiếp sau là ĐM2 và ĐM5 (Hình 8).

Hình 9 chỉ ra rằng, lúa và hoa màu biến đổi thành khu dân cư có quan hệ chặt chẽ với điều kiện thổ nhưỡng, thể hiện hệ số hồi quy lớn tập trung ở đất cát - cồn cát ($\beta C_c = 4,245$), đất phù sa ($\beta P_h = 1,712$) đất mặn ít ($\beta M_i = 1,971$) với khu vực trong đê là chủ yếu. Giai đoạn 2005-2023, khả năng lúa và hoa màu biến đổi thành dân cư xảy ra ít và



Hình 6. Biến động đất lúa và hoa màu theo thổ nhưỡng và địa mạo giai đoạn 1989-2023.

nhỏ lẻ. Tuy nhiên, vẫn tuân theo quy luật tự nhiên là thích hợp với khu vực trong đê và bị hạn chế ở khu vực ĐM1 ($\beta_{DM1} = -0,972$).

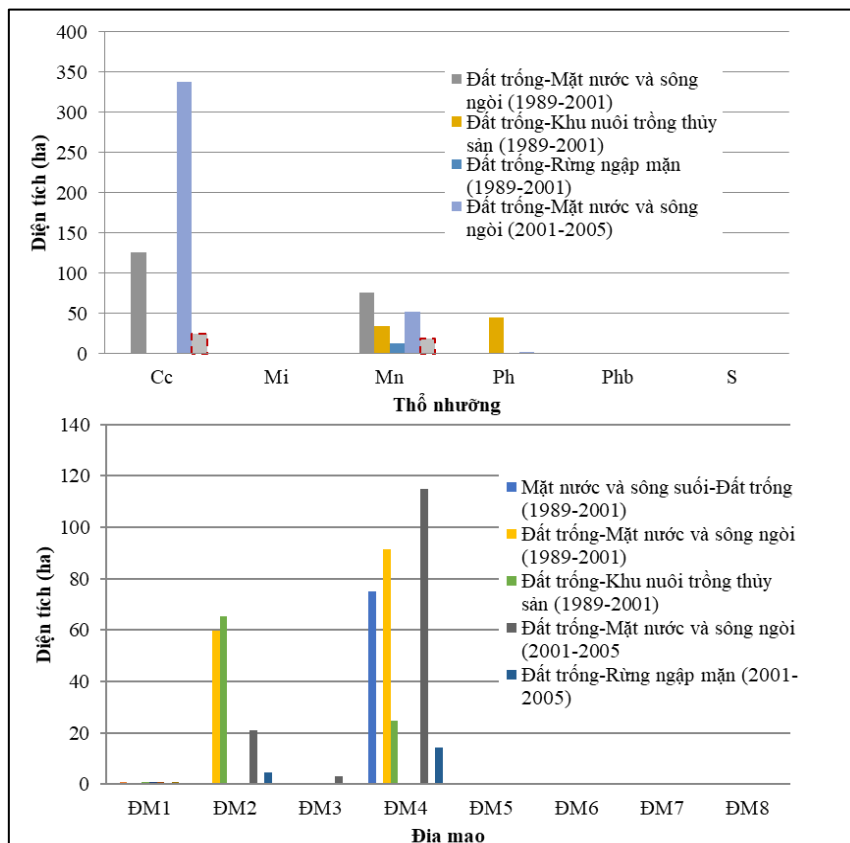


Hình 7. Biến đổi lúa và hoa màu trong quan hệ với điều kiện tự nhiên.

Trong khi đó sự thay đổi lúa và hoa màu để làm khu nuôi trồng thủy sản chỉ tập trung ở khu vực đất mặn nhiều, xảy ra bắt đầu từ giai đoạn vài năm đầu của chính sách ĐỔI MỚI (1989-2001), tiếp tục diễn ra vào giai đoạn 2001-2005. Giai đoạn 1989-2001, giá trị hồi quy chỉ ra khả năng xảy ra biến động này phù hợp trên khu vực đất mặn nhiều ($\beta_{Mn} = 0,113$) và đất mặn ít ($\beta_{Mi} = 0,023$). Ngược lại, khu vực đất phù sa khả năng lúa và hoa màu chuyển thành khu nuôi trồng thủy sản giảm với hệ số hồi quy âm ($\beta_{Ph} = -0,490$). Bên cạnh đó, sự chuyển đổi này không thích hợp với những khu vực trong đê. Sang giai đoạn 2001-2005, sự chuyển đổi này xác suất mở rộng sang diện tích phía sát trong đê với khoảng cách từ đê vào trong là 800 m ($\beta_{DBI} = 2,275$). Tuy nhiên, những khu vực có đất mặn ít xác suất chuyển đổi giảm.

3.3.2. Biến động đất trồng

Biến động đất trồng là chuyển đổi đa dạng giữa các đối tượng lớp phủ. Bên cạnh diện tích nhỏ đất trồng biến đổi thành dân cư và lúa phân bố phía trong đê là phần lớn diện tích đất trồng được bồi tụ, xói mòn, biến đổi thành rừng ngập mặn và thành khu nuôi trồng thủy sản. Sự chuyển đổi này chủ yếu phân bố theo không gian đất cát-cồn cát, đất mặn nhiều, ĐM4 và ĐM2 (Hình 10).

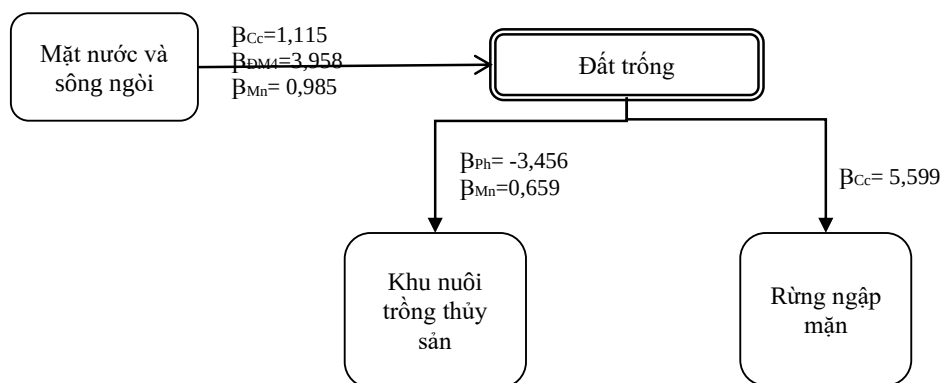


Hình 8. Biến động diện tích đất trồng.

Hệ số hồi quy trong Hình 11 chỉ ra rằng, biến động mặt nước và sông ngòi thành đất trồng có quan hệ thuận với đất cát - cồn cát ($\beta_{Cc} = 1,115$), khu vực ngoài khơi với đất mặn $\beta_{Mn} = 0,985$ và khu vực ĐM4 ($\beta_{ĐM4} = 3,958$). Điều đó có nghĩa là trên các đơn vị tự nhiên đó, quá trình bồi tụ chuyển mặt nước và sông ngòi thành đất trồng sẽ gia tăng.

Đất trồng biến đổi thành khu nuôi trồng thủy sản có xu thế tăng ở giai đoạn những năm Đổi Mới (1989-2001) với nhưng khu vực có đất mặn nhiều ($\beta_{Mn} = 0,659$) và sự chuyển đổi này sẽ giảm với khu vực đất phù sa ($\beta_{Ph} = -3,456$). Sự biến đổi này phù hợp với thực tế khu vực khi có chính sách phá rừng ngập mặn phục vụ hoạt động nuôi trồng thủy sản. Bên cạnh đó, rừng ngập mặn phát triển tự nhiên trên diện tích bãi bồi (đất trồng).

Đất trồng chuyển thành rừng ngập mặn qua hai giai đoạn 1989-2001 và 2001-2005 do dự án trồng rừng ngập mặn của Đan Mạch. Sự chuyển hóa này có quan hệ chặt chẽ với các điều kiện tự nhiên duy nhất là thổ nhưỡng. Hệ số hồi quy ($\beta_{Cc} = 5,599$) chỉ ra rằng, trên khu vực đất cát và cồn cát phù hợp cho sự tăng trưởng rừng ngập mặn. Sự phát triển đúng quy luật tự nhiên này chỉ diễn ra trên diện tích đất trồng là bãi bồi và đất cát-cồn cát sẽ trừ khu cồn cát trồng phi lao.

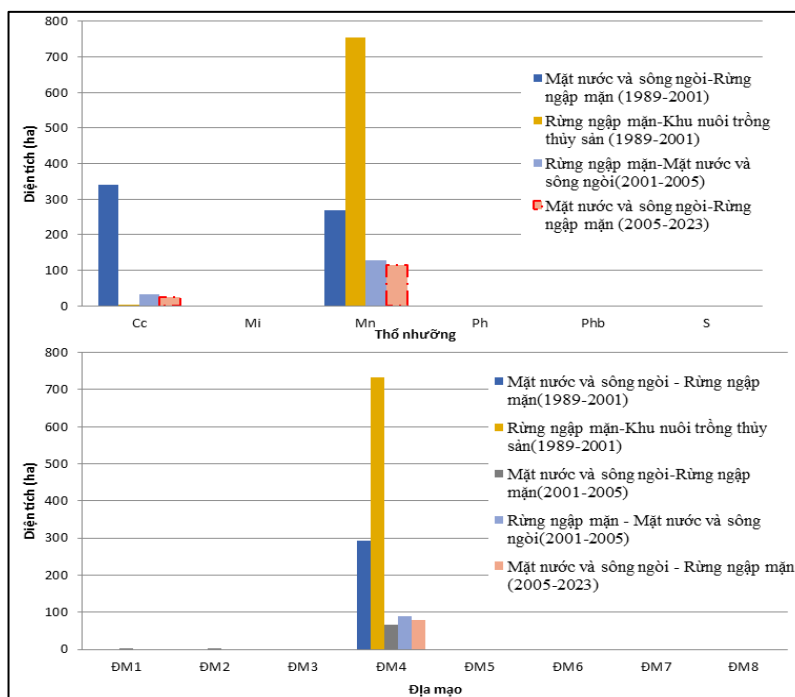


Hình 9. Quan hệ giữa biến động đất trồng và điều kiện tự nhiên.

3.3.3. Biến động rừng ngập mặn

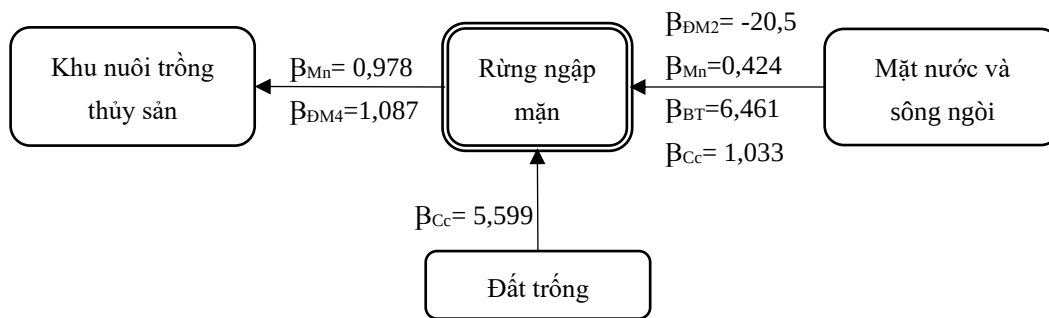
Tương tự như biến động đất trồng, biến động rừng ngập mặn chủ yếu phân bố theo không gian đất cát - cồn cát, đất mặn nhiều và ĐM4. Biến động tập trung hai hướng là suy giảm diện tích rừng ngập mặn để nuôi trồng thủy sản và gia tăng diện tích rừng ngập mặn từ đất trồng, mặt nước và sông ngòi.

Biến động đất đất trồng thành rừng ngập mặn chỉ diễn ra trong giai đoạn 2001-2005 và khả năng biến động tăng trên khu vực đất cát - cồn cát ($\beta_{Cc} = 5,599$). Thực tế đất trồng trong sự chuyển đổi này là



Hình 10. Biến động diện tích rừng ngập mặn.

các bãi bồi ven bờ, cửa sông hoặc phía ven rừng ngập mặn. Theo quy luật sinh thái tự nhiên, các trầm tích lắng đọng và hình thành các bãi triều, bãi bồi, sau đó các cây ngập mặn tự nhiên sẽ mọc trên diện tích đó.



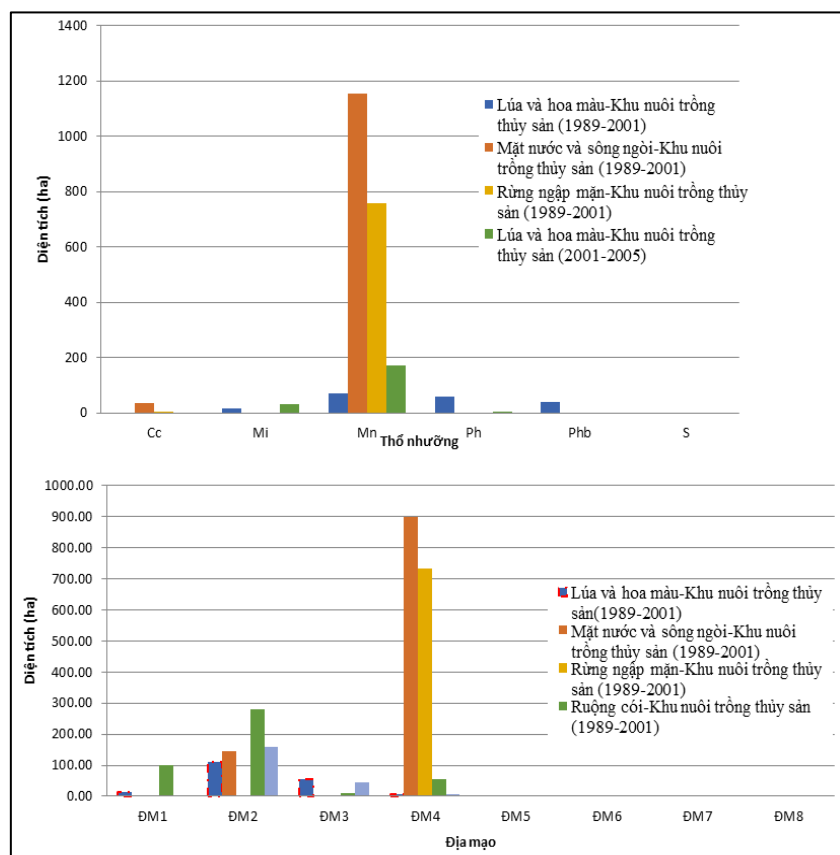
Hình 11. Quan hệ biến động rừng ngập mặn với điều kiện tự nhiên.

Biến động rừng ngập mặn thành khu nuôi trồng thủy sản cũng chỉ diễn ra vào giai đoạn 1989-2001. Đây là giai đoạn ban đầu của thời kỳ đổi mới, khu vực ven biển chuyển dịch cơ cấu theo hướng phá rừng ngập mặn để nuôi tôm. Sự chuyển đổi này gia tăng ở khu vực đất mặn nhiều ($\beta_{Mn} = 0,978$) và ĐM4 ($\beta_{DM4} = 1,087$), là nơi đáp ứng đủ nhu cầu sinh thái về độ mặn cũng như khả năng dẫn và lưu thông nước trong hoạt động nuôi trồng thủy hải sản.

3.3.4. Biến động khu nuôi trồng thủy sản

Biến động khu nuôi trồng thủy sản là sự chuyển đổi từ lúa, từ rừng ngập mặn, từ ruộng muối, từ đất trồng, từ mặt nước và sông ngòi. Hình 12 sau cho thấy rằng sự chuyển đổi này tập trung chính ở khu vực đất mặn nhiều và ĐM4. Tiếp đó có một số diện tích nhỏ phân bố sự chuyển đổi này trên ĐM2.

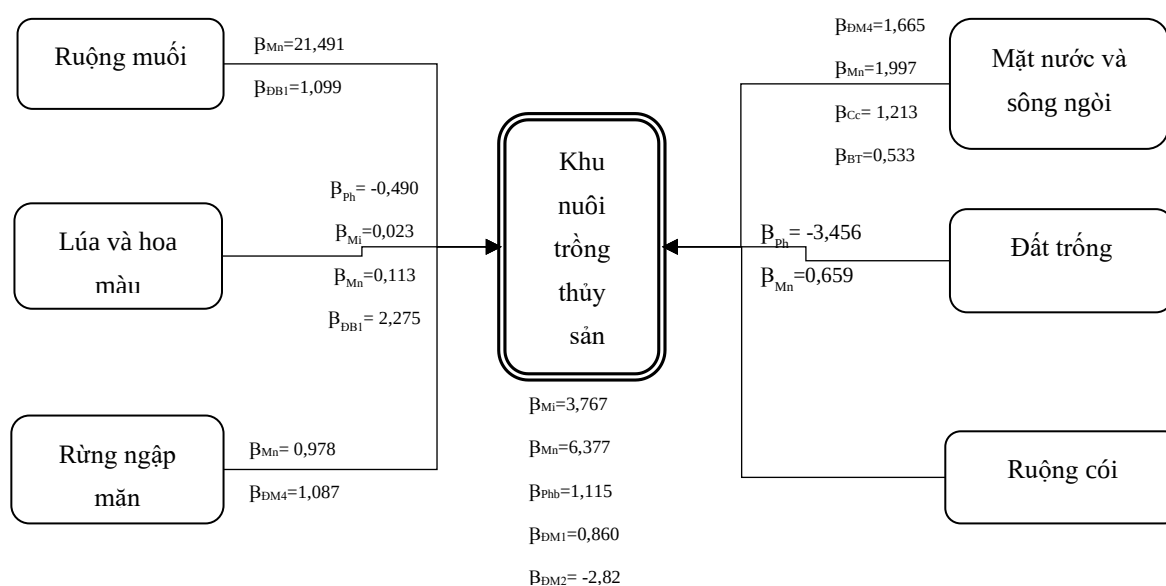
Đất trồng, mặt nước và sông ngòi biến động thành khu nuôi trồng thủy sản thực chất là quá trình bồi tụ. Đất trồng ở đây là các bãi bồi khu vực cửa sông. Sau khi các bãi bồi được hình thành là sự đắp đê và xây dựng các đầm nuôi tôm. Khu vực thích hợp với sự chuyển đổi này được thể hiện với hệ số hồi quy dương (Hình 13), cụ thể trên đất mặn nhiều, đất cát - cồn cát, khu vực bồi tụ và ĐM4. Ngược lại, trên khu vực đất phù sa không được bồi hàng năm ($\beta_{Ph} = -3,456$), tiềm năng biến đổi đất trồng, mặt nước và sông ngòi thành khu nuôi trồng thủy sản giảm.



Hình 12. Biến động diện tích nuôi trồng thủy sản.

Biến động điện tích nuôi trồng thủy sản từ rừng ngập mặn tăng khi diễn ra trên khu vực đất mặn nhiều ($\beta_{Mn} = 0,978$) và ĐM4 ($\beta_{DM4} = 1,087$) cũng được chỉ rõ bằng giá trị dương trong Hình 13 về hệ số hồi quy. Cùng với diễn thế chung của giai đoạn mấy năm thời kỳ đổi mới (1989-2001), khả năng ruộng cói cũng được biến đổi thành khu nuôi trồng thủy sản tăng khi xảy ra trên khu vực đất mặn ít ($\beta_{Mi} = 3,767$), đất mặn nhiều ($\beta_{Mn} = 6,377$), đất phù sa bồi hàng năm ($\beta_{Phb} = 1,115$) và ĐM1 ($\beta_{DM1} = 0,860$). Ngược lại, khả năng chuyển đổi này giảm trên khu vực ĐM2 ($\beta_{DM2} = -2,82$).

Ruộng muối được chuyển đổi thành khu nuôi trồng thủy sản trong những năm gần đây (2005-2023) do làm muối không đem lại thu nhập tốt cho diêm dân. Hình 15 về hệ số hồi quy trên chỉ ra rằng khả năng chuyển đổi này chỉ tăng và phù hợp trên những khu vực đất mặn nhiều ($\beta_{Mn} = 21,491$) và khu vực ven bờ với khoảng cách tới đường bờ về phía đất liền 800m ($\beta_{DB1} = 1,099$).



Hình 13. Mối quan hệ giữa biến động khu nuôi trồng thủy sản với điều kiện tự nhiên.

4. Kết luận

Lớp phủ đất phân loại từ ảnh vệ tinh Landsat có độ tin cậy cao khi so sánh tổng hợp với niên giám thống kê. Biến động lớp phủ tập trung ở biến động lúa và hoa màu, biến động đất trồng, biến động rừng ngập mặn và biến động khu nuôi trồng thủy sản.

Hồi quy logistic được lựa chọn để đánh giá quan hệ giữa biến động lớp phủ đất và điều kiện tự nhiên. Để đánh giá độ tin cậy của phương pháp hồi quy logistic, bài báo dựa trên thông số R^2 và đường cong ROC. Giá trị R^2 của các giai đoạn đều đạt mức lớn hơn 0,2 và độ tin cậy được đánh giá bằng ROC cũng đạt hơn 0,7. Điều này khẳng định rằng biến động các loại lớp phủ đất khu vực Giao Thủy, Nam Định có mối quan hệ chặt chẽ với địa mạo, thổ nhưỡng, biến động đường bờ và khoảng cách tới đường bờ.

Biến động lúa và hoa màu có mối quan hệ với nhóm yếu tố thổ nhưỡng và địa mạo. Trong giai đoạn gần 34 năm (1989-2023), khả năng chuyển đổi đối tượng lúa và hoa màu thành dân cư tăng trên khu vực đất cồn cát cổ, đất phù sa và địa mạo bề mặt tích tụ sông, biển - đầm lầy tuổi hiện đại Q_2^3 , bề mặt tích tụ bãi triều tuổi hiện đại Q_2^3 với khu vực trong đê do nền đất chắc, thuận lợi cho việc xây dựng các công trình xây dựng như nhà ở, chuồng trại.... Trong thời điểm đó, trên khu vực đất mặn ít và đất mặn nhiều ở phía ngoài hoặc trong sát đê, xác suất lúa và hoa màu biến đổi thành khu nuôi trồng thủy sản sẽ tăng. Sự chuyển đổi này ngoài việc đem lại hiệu quả kinh tế, mà còn phù hợp với quy luật tự nhiên với các loại thủy

sản yêu cầu độ mặn và khả năng dẫn nước mặn vào đầm phục vụ cho quá trình sinh trưởng và phát triển của hệ sinh thái thủy hải sản ven biển.

Sự chuyển đổi giữa đất trồng và mặt nước và sông ngòi là sự bồi tụ và quá trình này có quan hệ chặt chẽ với đất cát - cồn cát, khu vực ven bờ và ngoài biển do sự vận chuyển, lắng đọng các trầm tích từ các con sông. Vì vậy, sự chuyển đổi này xuất hiện tập trung ở các cửa sông lớn như cửa Ba Lạt, cửa Thái Bình. Bên cạnh đó, đất trồng chuyển đổi thành một số loại cây ngập mặn và đất làm muối lại có mối quan hệ tương hỗ với đất mặn nhiều do đặc tính sinh thái của cây ngập mặn chỉ xuất hiện trên khu vực đất mặn.

Biến động rừng ngập mặn và khu nuôi trồng thủy sản có quan hệ mật thiết với khu vực mặn nhiều, ĐM4, khu vực cồn cát và khu vực bồi tụ.

Nhìn chung, sự biến động các loại lớp phủ đất ở khu vực Giao Thủy, Nam Định tập trung với các đối tượng ven biển và ngoài biển phía bãi triều. Biến động lớp phủ đất ở khu vực này đa dạng và phức tạp những vẫn phát triển trên cơ sở quan hệ với điều kiện tự nhiên. Yếu tố nhân sinh là yếu tố tác động mạnh mẽ đến sự biến động lớp phủ đất còn là hạn chế trong bài báo này. Trong những nghiên cứu tương lai, sự tổng hợp đầy đủ yếu tố về tự nhiên và nhân tạo sẽ là giải pháp hoàn thiện để phục vụ định hướng quy hoạch sử dụng đất bền vững.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu; Thu thập, xử lý số liệu; Phân tích kết quả; Viết bản thảo bài báo; Chỉnh sửa bài báo: P.T.L.

Lời cam đoan: Tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây.

Tài liệu tham khảo

1. Ostwald, M.; Wibeck, V.; Stridbeck, P. Proximate causes and underlying driving forces of land-use change among small-scale farmers - illustrations from the Loess Plateau, China. *J. Land Use Sci.* **2009**, 4(3), 157–171.
2. Virginia, H.D. The relationship between land use change and climate change. *Ecol. Appl.* **1997**, 7, 753–769.
3. Mayer, W.B.; Turner, B.L. Changes in land - use and land cover: a global perspective. Cambridge University Press, Cambridge, 1991.
4. Liding, C.; Jun, W.; Bojie, F.; Qiu, Y. Land-use change in a small catchment of northern Loess Plateau, China. *Agric. Ecosyst. Environ.* **2001**, 86, 163–172.
5. Lambin, E.; et al. Causes of land-use and land-cover change. 2007. Available online: <http://www.eoearth.org/view/article/51cbcd2f7896bb431f6905af>.
6. Kelarestaghi, A.; Jeloudar, Z.J. Land use/cover change and driving force analyses in parts of northern Iran using RS and GIS techniques. *Arab J Geosci.* **2011**, 4, 401–411.
7. Campbell, D.J.; Lusch, D.P.; Smucker, T.A.; Wangui, E.E. Multiple methods in the study of driving forces of land use and land cover change: A case study of SE Kajiado District, Kenya. *Human Ecology* **2005**, 33(6), 763–794.
8. Hietel, E.; Waldhardt, R.; Otte, A. Analysing land-cover changes in relation to environmental variables in Hesse, Germany. *Landscape Ecol.* **2004**, 19, 473–489.
9. Zdeněk, O.; Bořivoj, S.; Petr, K. Land-use changes and their relationships to selected landscape parameters in three Cadastral areas in Moravia (Czech Republic). *Moravian Geogr. Rep.* **2013**, 21(1), 41–50.
10. Qasima, M.; Hubacekb, K., and T. M. Underlying and proximate driving causes of land use change in district Swat, Pakistan. *Land Use Policy* **2013**, 34, 146–157.
11. Lambin, E.; Turner, II B.L.; Geist, H.J.; Samuel, B.A. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global Environ. Change* **2001**, 11, 261–269.

12. Lubowski, R.N.; Shawn, B.; Roger, C.; Michael, J.R.; Joseph, C.C.; Anna, G.; Johansson, R. Environmental effects of agricultural land-use change: The role of economics and policy. United States Department of Agriculture, Ecosystems and Environment, 2006.
13. Wu, X.; Shen, Z.; Liu, R.; Xiaowen, D. Land use/cover dynamics in response to changes in environmental and socio-political forces in the upper reaches of Yangtze River, China. *Sensors* **2008**, 8(12), 8104–8122.
14. Veldkamp, A.; Lambin, E.F. Predicting land-use change. *Agric. Ecosyst. Environ.* **2001**, 85, 1–6.
15. Lambin, E.; Geist, H. Land-use and land-cover change. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006.
16. Monica, G.T. Landscape ecology: the effect of pattern on process. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* **1989**, 20, 171–197.
17. Pan, D.; Domon, G.; Blois, S., and Bouchard, A. Temporal (1958–1993) and spatial patterns of land use changes in Haut-Saint-Laurent (Quebec, Canada) and their relation to landscape physical attributes. *Landscape Ecol.* **1999**, 14(1), 35–52.
18. Roy, P.S.; Ramachandran, R.M.; Paul, O.; Thakur, P.K.; Ravan, S.; Behera, M.D.; Sarangi, C.; Kanawade, V.P. Anthropogenic land use and land cover changes: A review on its environmental consequences and climate change. *J. Indian Soc. Remote Sens.* **2022**, 50(8), 1615–1640.
19. Ngoc, L.B. Climate Change and land use change of rural households in the Red River Delta, Vietnam. *J. Econ. Dev.* **2013**, 15(2), 79–94.
20. Anderson, J.R.; Hardy, E.E.; Roach, J.T., Witmer, R.E. A Land Use And Land Cover Classification System For Use With Remote Sensor Data. Washington: United States Department of the Interior, 1976.
21. Cornec, M.; Claustre, H.; Mignot, A.; Guidi, L.; Lacour, L.; Poteau, A.; D'Ortenzio, F.; Gentili, B.; Schmechtig, C. Deep chlorophyll maxima in the global ocean: Occurrences, drivers and characteristics. *Global Biogeochem. Cycles* **2021**, 35(4), e2020GB006759.
22. Skidmore, A.K.; Coops, N.C.; Neinavaz, E.; Ali, A.; Schaepman, M.E.; Paganini, M.; Kissling, W.D.; Vihervaara, P.; Darvishzadeh, R.; Feilhauer, H.; Fernandez, M.; Fernandez, N.; Gorelick, N.; Geijzendorffer, I.; Heiden, U.; Heurich, M.; Hobern, D.; Holzwarth, S.; Muller-Karger, F.E.; Van De Kerchove, R.; Lausch, A.; Leitao, P.J.; Lock, M.C.; Mucher, C.A.; O'Connor, B.; Rocchini, D.; Roelofs, C.; Turner, W.; Vis, J.K.; Wang, T.; Wegmann, M.; Wingate, V. Priority list of biodiversity metrics to observe from space. *Nat. Ecol. Evol.* **2021**, 5(7), 896–906.
23. Bufebo, B.; Elias, E. Land use/land cover change and its driving forces in shenkolla watershed, South Central Ethiopia. *Sci. World J.* **2021**, 2021, 9470918.
24. Aspinall, R. Modelling land use change with generalized linear models--a multi-model analysis of change between 1860 and 2000 in Gallatin Valley, Montana. *J Environ. Manage.* **2004**, 72(1-2), 91–103.
25. McConnell, W.J.; Sweeney, S.P.; Mulley, B. Physical and social access to land: spatio-temporal patterns of agricultural expansion in Madagascar. *Agric. Ecosyst. Environ.* **2004**, 101(2-3), 171–184.
26. Williams, N.S.G.; McDonnell, M.J.; Seager, E.J. Factors influencing the loss of an endangered ecosystem in an urbanising landscape: A case study of native grasslands from Melbourne, Australia. *Landscape Urban Plann.* **2005**, 71(1), 35–49.
27. Estacio, I.; Sianipar, C.P.M.; Onitsuka, K.; Basu, M.; Hoshino, S. A statistical model of land use/cover change integrating logistic and linear models: An application to agricultural abandonment. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* **2023**, 120, 103339.

28. Pradana, A.N.; Djuraidah, A.; Soleh, A.M. Land use change modelling using logistic regression, random forest and additive logistic regression in Kubu Raya regency, West Kalimantan. *Forum Geogr.* **2023**, 37(2), 149–163.
29. Phái, V.V.; Ngọc, D.T. Một số phương pháp nghiên cứu biến động đường bờ biển. in Hội nghị khoa học Địa lý - Địa chính. Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội, Hà Nội, 2010.
30. Lan, P.T.; Son, T.S.; Kavinda, G.; Nhan, N.T.; Hien, L.P. Application of remote sensing and GIS technology for monitoring coastal changes in estuary area of the Red river system, Vietnam. *J. Korean Soc. Surv. Geod. Photogramm. Cartogr.* **2013**, 31(2-6), 343–353.
31. Millington, J.D.A.; Perry, G.L.W. Regression techniques for examining land use/cover change: A case study of a mediterranean landscape. *Ecosystems* **2007**, 10, 562–578.

Assessing the relationship between land cover changes and natural condition using remote sensing and logistic regression: A case study in Giao Thuy District, Nam Dinh Province

Pham Thi Lan^{1*}

¹ Hanoi University of Mining and Geology; phamthilan@humg.edu.vn

Abstract: Land cover changes impact the living conditions of humans and organisms. Land use changes are the result of interactions between natural and human factors. Therefore, studying land cover changes is a multidisciplinary field, encompassing economics, sociology, and geography, including remote sensing and GIS. The objective of this paper is to use remote sensing and logistic regression methods to spatialize and quantify the relationship between land cover changes and natural conditions in Giao Thuy District, Nam Dinh Province. Landsat images were used to extract land cover information for the periods 1989, 2001, 2005, and 2023 using an object-oriented approach combined with sample-based segmentation. The focus of land cover changes includes changes in rice and crop lands, barren lands, mangrove forests, and aquaculture areas. Natural conditions were determined in relation to land cover in the Giao Thuy area, including erosion, saccretion, geomorphology, soil type, and distance to the shoreline. This relationship was represented spatially using GIS overlay functions and quantified through a logistic regression model. The results indicate that land cover changes vary under different natural conditions and have different positive or negative correlations depending on the regression values. These findings provide useful insights for policymakers in regulating the use and exploitation of natural resources.

Keywords: Land cover; Nature features; Remote sensing; Logistic regression.