



## Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

Trang điện tử: <http://tapchi.humg.edu.vn>



# Dự báo biến động sử dụng đất huyện Giao Thủy, tỉnh Nam Định dựa trên việc tích hợp mô hình hồi quy Logistic, Markov và Cellular Automata

Nguyễn Văn Trung<sup>1,\*</sup>, Lê Thị Thu Hà<sup>1</sup>, Phạm Thị Làn<sup>1</sup>, Vương Trọng Kha<sup>1</sup>,  
Nguyễn Thị Thu Hương<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Khoa Trắc địa - Bản đồ và Quản lý đất đai, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Việt Nam

### THÔNG TIN BÀI BÁO

### TÓM TẮT

#### Quá trình:

Nhận bài 15/3/2017  
Chấp nhận 10/6/2017  
Đăng online 31/8/2017

#### Từ khóa:

Dự báo lún  
Hàm Asaoka  
Hàm số mũ  
Hàm Hyperbolic

Bài báo này trình bày phương pháp tích hợp các mô hình: hồi quy Logistic, Markov và Cellular Automata nhằm tận dụng các ưu điểm của chúng để đưa ra những dự báo về biến động sử dụng đất ở khu vực ven biển đồng bằng sông Hồng. Các biến động lực gây gia tăng đất nuôi trồng thủy sản và đất dân cư của huyện Giao Thủy được xác định: mật độ hộ gia đình, tỷ trọng số người trong độ tuổi lao động, khoảng cách đến hệ thống đường giao thông chính, khoảng cách đến trung tâm hành chính huyện và khoảng cách đến biển. Kết quả nghiên cứu cho thấy những thay đổi trong phân bố trên không gian của đất nuôi trồng thủy sản, đất dân cư từ năm 1989 đến năm 2019 tại Giao Thủy. Đất dân cư tăng hơn 700 ha trong vòng 20 năm qua, và dự báo sẽ gia tăng thêm gần 1000 ha trong năm 2019. Kết quả nghiên cứu cho thấy các xã có mật độ hộ gia đình và tỷ lệ dân số trong độ tuổi lao động cao hơn thì diện tích nuôi trồng thủy sản sẽ lớn hơn. Các kết quả nghiên cứu sẽ cung cấp thông tin giá trị cho các nhà lập kế hoạch, các nhà hoạch định chính sách địa phương, trong việc xây dựng các kế hoạch phát triển đô thị và các chiến lược quản lý môi trường bền vững.

© 2017 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

## 1. Mở đầu

Trong những năm gần đây, các nghiên cứu nhằm mục đích giám sát tài nguyên thiên nhiên bằng cách sử dụng dữ liệu viễn thám và GIS đã và đang phát triển nhanh chóng (Lambin et al., 2001; Huang et al., 2007; Caitlin et al., 2014). Việc đánh giá các mức độ tác động đến sự thay đổi sử dụng đất/lớp phủ có liên quan và rất hữu ích khi nó đi kèm với việc mô hình hóa các mối liên kết giữa cấu

hình kinh tế - xã hội và các quá trình thay đổi sử dụng đất (Wyman and Stein, 2010). Các nghiên cứu ứng dụng mô hình biến động sử dụng đất thường có ba mục tiêu cơ bản: (1) để hiểu rõ hơn về nguyên nhân và cơ chế chi phối những thay đổi trong sử dụng đất/lớp phủ đất; (2) đưa ra các dự báo những thay đổi trong tương lai sử dụng đất/lớp phủ đất bằng cách đưa các yếu tố tác động

\*Tác giả liên hệ

E-mail: [nguyenvantrung@humg.edu.vn](mailto:nguyenvantrung@humg.edu.vn)

tham gia vào các mô hình nhằm mục đích kiểm soát chúng; (3) đóng góp vào việc thiết kế các chính sách ứng phó với những thay đổi sử dụng đất (Verburg et al., 2006).

Các mô hình nghiên cứu sử dụng đất có thể giải quyết một loạt các câu hỏi liên quan đến quá trình biến động, như là: vị trí thay đổi của các loại hình sử dụng đất? số lượng thay đổi là bao nhiêu? Sự thay đổi sử dụng đất do yếu tố nào gây ra, tự nhiên hay kinh tế - xã hội? Mô hình biến động sử dụng đất là công cụ mạnh mẽ, có thể sử dụng để mô tả và phân tích các mối liên kết quan trọng giữa các quá trình phát triển kinh tế - xã hội gắn với phát triển đất đai, hỗ trợ cho công tác lập kế hoạch và ra các chính sách liên quan đến sử dụng đất đai (Verburg et al., 2006; Lê Thị Thu Hà và nnk, 2015). Do vậy, một loạt các mô hình thống kê và mô hình không gian địa lý đã được phát triển và ứng dụng nghiên cứu ở nhiều trường hợp để dự báo sự thay đổi sử dụng đất ở các quy mô khác nhau, chẳng hạn như các mô hình hồi quy Logistic, mô hình Cellular Automata (CA), mô hình CA - Markov và một số mô hình khác (Qiu et al., 2003; Huang et al., 2007; Lê Thị Thu Hà và nnk, 2015).

Mô hình hồi quy Logistic là một trong những phương pháp được tiếp cận và sử dụng thường xuyên nhất trong hai thập kỷ gần đây cho phép dự báo biến động sử dụng đất bằng các phương pháp quy nạp (McCullagh and Nelder, 1989). Tuy nhiên, mô hình hồi quy Logistic có nhược điểm là khi xác định các biến đổi về định lượng của các tham số và phân tích thời gian chưa thực sự tốt (Huang et al., 2007). Các loại mô hình dựa trên quy tắc, ví dụ CA là thích hợp nhất để kết hợp các hiệu ứng tương tác không gian và cách xử lý các biến động lực theo thời gian. Trong khi mô hình CA tập trung ưu tiên mô phỏng trên các mô hình không gian hơn là tập trung vào việc giải thích các quá trình biến động không gian theo thời gian của sự thay đổi sử dụng đất (Poelmans et al., 2009). Hiện nay, các yếu tố kinh tế, chính trị, văn hóa và xã hội đang chiếm một tỷ lệ lớn gây ra những thay đổi trong sử dụng đất tại các khu vực đang phát triển (Wyman and Stein, 2010). Tuy nhiên, các nghiên cứu trên thế giới vẫn có chung nhận định rằng có một thiếu hụt về việc thành lập các mô hình mô phỏng biến động lực như biến nhân khẩu học kết hợp với các biến kinh tế - xã hội khác (Qiu et al., 2003; Brown et al., 2005; Wyman and Stein, 2010).

Mục tiêu của bài báo gồm: 1. khẳng định vai trò của dữ liệu viễn thám trong đóng góp và bổ sung vào các biến tham gia quá trình mô hình hóa sự thay đổi trong sử dụng đất, 2. mô phỏng sự thay đổi sử dụng đất khu vực ven biển đồng bằng Sông Hồng, Việt Nam do ảnh hưởng của các yếu tố kinh tế - xã hội đặc biệt sự thay đổi các yếu tố nhân khẩu. Để đạt được hai mục tiêu trên, các tác giả sử dụng phương pháp dự báo biến động sử dụng đất theo không gian và thời gian từ các dữ liệu viễn thám và các biến kinh tế-xã hội của khu vực nghiên cứu. Phương pháp tích hợp ba mô hình: hồi quy Logistic, CA và Markov (Arsanjani et al., 2013) có nhiều ưu điểm: mô hình hồi quy Logistic giúp nhận diện được mối quan hệ trong không gian của biến sử dụng đất với các biến tác động trong mô hình; mô hình Markov cung cấp các sự thay đổi bằng con số định lượng; mô hình CA cho phép hiển thị các kết quả dự báo trên không gian dựa vào các biến quan hệ với biến thay đổi sử dụng đất.

Arsanjani và nhóm nghiên cứu đã ứng dụng thành công phương pháp tích hợp đa mô hình trên trong dự báo sự mở rộng đô thị của thủ đô Tehran, Iran với các biến tác động điển hình khu vực đô thị lớn với sự tập trung mật độ dân số cao. Khu vực được lựa chọn nghiên cứu của chúng tôi là khu vực nông thôn ven biển có mật độ dân số không tăng trong nhiều năm, tuy nhiên số lượng hộ gia đình và số lượng người trong độ tuổi lao động lại gia tăng mạnh mẽ (Báo cáo thống kê, 2011). Các biến nhân khẩu là nguyên nhân gây sức ép thay đổi mục đích sử dụng đất tại khu vực nghiên cứu thay vì biến mật độ dân số như các nghiên cứu khác. Do đó, chúng tôi đã áp dụng phương pháp tích hợp mô hình nhằm mô phỏng và dự báo sự biến động sử dụng đất ở huyện Giao Thủy, tỉnh Nam Định thông qua các biến quan hệ điển hình là mật độ hộ gia đình, tỷ trọng dân số trong độ tuổi lao động, khoảng cách đến đê biển.

## 2. Khu vực nghiên cứu

Huyện Giao Thủy nằm ở cực Đông của tỉnh Nam Định, cách thành phố Nam Định 45 km, có tọa độ địa lý: 20°10' đến 20°21' vĩ độ Bắc và từ 106°21' đến 106°35' kinh độ Đông. Phía Bắc - Đông Bắc giáp với tỉnh Thái Bình; Phía Bắc - Tây Bắc giáp với huyện Xuân Trường; phía Tây giáp huyện Hải Hậu; phía Nam và Đông Nam giáp Biển Đông (Hình 1).

Giao Thủy có 32 km bờ biển, có hai cửa sông lớn, nơi sông Hồng và sông Sò đổ ra biển, cùng với vùng đất bãi bồi ven biển là những điều kiện thuận lợi để phát triển các ngành kinh tế biển như: khai thác và nuôi trồng thủy sản, công nghiệp đóng tàu, du lịch. Bên cạnh đó, Giao Thủy còn được biết đến với vườn quốc gia Xuân Thủy nằm trong hệ thống khu bảo tồn thiên nhiên của Việt Nam và thế giới, cần phải được bảo vệ và phát triển.

Cơ cấu kinh tế của Giao Thủy đang chuyển dịch dần từ kinh tế nông nghiệp vốn từ lâu đời, sang thương mại và dịch vụ như phát triển ngành du lịch biển. Hiện tại huyện đang được đầu tư vào bảo tồn và khai thác bền vững tuyến du lịch vườn quốc gia Xuân Thủy, một trong những trọng điểm của khu dự trữ sinh quyển châu thổ sông Hồng. Giao Thủy có biển Quất Lâm là một trong những bãi tắm lý tưởng cho khách du lịch.

### 3. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

#### 3.1 Dữ liệu nghiên cứu

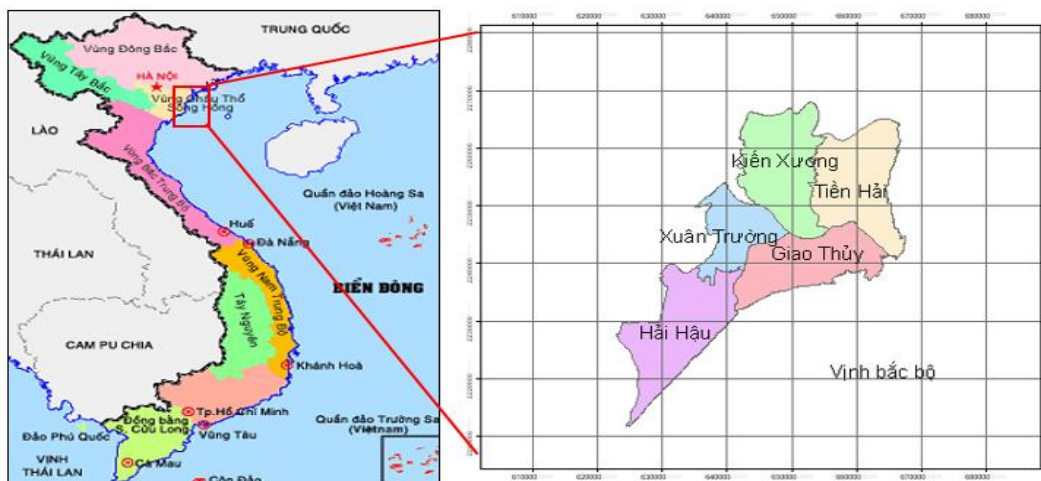
Bao gồm các nguồn:

Dữ liệu ảnh vệ tinh (Bảng 1)

Dữ liệu kinh tế - xã hội (Bảng 2)

#### 3.2 Phương pháp nghiên cứu

3.2.1. Ứng dụng phương pháp phân loại định hướng đối tượng (Object-oriented classification) trong phân loại ảnh vệ tinh



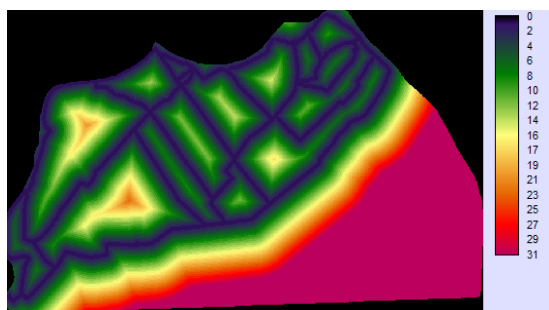
Hình 1. Khu vực nghiên cứu huyện Giao Thủy, tỉnh Nam Định.

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

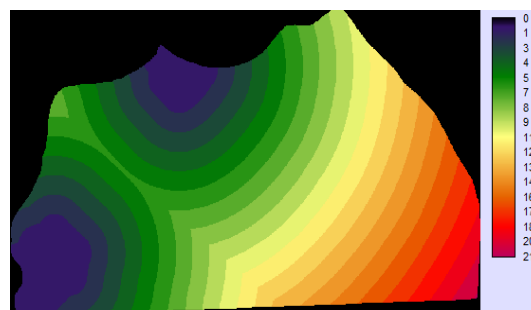
Thứ tự	Hàng/cột	Ngày chụp	Bộ cảm	Định dạng dữ liệu	Độ phân giải không gian (m)	Số kênh ảnh
1	126/046	23/11/1989	TM	GeoTIFF	30 x 30	1 - 5, 7
2	126/046	23/11/1999	TM	GeoTIFF	30 x 30	1 - 5, 7
3	126/046	14/01/2009	TM	GeoTIFF	30 x 30	1 - 5, 7

Bảng 2. Các dữ liệu nhân khẩu học và kinh tế - xã hội sử dụng trong nghiên cứu.

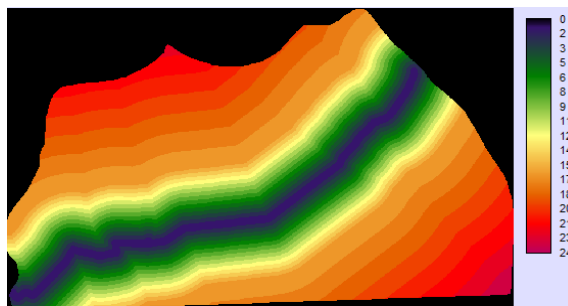
Tên dữ liệu
Mật độ hộ gia đình (số hộ/km <sup>2</sup> )
Tỷ lệ người trong độ tuổi lao động (%)
Khoảng cách đến trung tâm huyện (km)
Khoảng cách đến hệ thống giao thông chính huyện (km)
Khoảng cách đến đê biển (km)



*Biển khoảng cách đến đường giao thông chính được chuẩn hóa trong IDRISI*



*Biển khoảng cách đến trung tâm huyện được chuẩn hóa trong IDRISI*



*Biển khoảng cách đến đê biển được chuẩn hóa trong IDRISI*



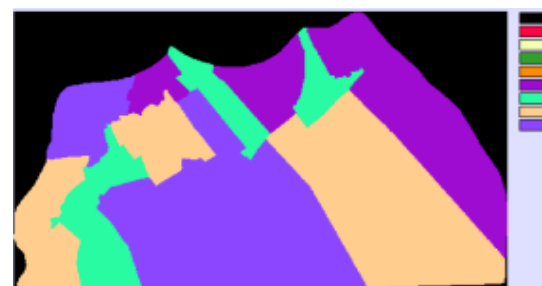
*Biến động số hộ gia đình 1989-1999*



*Biến động số hộ gia đình 1999-2009*



*Biến động tỷ trọng DS trong độ tuổi lao động giai đoạn 1989-1999*



*Biến động tỷ trọng DS trong độ tuổi lao động giai đoạn 1999-2009*

*Hình 2. Các biến sử dụng trong mô hình được chuẩn hóa trong phần mềm IDRISI.*

Phân loại định hướng đối tượng được đề xuất và ứng dụng trong các nghiên cứu từ những năm 1970 với những ưu thế rõ rệt so với phương pháp phân loại dựa trên pixel. Những ưu thế của phương pháp này được thể hiện khi xác định các đối tượng trên ảnh, không chỉ dựa trên thông tin

giá trị và đặc tính quang phổ như phương pháp phân loại dựa trên pixel, mà còn dựa trên nhiều thông số của đối tượng như: hình dạng, kích thước, độ chặt, độ mịn và thông tin ngữ cảnh với các đối tượng hình ảnh liền kề (Liu Yongxue at el., 2006).

Nhiều nghiên cứu cho thấy phương pháp phân loại định hướng đối tượng cho độ chính xác kết quả phân loại cao hơn so với các phương pháp phân loại dựa trên điểm ảnh (Bauer T and Steinnocher, 2001; Gao Yan, 2003). Quá trình phân loại ảnh bằng phương pháp định hướng đối tượng được tiến hành theo ba bước cơ bản: 1. Phân mảnh ảnh và xem xét các đặc trưng của đối tượng ảnh, 2. Thiết lập bộ quy tắc và tiến hành phân loại, 3. Đánh giá độ chính xác kết quả phân loại từ ảnh.

### 3.2.2. Mô hình hồi quy Logistic (MLR)

Hồi quy là một phương pháp để khám phá các mối quan hệ thực nghiệm giữa một biến phụ thuộc nhị phân và các biến phân loại liên tục và độc lập (McCullagh and Nelder, 1989). Mô hình hồi quy logistic đã được các nghiên cứu sử dụng để thể hiện mối liên hệ trong sự phát triển đô thị với các biến động lực như nhân khẩu học, kinh tế - xã hội và tự nhiên nhằm tạo bản đồ xác suất mở rộng đô thị (Arsanjani et al., 2013). Mô hình hồi quy đa biến logistic là phương pháp phù hợp nhất để xác định mô hình xác suất xảy ra của mỗi quá trình thay đổi độ che phủ đất với các biến giải thích (Müller et al., 2002). Các kỹ thuật MLR ước tính các hệ số hồi quy cho mỗi biến độc lập dựa trên một tập các sự kiện quan sát được. Các hệ số này có thể được sử dụng làm các tham số để tính toán bản đồ xác suất chuyển đổi.

Biến phụ thuộc dự đoán trong mô hình hồi quy Logistic là một hàm xác suất mà một chủ đề cụ thể sẽ thuộc một trong các loại; Ví dụ, xác suất thay đổi một loại đất sử dụng cụ thể, dựa trên một tập các điểm trên các biến dự đoán, chẳng hạn như khoảng cách với mạng lưới trao đổi, vv (Huang et al., 2009). Nếu  $X_k$  là tập hợp của các biến độc lập và  $Y$  là một biến kết hợp với xác suất thành công  $p = \Pr(Y = 1 | X)$  với  $Y = 0$  nghĩa là không có sự thay đổi,  $Y = 1$  nghĩa là sự hiện diện của sự thay đổi. Mô hình hậu cần có dạng sau:

$$\text{Logit}(P) = \ln\left(\frac{P}{(1-P)}\right) = a + b_1X_1 + \dots + b_kX_k \quad (1)$$

Trong đó:  $a$  là hệ số chặn;  $b_1, \dots, b_k$  là các thông số mô hình.

Trong phương trình (1), Logit ( $p$ ) là logarithm tự nhiên của tỷ lệ chênh lệch, là khả năng xảy ra sự kiện ( $p$ ) chia cho khả năng và sự kiện sẽ không xảy ra ( $1-p$ ) (Hosmer and Lemeshow, 1989). Xác suất chuyển tiếp sử dụng

đất ( $p$ ) có thể được đánh giá theo phương trình sau:

$$P = \frac{e^{(a+b_i x_i)}}{1+e^{(a+b_i x_i)}} \quad (2)$$

Các thông số đánh giá ( $b_i$ ) mô tả sự thay đổi sẽ xảy ra như thế nào trong  $x_i$ . Ước tính âm của ( $b_i$ ) cho thấy giá trị biến phụ thuộc  $x_i$  cao hơn làm giảm xác suất chuyển đổi sử dụng đất. Sự phù hợp của một mô hình MLR thường được đánh giá bằng phương tiện của một chỉ số pseudo chi-square ( $\rho^2$ )

$$\rho^2 = 1 - \frac{\log(\beta)}{\log(C)} \quad (3)$$

Một mô hình MLR với  $\rho^2$  nằm giữa khoảng 0,2 và 0,4 được coi là hoạt động khá tốt (Domencich and MaFadden, 1975).

### 3.2.3. Mô hình chuỗi Markov (MC)

Mô hình MC mô tả trạng thái quy trình ngẫu nhiên của một sự kiện có thể thay đổi sang một sự kiện khác. Công cụ mô tả chính của MC là ma trận xác suất chuyển đổi (Mousivand et al, 2007). Ma trận xác suất chuyển đổi ( $P$ ) của LULC trong khoảng thời gian quan tâm biểu thị bằng xác suất chuyển tiếp ( $p_{ij}$ ), cho mỗi pixel của LULC chuyển từ lớp  $i$  sang  $j$ . Xác suất chuyển tiếp được sử dụng để dự báo LULC trong tương lai. Phân bố của mỗi lớp LULC tại thời điểm  $t + 1$  được sử dụng phân phối LULC vào thời điểm bắt đầu  $t$  và ma trận xác suất chuyển tiếp  $P$ , như sau:

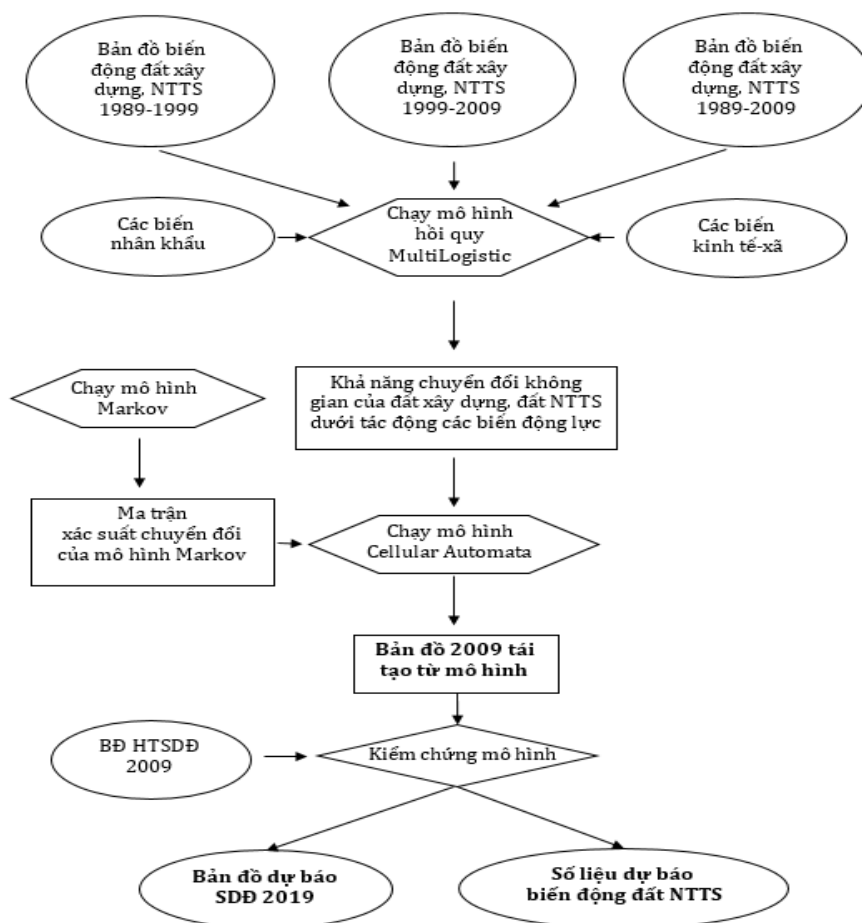
$$P_{ij} = n_{ij}/n_i; \sum_{j=1}^k p_{ij} = 1; P \times M_t = M_{(t+1)} \quad (4)$$

Trong đó:  $n_i$  là tổng số điểm ảnh của lớp  $i$  được chuyển đổi trong thời gian quan tâm;  $N_{ij}$  là số pixel chuyển đổi từ lớp  $i$  sang  $j$ ;  $K$  là số lượng các lớp LULC;  $P$  là ma trận xác suất chuyển tiếp;  $M_t$  là sự phân bố của mỗi lớp LULC tại thời điểm  $t$ .

Ma trận chuyển tiếp Markov được sử dụng để xác định những năm liên quan trong quá trình đánh giá (nhóm nghiên cứu chọn năm 2019). Bản đồ LULC về sử dụng đất năm 2009 được tạo lập bằng các số liệu ghi nhận được trong giai đoạn 1989-1999. Bản đồ sử dụng đất dự báo cho năm 2019 được tạo lập theo số liệu đo được trong các năm 1989, 1999, 2009.

### 3.2.4. Mô hình Cellular Automata (CA)

Mô hình Cellular Automata sử dụng khái niệm cạnh cảnh để kích hoạt động lực tạo nên sự thay đổi trong LULC. Bốn thành phần của mô hình



Hình 3. Quy trình tích hợp mô hình hồi quy đa biến Logistic, CA và Markov.

CA là pixel, trạng thái, vùng lân cận và các quy tắc (Verburg et al., 2006). Các quy tắc nhằm xác định trạng thái pixel trong bước tương lai. Sự chuyển đổi của một pixel từ lớp phủ đất này sang một lớp phủ đất khác phụ thuộc vào các trạng thái pixel hiện tại.

Trong đề tài này, mô hình Logistic-Markov-CA đã được thực hiện bằng phần mềm IDRISI Selva®, phiên bản 17.0. Phần mềm này cho phép mô phỏng các bản đồ thích hợp cho việc dự báo biến động sử dụng đất, bản đồ mục đích sử dụng đất và các ma trận xác suất chuyển đổi (Schneider and Pontius, 2001). Chúng tôi sử dụng bảng chéo của hai hình ảnh với thời gian khác nhau để tạo ra ma trận xác suất chuyển tiếp IDRISI sau đó vận hành bộ lọc 5x5 tiếp giáp để dự đoán các điểm ảnh xung quanh LULCC từ khoảng thời gian trước đến một khoảng thời gian sau. Các biến của mô hình tích hợp Logistic-Markov-CA được thể hiện trong Bảng 2.

## 4. Kết quả và thảo luận

### 4.1. Biến động sử dụng đất tại Giao Thủy

Phương pháp phân loại dựa trên đối tượng được sử dụng để tạo bản đồ LULC với 7 lớp: đất nông nghiệp, nước, đất nuôi trồng thủy sản, rừng ngập mặn, đất rừng, đất trống và đất xây dựng. Nghiên cứu đã tuân theo các bước chính sau: 1. Phân mảnh ảnh; 2. Phân loại; 3. Đánh giá chính xác.

Đầu tiên, nghiên cứu này đã sử dụng thuật toán phân mảnh đa phân giải (MR) để phân mảnh ảnh các Landsat TM. Các tham số phân mảnh bao gồm kích thước mảnh, hình dạng, màu sắc, độ chặt và độ trơn. "Kích thước mảnh" là một trong những tiêu chí quan trọng trong quá trình phân mảnh ảnh. Giá trị kích thước được lựa chọn ảnh hưởng trực tiếp đến kích thước của các đối tượng ảnh. Giá trị tỷ lệ hình dạng đề cập đến hình thức và cấu trúc của các đối tượng cá thể.

Sự thay đổi tỷ lệ hình dạng sẽ tối ưu hóa độ đồng nhất quang phổ hoặc không gian của phân đoạn kết quả. "Độ chặt" được định nghĩa là tỷ số giữa chu vi của một đối tượng với chu vi các ranh giới của đối tượng này chạy song song với các đường viền hình ảnh; "Compactness" là tỷ lệ giữa chu vi của một đối tượng với căn bậc hai số pixel bên trong đối tượng hình ảnh đó. Khi phân mảnh ảnh để nghiên cứu, các đặc tính không gian và quang phổ của các điểm ảnh đã được xem xét. Các mảnh đã được phân với kích thước là 10, tỷ lệ màu/hình dạng (0,8 / 0,2), và tỷ lệ compactness/smoothness (0.5 / 0.5).

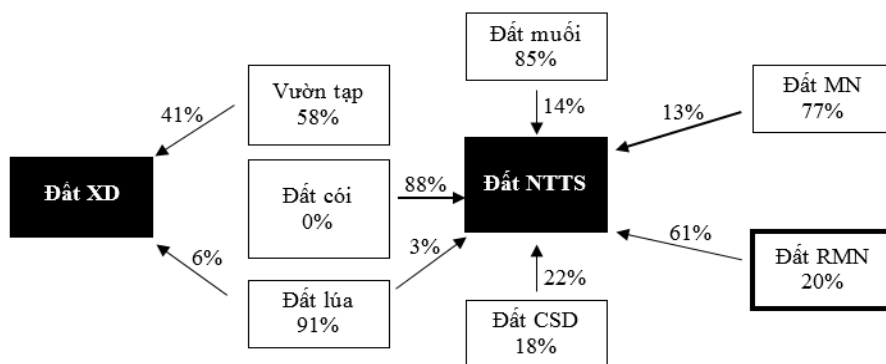
Bước thứ hai là phân loại các đối tượng hình ảnh sau phân mảnh. Phương pháp phân loại được thực hiện bằng cách sử dụng các hình ảnh đã phân mảnh kết hợp với các chỉ số để đạt được sự phân loại tốt nhất cho khu vực nghiên cứu. Các đối tượng nước ở các ảnh thường có sự khác nhau nhiều nhất về phổ so với những đối tượng khác, đặc biệt là trong kênh gần hồng ngoại. Do đó, đối tượng nước được chiết xuất dựa trên kênh phổ 5 của Landsat TM. Sau đó, chỉ số NDVI, chỉ số khác biệt chuẩn hóa đất xây dựng (NDBI) đã được sử dụng để thiết lập một quy tắc chất lượng cao cho khu vực rừng ngập mặn và đất xây dựng. Thông tin về các kênh ảnh, phản xạ hình ảnh, và các mối quan hệ giữa các đối tượng lân cận được dùng để phát triển một bộ quy tắc chính xác cao. Để nâng cao tính chính xác của phân loại, một số thao tác chỉnh sửa thủ công đã được thực hiện ngay trong phần mềm Ecognition.

Để đánh giá độ chính xác của các bản đồ phân loại, dữ liệu chuẩn (mẫu) mặt đất đã được sử dụng. Độ chính xác phân loại được xác định bằng cách so sánh các điểm dữ liệu chuẩn (mẫu) trên mặt đất với các hình ảnh được phân loại; các điểm được lấy mẫu dọc theo các con đường, tập trung vào các loại lớp phủ đất điển hình trong khu vực. Mức độ phù hợp của khu vực có ảnh được phân loại và điểm dữ liệu mẫu ngoài thực địa biểu thị độ chính xác phân loại hình ảnh. Độ chính xác kết quả phân loại dựa trên 98 điểm kiểm soát mặt đất được lấy từ hình ảnh Google Earth có độ phân giải cao và kết hợp với công tác khảo sát thực địa. Hệ số Kappa được tính theo công thức của Congalton (Congalton, 1991). Độ chính xác phân loại hiện trạng sử dụng đất của các năm 1989, 1999 và 2009 lần lượt là 71,88 %, 78,54 % và 80%. Với độ chính xác phân loại đạt được như vậy sẽ đáp ứng

yêu cầu của các biến đầu vào trong mô hình tiếp theo.

Sự biến động sử dụng đất trong khoảng thời gian 1989-1999 xảy ra chủ yếu ở khu vực ngoài đê biển. Đất sử dụng cho nuôi trồng thủy sản tăng nhanh và rõ rệt nhất trong toàn giai đoạn. Năm 1989 đất NTTS chiếm 0,9% so với tổng số diện tích toàn huyện tuy nhiên trong năm 1999 loại đất này tăng đến 11,6%, tăng gấp 13 lần (tương đương 2990 ha) trong vòng 10 năm. Trong giai đoạn 1999-2009, biến động sử dụng đất xảy ra chủ yếu bên trong đê biển của khu vực Giao Thủy. Đất nuôi trồng thủy sản vẫn gia tăng nhưng chủ yếu được chuyển đổi từ đất trồng lúa ngay sát trong đê (210 ha), đất trồng cói (87 ha) và đất làm muối (64 ha); sự chuyển đổi này vẫn đang tiếp tục vì hiệu quả kinh tế thu được từ việc nuôi trồng thủy sản lớn gấp nhiều lần so với các loại hình kinh tế khác trên cùng một diện tích đất. Bên cạnh đó, có sự chuyển đổi tập trung vào khu vực đất xây dựng trong suốt giai đoạn 1989-2009; loại đất này tăng gần 2000 ha, chủ yếu được chuyển từ đất trồng lúa và đất vườn tạp (Bảng 3 và Hình 4).

Dựa vào các kết quả mô hình hóa sử dụng đất được thể hiện trên Hình 5, 6, 7 và Bảng 4, chúng ta thấy đất xây dựng có khả năng chuyển đổi cao tại những khu vực gần trung tâm hành chính của huyện, khu du lịch, hệ thống đường giao thông chính và tại những khu vực có mật độ dân số tập trung cao. Khả năng chuyển đổi sử dụng đất sang NTTS có đặc điểm khác biệt: khả năng chuyển đổi cao xảy ra tại những khu vực thuộc cửa sông Ba Lạt, khu vực sát chân đê biển và tại những khu vực có sự gia tăng mạnh về mật độ hộ gia đình và tỷ trọng dân số trong độ tuổi lao động tăng (Hình 6). Đất xây dựng được dự báo tăng hơn 1200 ha trong giai đoạn 10 năm (2009-2019), chủ yếu được chuyển đổi từ đất lúa và đất vườn tạp. Đất NTTS được dự báo tăng gần 1000 ha trong giai đoạn 10 năm (2009-2019), chủ yếu được chuyển đổi từ đất trồng, đất muối, mặt nước và khu vực đất lúa nhiễm mặn sát đê biển (Bảng 4, 5). Cơ cấu sử dụng đất và sự phân bố không gian mục đích sử dụng đất dự báo sẽ diễn ra chủ yếu trên việc gia tăng hai đối tượng đất xây dựng, từ 11% năm 2009 lên đến 15% năm 2019 và đất NTTS tăng từ 3% năm 2009 lên đến 10% năm 2019.



Hình 4. Tổng hợp biến động chính giữa các loại hình sử dụng đất tại Giao Thủy giai đoạn 1989-2009.

Bảng 3. Bảng biến động các lớp sử dụng đất trong giai đoạn 1989-2009 (đơn vị: Ha).

Năm	Loại hình	1989		1999		2009		1989-1999	1999-2009	1989-2009
		Ha	%	Ha	%	Ha	%			
	Đất xây dựng	4525	16,2	4792	17,1	5239	18,7	+ 267	+447	+714
	Đất lúa	9415	33,7	9200	32,9	8578	30,6	-215	-622	-837
	Mặt nước	10256	36,7	8188	29,3	8491	30,4	-2048	+303	-1745
	Rừng ngập mặn	1304	4,7	1039	3,7	1174	4,2	-265	+135	-130
	Nuôi trồng TS	248	0,9	3208	11,6	3528	12,6	+2960	+320	+3280
	Đất muối	728	2,6	682	2,4	648	2,3	-46	-34	-80
	Đất trống	884	3,2	764	2,7	314	1,2	-120	-450	-570
	Đất cỏi	600	2,1	87	0,3	8	0,0	-513	+79	-434

Bảng 4. Kết quả dự báo hiện trạng sử dụng đất năm 2009, 2019 từ mô hình Markov (đơn vị: ha).

Năm dự báo	Đất xây dựng	Đất lúa	Đất vườn tạp	Đất khác	Tổng
2009	3181	8518	2248	14013	27960
2019	4369	7205	1385	15001	27960

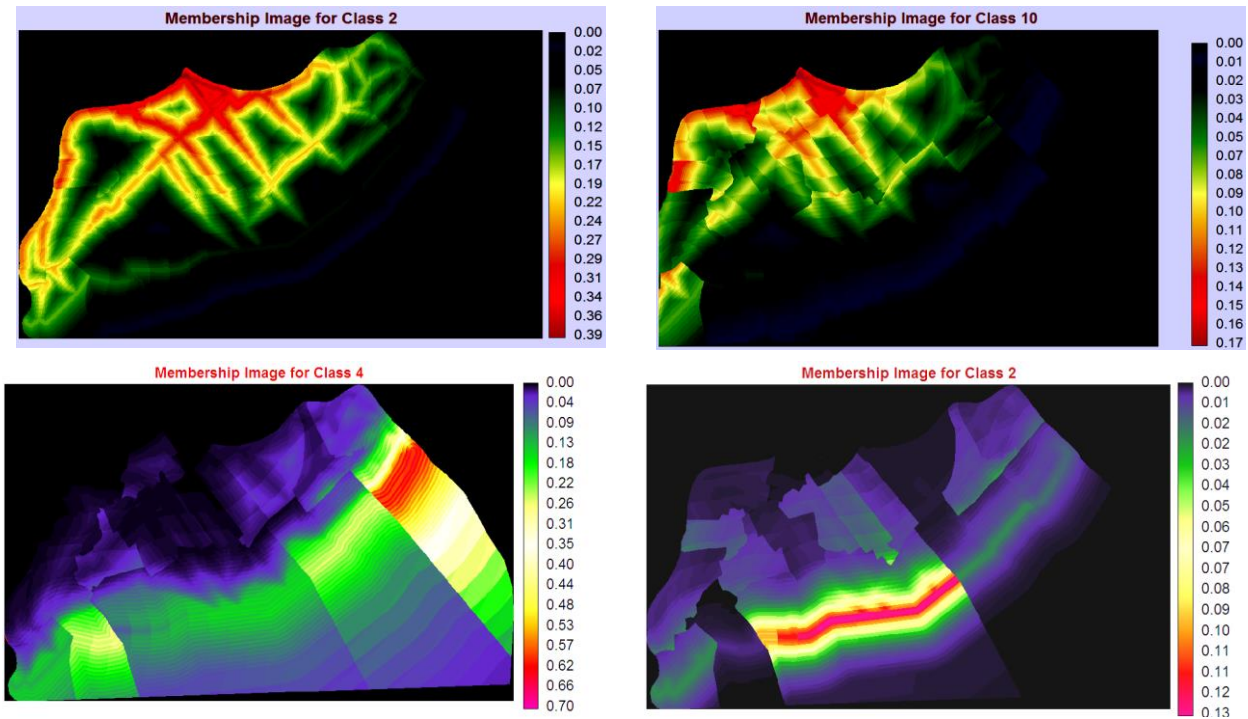
Bảng 5. Kết quả dự báo hiện trạng sử dụng đất năm 2009, 2019 từ mô hình Markov (đơn vị: ha).

Năm dự báo	Đất NTTS	Đất CSD	Đất RNM	Đất muối	Đất cỏi	Đất lúa	Đất MN	Đất khác	Tổng
2009	3656	403	1205	609	0	8649	8198	5240	27960
2019	4508	177	1207	302	0	7731	7930	6105	27960

Bảng 6. Bảng đánh giá độ chính xác của mô hình thông qua so sánh kết quả bản đồ dự báo của mô hình năm 2009 với bản đồ hiện trạng năm 2009 (ĐXD = đất xây dựng, ĐLUA = Đất lúa, MN = mặt nước, NTTS = nuôi trồng thủy sản, ĐTR = đất trống, RNM = Rừng ngập mặn, ĐMU = Đất muối, ĐCO = Đất cỏi).

	ĐXD	ĐLUA	MN	NTTS	ĐTR	RNM	ĐMU	ĐCO
Producer's accuracy	0.69	0.89	0.82	0.80	0.73	0.74	0.87	1.00
User's accuracy	0.78	0.81	0.85	0.86	0.76	0.77	0.84	0.65
Overall Kappa	0.7812							
Overall accuracy	0.7915							





Hình 5. Kết quả mô hình hồi quy đa biến Logistic thể hiện khả năng chuyển đổi các loại đất thành đất xây dựng và đất NTTS tại Giao Thủy.

### DỰ BÁO PHÂN BỐ ĐẤT XÂY DỰNG NĂM 2019 HUYỆN GIAO THỦY



Hình 6. Kết quả mô hình trong dự báo sự phát triển đất xây dựng khu vực huyện Giao Thủy, tỉnh Nam Định 1-Đất xây dựng; 2-Đất lúa; 3-Đất vườn tạp; 4-Đất khác.

Bảng 6 thể hiện độ chính xác của phương pháp tích hợp 3 mô hình với các biến đầu vào; với hệ số Kappa đạt 0.78 chứng tỏ kết quả của mô hình có độ trùng khớp với kết quả thực tế là 78%. Đây là kết quả thể hiện tính chính xác cao của mô hình

### 5. Kết luận

Kết quả nghiên cứu đã xác lập được toàn cảnh bức tranh phân bố sử dụng đất của huyện Giao Thủy đến năm 2019. Kết quả nghiên cứu cho thấy có một sự chuyển đổi rất lớn từ các loại hình đất

### DỰ BÁO PHÂN BỐ ĐẤT NUÔI TRỒNG THỦY SẢN NĂM 2019 HUYỆN GIAO THỦY



Hình 7. Kết quả mô hình trong dự báo sự phát triển đất xây dựng khu vực huyện Giao Thủy, tỉnh Nam Định.

khác nhau thành đất xây dựng và đất dành cho nuôi trồng thủy hải sản. Đặc biệt, sự chuyển đổi xảy ra trên những khu vực có sự gia tăng lớn về nhân lực lao động, về số lượng hộ kinh tế gia đình, những khu vực gần các trung tâm hành chính, kinh tế và du lịch của Giao Thủy. Đây sẽ là những thông tin rất hữu ích giúp cho các nhà quy hoạch sử dụng đất, các nhà quản lý và điều hành địa phương có được quyết định đúng đắn trong việc phân bổ cơ cấu đất đai theo không gian một cách hợp lý và bền vững. Ba mô hình Logistic, Markov và CA được vận dụng kết hợp đã giải quyết tốt các nhiệm vụ: lập mô hình hồi quy đa biến logistic để tạo ra một xác suất chuyển đổi trong không gian của sử dụng đất trong các mối quan hệ với các biến đã xác định; lập mô hình MC được sử dụng để định lượng được thay đổi của sử dụng đất trong tương lai; lập mô hình CA để phân bố những thay đổi có thể xảy ra theo các quy định điều kiện được xác định trước. Mô hình CA cho phép phân bố được số lượng thay đổi, bắt đầu với các đơn vị cơ sở mang xác suất chuyển đổi cao nhất. Ứng dụng phương pháp tích hợp 3 mô hình này có thể dự báo các khả năng chuyển đổi với xác suất tối đa, có thể ước tính số lượng thay đổi cũng như phân bố những thay đổi có thể xảy ra theo các điều kiện được xác định trước cho khu vực nghiên cứu.

#### Tài liệu tham khảo

Arsanjani J. J., Helbich M., Kainz, W., Boloorani A. D., 2013. Integration of logistic regression, Markov chain and cellular automata models to simulate urban expansion, *International*

*Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Vol. 21, pp. 265-275.

Bauer T, Steinnocher, 2001. Per-parcel land use classification in urban areas applying a rule-based technique.

Caitlin Kontgis, Annemarie Schneider, Jefferson Fox, Sumeet Saksena, James H. Spencer, Miguel Castrence, 2014. Monitoring peri-urbanization in the greater Ho Chi Minh City metropolitan area, *Applied Geography* 53 (2014), 53, 377-388.

Congalton R. G., 1991. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data, *Remote Sensing of Environment*, 37:35-46.

Cục thống kê tỉnh Nam Định, 2011. Niên giám thống kê huyện Giao Thủy năm 2011, 101.

Daniel G. Brown, Robert Walker, Steven Manson, Karen Seto, 2005. Modeling land-use and land-cover change, 27.

Domencich and MaFadden, 1975. Urban travel demand: a behavioral analysis. *Amsterdam-Oxford American Elsevier Publishing Company*.

Gao Yan, 2003. Pixel based and object-oriented image analysis for coal fire research.

Hosmer and S. Lemeshow, 1989. Applied logistic regression. *Wiley, New York*.

Huang, Cai, Peng, 2007. "Modeling the spatial pattern of farmland using GIS and multiple logistic regression: a case study of Maotiao River Basin, Guizhou Province, China",

- Environmental Modeling and Assessment*, 12, 55-61.
- Lambin E. F., Turner B. L., Geist H. J. et al., 2001. The causes of land-use and land-cover change: Moving beyond the myths. *Global Environmental Change*, 11(4), p. 261-269.
- Lê Thị Thu Hà, Phạm Thị Làn, Nguyễn Tiến Quỳnh, 2015. Đánh giá và dự báo biến động sử dụng đất khu vực cửa sông Ba Lạt dựa trên tư liệu viễn thám đa thời gian và GIS, *Tạp chí khoa học kỹ thuật Mỏ-Địa chất*, 48.
- Liu Yongxue, Li Manchun, Mao Liang, Xu Feifei, Huang Shuo, 2006. "Review of Remotely Sensed Imagery Classification Patterns Based on Object-oriented Image Analysis ", *Chinese Geographical Science* 16 (3), 282-288.
- McCullagh P., Nelder, J., 1989. *Generalized Linear Models*. CRC Press, Boca Raton.
- Mousivand A.J., Alimohammadi Sarab, A., Shayan, S., 2007. A new approach of predicting land use and land cover changes by satellite imagery and Markov chain model (Case study: Tehran). MSc Thesis. Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
- Müller D., and Zeller M., 2002. Land use dynamics in the central highlands of Vietnam: a spatial model combining village survey data with satellite imagery interpretation. *Agricultural Economics*, 27 (3): 333 - 354.
- Poelmans L., Van Rompaey A., 2009. Complexity and performance of urban expansion models. *Computers, Environment and Urban Systems* 34 (1), p. 17-27.
- Qiu, Woller, Briggs, 2003. "Modeling urban population growth from remotely sensed imagery and TIGER GIS road data", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 69, 1031.
- Wyman Stein, 2010. "Modeling social and land-use/land-cover change data to assess drivers of smallholder deforestation in Belize", *Applied Geography*, 30, 329-342.
- Verburg P. H., Overmars K. P., Huigen, M. G. A., de Groot, W. T., Veldkamp, A., 2006. Analysis of the effects of land use change on protected areas in the Philippines. *Appl. Geogr.* 26, 153-173.

## ABSTRACT

### Applying a hybrid model of ca-markov and logistic regression to predict land use change in Giao Thuy DISTRICT, Nam Dinh province

Trung Van Nguyen<sup>1,\*</sup>, Ha Thu Thi Le <sup>1</sup>, Lan Thi Pham <sup>1</sup>, Kha Trong Vuong <sup>1</sup>,  
Huong Thu Thi Nguyen <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Geomatics and Land Administration, Hanoi University of Mining and Geology, Vietnam

This paper presents methods of integrating the advantages of models, including the Logistic, Markov and Cellular Automata regression models to provide forecasts of land use changes in the Red River Delta. Increasing dynamics of aquaculture land and residential land in Giao Thuy district were identified: household density, proportion of people in working age, distance to the main road system, Distance to district administrative center and distance to sea dykes. The results of the model show changes in the spatial distribution of land for aquaculture and residential land from 1989 to 2019 in Giao Thuy. Meanwhile, residential land has increased more than 700 hectares in the past 20 years, and is It is forecasted to increase by nearly 1,000 ha in 2019. The research findings in this paper will provide valuable information for planners, local policy makers, in the formulation of urban development plans and environmental management strategies. Sustainable school.

Keywords: Subsidence prediction, Asaoka function, exponential function, Hyperbolic function.