

MÔ PHỎNG BIẾN ĐỘNG SỬ DỤNG ĐẤT NÔNG NGHIỆP VÙNG VEN BIỂN TỈNH NAM ĐỊNH BẰNG MÔ HÌNH CLUMONDO

Nguyễn Thị Phương Hoa¹, Ngô Thế Ân^{2*}, Lê Thị Giang²

¹*Cục Viễn thám quốc gia*

²*Khoa Tài nguyên và Môi trường, Học viện Nông nghiệp Việt Nam*

**Tác giả liên hệ: ntan@vnua.edu.vn*

Ngày nhận bài: 04.06.2021

Ngày chấp nhận đăng: 06.07.2021

TÓM TẮT

Nghiên cứu này ứng dụng mô hình CLUMondo để mô phỏng biến động sử dụng đất nông nghiệp đến năm 2030 tại vùng ven biển tỉnh Nam Định. Nguyên lý mô phỏng dựa vào mối tương quan giữa xác suất thay đổi sử dụng đất và các yếu tố phù hợp về vị trí trong sử dụng đất đai. Kiểm chứng kết quả mô hình được thực hiện bằng thống kê ROC và hệ số Kappa. Kết quả nghiên cứu cho thấy biến động sử dụng đất nông nghiệp đến năm 2030 theo kịch bản 1 (baseline) có diện tích lúa giảm xuống và diện tích nuôi trồng thủy sản tăng lên. Xu thế xảy ra cũng tương tự ở kịch bản 2 (theo quy hoạch) nhưng diện tích lúa giảm nhiều hơn. Ngoài ra, ở cả hai kịch bản đều xảy ra tình trạng tăng diện tích trồng màu và cây lâu năm. Với giả thiết theo kịch bản 2, khu nuôi trồng thủy sản nước ngọt có xu thế tiếp tục mở rộng vào vùng đất trồng lúa, trong khi đó một phần diện tích thủy sản nước lợ xen kẽ các bãi bồi ven biển phải chuyển sang đất lâm nghiệp. Vì vậy, khi thực hiện quy hoạch cũng cần chuẩn bị sẵn các giải pháp cân đối không gian duy trì diện tích sản xuất lương thực và nuôi trồng thủy sản để đảm bảo an ninh lương thực và phát triển bền vững cho địa phương.

Từ khóa: Biến động sử dụng đất, mô hình Clumondo, GIS, mô phỏng sử dụng đất, vùng ven biển, Nam Định.

Simulation of Changes in Agricultural Land use in the Coastal Area of Nam Dinh Province using the CLUMondo Model

ABSTRACT

This study applied the CLUMondo model to predict agricultural land-use changes to 2030 in the coastal area of Nam Dinh province. The predictions were done based on the correlations between the probability of changes related to each land use type and its location suitability factors. Model outputs were validated by ROC statistic and Kappa coefficient. Results showed that changes in agricultural land use in 2030 followed scenario 1 (baseline) with a decrease in rice area but increase in the aquaculture area. The trend was similar in scenario 2 (as the land use planning) but the rice area was more decreased. In addition, in both scenarios, there was an increase in annual and perennial crops. Under the assumption of scenario 2, freshwater aquaculture tended to continue expanding to paddies, while a portion of brackish water aquaculture was converted to forest land. Therefore, when implementing land use planning, it is necessary to prepare solutions for trading-off between staple food and aquaculture to ensure food security and sustainable development for local communities.

Keywords: Land use change, CLUMondo model, GIS, land use simulation, coastal area, Nam Dinh.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Mô hình hóa biến động sử dụng đất (SDĐ) đóng vai trò quan trọng trong nghiên cứu về dự báo xu thế phát triển của hệ thống SDĐ có thể xảy ra trong tương lai. Thông qua ứng dụng mô

hình, diễn biến của hệ thống có thể được khám phá dựa trên các kịch bản giả định cho những khả năng sẽ xảy ra (Bousquet & Le Page, 2004; Couclelis, 2005; Verburg & cs., 2006). CLUMondo (van Asselen & Verburg, 2013) là một mô hình chuyên dụng được thiết kế để mô

phỏng những thay đổi SDD do nhu cầu về hàng hóa và dịch vụ sinh thái như đề cập ở trên. Sự thay đổi được mô phỏng dựa trên mối quan hệ giữa SDD và các yếu tố thúc đẩy sự thay đổi, trong bối cảnh tồn tại của động lực cạnh tranh giữa các loại hình SDD khác nhau. CLUMondo đã được áp dụng ở một số nơi trên thế giới, bao gồm các công trình nghiên cứu điển hình ở Philippines, Lào và Thái Lan (Verburg & Veldkamp, 2004; Ornetsmüller & cs., 2016; Arunyawat & Shrestha, 2018). Ở Việt Nam, ứng dụng của mô hình CLUMondo còn tương đối mới và chưa có nghiên cứu cụ thể nào cho khu vực vùng ven biển.

Thực trạng SDD nông nghiệp ở vùng ven biển của Việt Nam nói chung và tỉnh Nam Định nói riêng có những biến động mạnh mẽ trong một vài thập kỷ gần đây. Sự thay đổi diễn ra không chỉ giữa các loại hình SDD mà còn bao gồm cả gia tăng thâm canh ở những vùng sản xuất tập trung. Nghiên cứu gần đây tại vùng ven biển tỉnh Nam Định trong giai đoạn 2005-2019 (Nguyễn Thị Phương Hoa & cs., 2020b) đã xác nhận sự thay đổi nhiều nhất diễn ra ở đất lúa với gần 70% sự chuyển đổi sang đất phi nông nghiệp. Ngoài ra, xu hướng dịch chuyển đáng chú ý khác là diện tích đất lâm nghiệp chuyển đổi sang diện tích nuôi trồng thủy sản (NTS) cũng diễn ra đáng kể ở khu vực này.

Theo kế hoạch SDD của tỉnh (UBND tỉnh Nam Định, 2020), trong 5 năm tới, một phần đất nông nghiệp và đất chưa sử dụng vẫn tiếp tục được chuyển đổi sang đất ở và đất phục vụ các hoạt động phi nông nghiệp. Với chính sách khuyến khích dồn điền đổi thửa và phát triển nông nghiệp công nghệ cao (UBND tỉnh Nam Định, 2020) thì xu thế chuyển từ diện tích canh tác lúa 2 vụ ở những vùng kém hiệu quả sang đất NTS và canh tác cây màu thâm canh có khả năng tiếp tục xảy ra với tốc độ nhanh hơn.

Những biến động SDD vừa là kết quả nhưng cũng là nguyên nhân gây tác động lên sự phát triển kinh tế - xã hội và biến đổi tài nguyên môi trường địa phương. Tác động thấy rõ nhất là tình trạng suy giảm diện tích đất canh tác, đặc biệt là trong thời gian từ 2015 đến nay. Ngoài ra những tác động không mong muốn khác như mất ổn định sinh kế do phải tìm

việc ở nơi khác và giảm thu nhập cũng đã xuất hiện ở nhiều hộ dân. Bên cạnh đó, xu thế chuyển đổi đất nông nghiệp cũng mang lại nhiều lợi ích như cải thiện cơ sở hạ tầng, tăng thu nhập và tạo thêm việc làm trong các cơ sở sản xuất công nghiệp và dịch vụ tại địa phương (Nguyễn Thị Phương Hoa & cs., 2020a).

Với mục đích cung cấp thêm cơ sở khoa học phục vụ công tác hoạch định chính sách quản lý đất đai (QLDD) của địa phương, nghiên cứu này ứng dụng mô hình CLUMondo để dự báo xu hướng biến động SDD nông nghiệp vùng ven biển tỉnh Nam Định đến năm 2030. Thông qua phân tích kịch bản, nghiên cứu tập trung làm rõ tác động của một số chính sách QLDD quan trọng đề cập trong quy hoạch sử dụng đất tới biến động SDD tại khu vực nghiên cứu.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

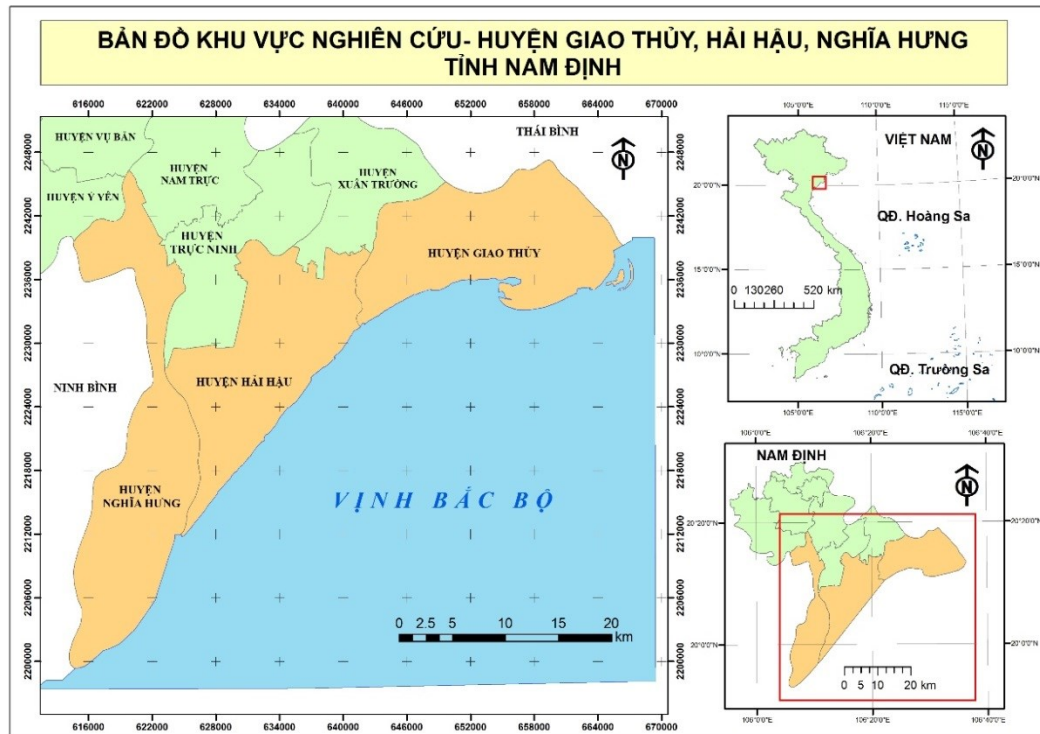
2.1. Khu vực nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện tại vùng ven biển tỉnh Nam Định, bao gồm các huyện Giao Thủy, Hải Hậu và Nghĩa Hưng, nằm ở phía Nam vùng đồng bằng sông Hồng (Hình 1). Theo số liệu thống kê năm 2019 của tỉnh (Chi cục Thống kê tỉnh Nam Định, 2020), tổng diện tích tự nhiên của 3 huyện là 712,54km²; dân số của khu vực ven biển Nam Định vào năm 2019 là 630.905 người. Ba huyện ven biển là trung tâm sản xuất nông nghiệp của tỉnh, với diện tích đất canh tác chiếm 43% diện tích tự nhiên và 54,4% dân số sống bằng nghề nông. Diện tích canh tác tính bình quân theo đầu người là 0,24ha.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

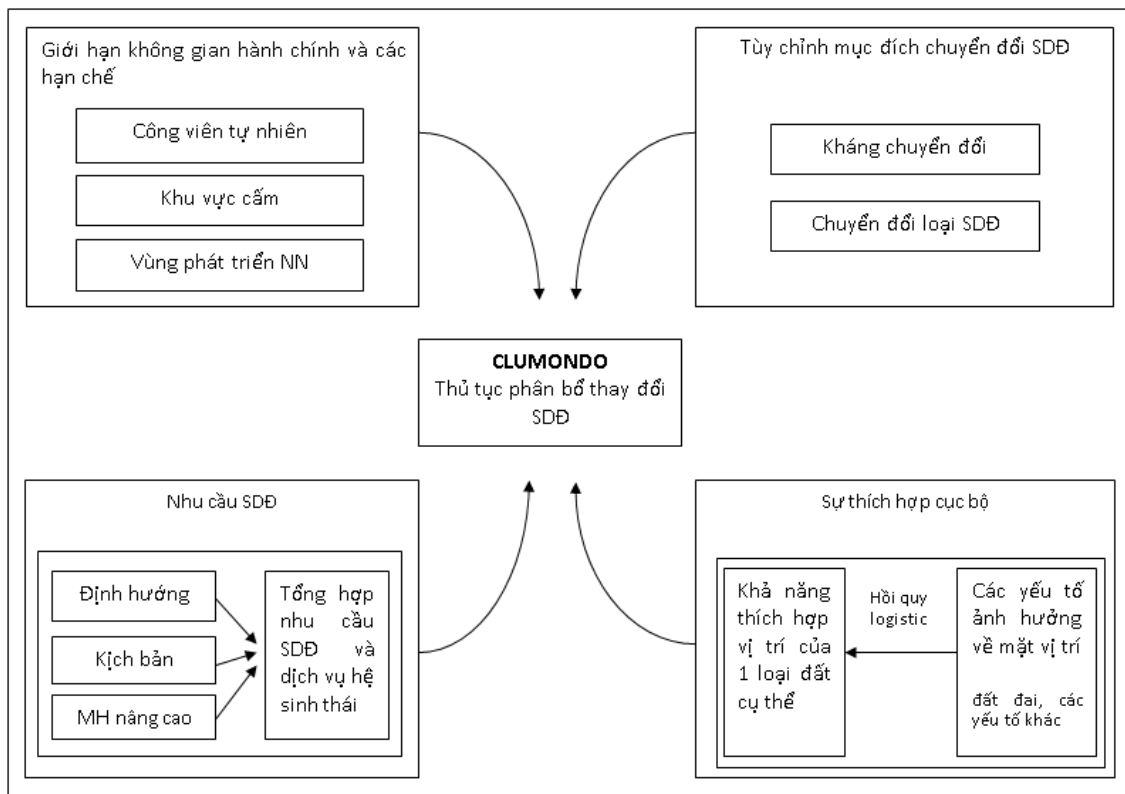
2.2.1. Tiếp cận dự báo biến động sử dụng đất nông nghiệp

Mô hình CLUMondo (van Asselen & Verburg, 2013) được lựa chọn để mô phỏng sự thay đổi SDD dựa trên định lượng thực tế mối quan hệ giữa hiện trạng SDD và các nhân tố liên quan đến sự thay đổi SDD. Mô hình này được thiết kế với các chương trình tổng hợp thông tin về giới hạn không gian, mục đích và nhu cầu chuyển đổi và sự thích hợp cục bộ để đưa ra dự báo phân bố SDD trong tương lai (Hình 2).



Nguồn: Theo bản đồ hành chính (2019).

Hình 1. Sơ đồ khu vực nghiên cứu



Hình 2. Nguyên lý tương tác thông tin trong mô hình CLUMondo

2.2.2. Số liệu đầu vào cho mô hình CLUMondo

Số liệu đầu vào ban đầu của mô hình bao gồm:

(1) Bản đồ sử dụng đất tại thời điểm bắt đầu mô phỏng (bản đồ SDD nông nghiệp năm 2005 và năm 2019): kế thừa từ kết quả nghiên cứu của Nguyễn Thị Phương Hoa & cs. (2020).

(2) Bộ bản đồ tương ứng với 8 yếu tố tương tác vị trí để tính sự thích hợp cục bộ cho các kiểu sử dụng đất nông nghiệp: mô tả trong hình 2 và hình 6.

(3) Bản đồ để đánh giá độ chính xác của kết quả dự báo từ mô hình (bản đồ SDD nông nghiệp 2019): kế thừa từ kết quả nghiên cứu của Nguyễn Thị Phương Hoa & cs. (2020).

(4) Các ma trận chuyển đổi - kháng chuyển đổi: lấy từ kết quả phân tích biến động sử dụng đất nông nghiệp giai đoạn 2005-2019; kháng chuyển đổi là không cho phép chuyển đổi giữa các LUT, được tổng hợp dựa trên quy hoạch và quy định sử dụng đất của các huyện.

(5) Bộ hệ số tương quan hồi quy giữa các yếu tố vị trí và các LUT: Tính bằng công cụ địa thống kê tích hợp trong mô hình CLUMondo.

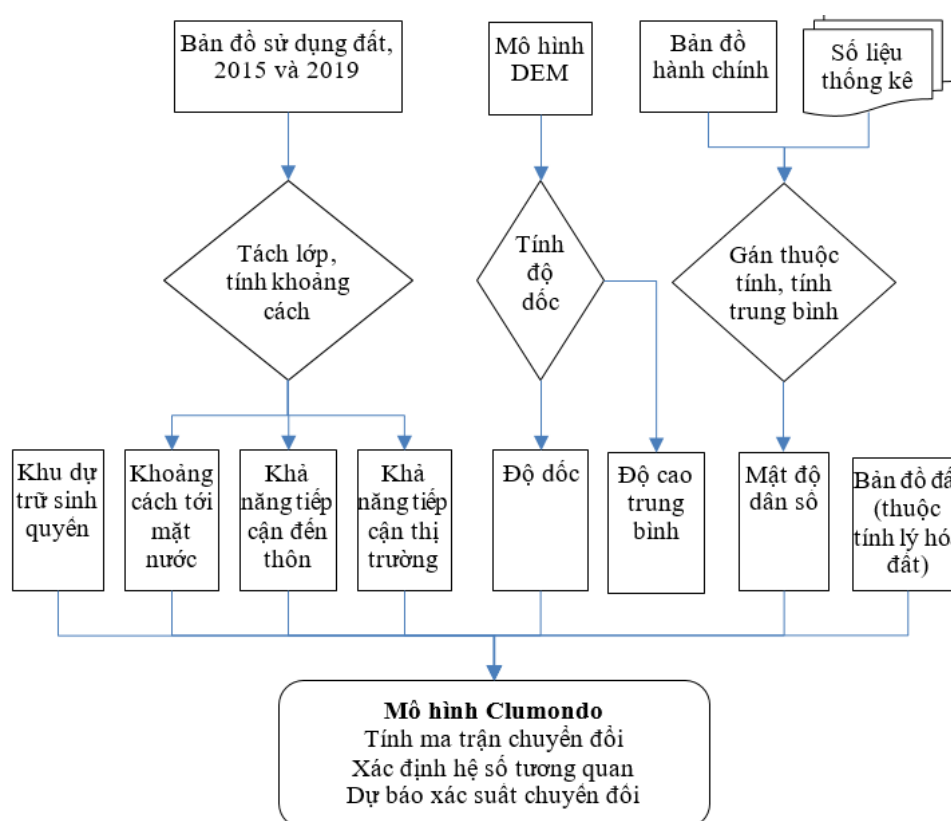
Bộ bản đồ với 8 yếu tố vị trí được tạo ra bằng cách sử dụng công cụ phân tích không gian trong phần mềm ArcGIS 10.3 với trình tự được mô tả như trong hình 3.

Bộ hệ số tương quan hồi quy giữa các yếu tố vị trí và các LUT (β) được ước lượng thông qua hàm hồi quy logarit sử dụng biến phụ thuộc là sự chuyển đổi sử dụng đất (giữa 2005-2019) và các biến độc lập là 8 yếu tố vị trí đề cập ở trên. Hàm hồi quy logarit nhị phân có dạng như sau:

$$\log\left(\frac{P_i}{1-P_i}\right) = \beta_0 + \beta_1 X_{1,i} + \beta_2 X_{2,i} + \dots + \beta_n X_{n,i}$$

(1)

Trong đó, P_i là xác suất của một ô lưới i đối với sự xuất hiện của kiểu SDD được xem xét và X là các yếu tố vị trí, tức là các đặc điểm vật lý, sinh học hoặc kinh tế xã hội có ảnh hưởng một cách ý nghĩa tới biến động SDD.



Hình 3. Sơ đồ phương pháp GIS để tổng hợp bản đồ đầu vào cho mô hình CLUMondo

2.2.3. Kiểm chứng mô hình

Kiểm chứng mô hình được thực hiện cho bộ hệ số tương quan hồi quy (β) và kết quả dự báo các LUT từ mô hình. Độ tin cậy của mô hình hồi quy logarit được xác định thông qua thống kê ROC (Beck & Shultz, 1986). 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 (Fawcett, 2004).

Kết quả dự báo các LUT từ mô hình CLUMondo được kiểm chứng bằng cách so sánh kết quả chạy mô hình (model outputs) với bản đồ sử dụng đất tham chiếu. Trong nghiên cứu này, thời điểm bắt đầu dự báo là 2005, mô hình được chạy liên tục tới năm 2019. Kết quả mô hình (bản đồ SDD nông nghiệp) năm 2019 sẽ được lưu lại để so sánh với bản đồ SDD nông nghiệp giải đoán từ ảnh vệ tinh trong cùng năm tương ứng. Theo thiết kế của mô hình CLUMondo, 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 (Jensen & Lulla, 1987) như sau:

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

Trong đó: N: Tổng số pixel lấy mẫu; r: Số lớp đối tượng phân loại; x_{ii} : Số pixel đúng trong lớp thứ i; x_{i+} : Tổng pixel lớp thứ i của số liệu tham chiếu (giải đoán từ ảnh vệ tinh); x_{+i} : Tổng pixel lớp thứ i kết quả dự báo từ mô hình CLUMondo.

Kết quả tính chỉ số Kappa (K) sẽ cho giá trị nằm trong khoảng -1 đến +1, trong đó giá trị 0 thể hiện khả năng dự đoán chỉ tương đương với trường hợp mô hình chạy theo kiểu ngẫu nhiên, giá trị càng gần +1 thể hiện độ chính xác càng cao.

2.2.4. Phân tích kịch bản

Phân tích kịch bản được thực hiện để dự báo biến động SDD theo các bối cảnh kinh tế xã hội và định hướng QLDD tại địa bàn nghiên

cứu. Kết quả nghiên cứu của Nguyễn Thị Phương Hoa & cs. (2020) xác định có 8 nhóm nguyên nhân chính ảnh hưởng tới biến động SDD NN tại địa phương, trong đó chính sách sử dụng đất (quy hoạch) là có vai trò quan trọng nhất, quyết định tới xu thế chuyển đổi ở mức độ vĩ mô. Các yếu tố khác (công nghệ, điều kiện kinh tế, tăng dân số, ô nhiễm môi trường) chỉ có tác động chuyển đổi ở quy mô nhỏ lẻ và mang tính chi tiết về phương thức tổ chức sản xuất. Do nghiên cứu này tập trung dự báo xu thế chuyển đổi trong phạm vi dài (10 năm) nên kịch bản được xây dựng dựa vào quy hoạch SDD đến năm 2030 (UBND tỉnh Nam Định, 2020). Theo đó, chúng tôi xác định hai yếu tố kinh tế xã hội quan trọng chi phối tương lai SDD nông nghiệp của địa phương là:

Chính sách QLDD - môi trường tổng hợp: tăng cường dịch vụ môi trường thể hiện thông qua mục tiêu bảo vệ diện tích rừng đang có và mở rộng diện tích rừng phòng hộ vùng ven biển với chỉ tiêu tăng diện tích rừng 3% mỗi năm.

Chính sách thúc đẩy sản xuất nông nghiệp có giá trị kinh tế cao: thâm canh, tăng giá trị sản xuất nông nghiệp thông qua khuyến khích chuyển đổi diện tích lúa kém hiệu quả sang sản xuất cây màu và cây lâu năm có giá trị kinh tế cao hơn. Ngoài ra, diện tích làm muối cũng giảm đi để chuyển sang đất NTS.

Hai chính sách trên cũng đã được thể hiện rất rõ trong nghị quyết của tỉnh ủy và trở thành mục tiêu trong quản lý SDD của các huyện trong khu vực nghiên cứu. Căn cứ vào cơ sở này, chúng tôi thành lập 2 kịch bản để so sánh như sau:

Kịch bản 1 (baseline): Kịch bản này giả định xu hướng thay đổi SDD nông nghiệp đến năm 2030 vẫn diễn ra như giai đoạn trước đó, từ 2005-2019.

Kịch bản 2 (kịch bản theo định hướng quy hoạch): đây là kịch bản giả thiết khả năng thay đổi xảy ra tích cực như mục tiêu đặt ra của hai chính sách có liên quan đề cập ở trên. Như vậy, kịch bản này đặt trọng tâm việc đẩy mạnh sản xuất nông nghiệp theo hướng hàng hóa và bảo tồn và phát triển rừng.

Hai kịch bản trên sẽ được đưa vào chạy mô hình CLUMondo để tạo bản đồ SĐĐ nông nghiệp tương ứng với tập hợp của 2 định hướng phát triển của địa phương. Bằng cách so sánh về mặt phân bố không gian và tổng hợp thống kê về sự khác biệt giữa 2 kịch bản sẽ cho thấy ảnh hưởng hoặc vai trò của các chính sách có liên quan. Kết quả so sánh này cũng là cơ sở để đưa ra những định hướng cần thiết trong QLĐĐ của địa phương.

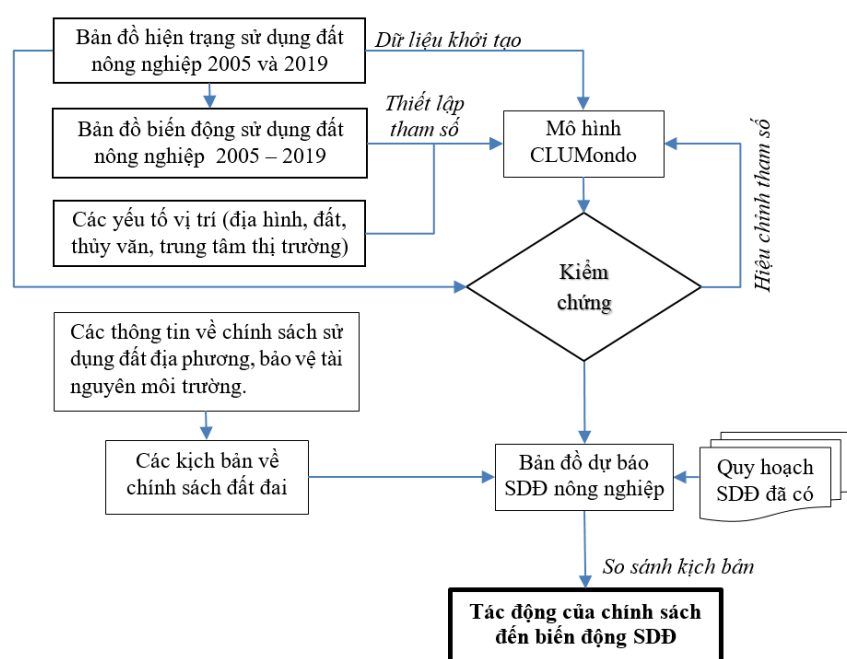
Tóm tắt về quy trình vận hành của mô hình CLUMondo kết hợp với công cụ GIS trong dự

báo biến động SĐĐ nông nghiệp và đánh giá tác động của chính sách được thể hiện như trong hình 4.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Biến động sử dụng đất nông nghiệp giai đoạn 2005-2019 tại khu vực nghiên cứu

Kết quả thống kê từ bản đồ hiện trạng SĐĐ nông nghiệp giải đoán trên nền ảnh vệ tinh Landsat qua các năm 2005-2019 được thể hiện ở bảng 1.



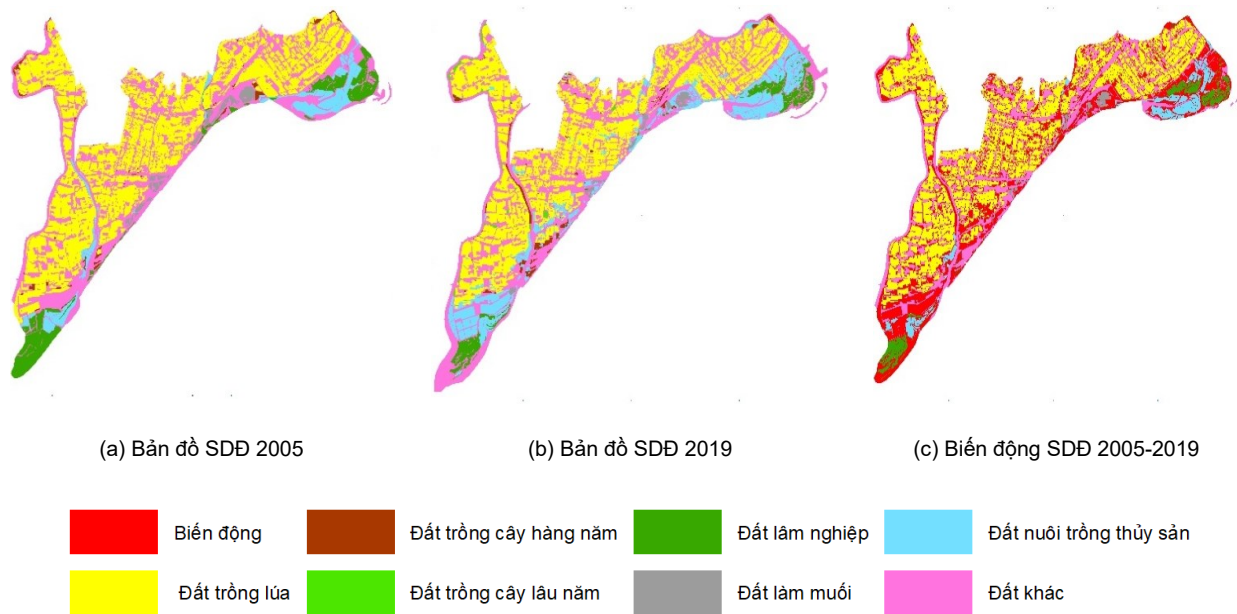
Hình 4. Quy trình vận hành mô hình CLUMondo trong dự báo biến động SĐĐ nông nghiệp

Bảng 1. Diện tích và biến động các loại SĐĐ nông nghiệp năm 2005-2019

Loại hình SĐĐ	2005		2019		Biến động	
	Diện tích	Tỉ lệ	Diện tích	Tỉ lệ	Diện tích	Tỉ lệ ⁽¹⁾
Đất trồng lúa (LUC)	34.761,03	49,10	30.849,42	41,21	-3.911,61	-0,8
Đất trồng cây hàng năm (BHK)	753,32	1,06	1.211,81	1,62	458,49	4,3
Đất trồng cây lâu năm (CLN)	8,64	0,01	480,44	0,64	471,80	390,0
Đất lâm nghiệp (RPH)	4.357,76	6,16	2.866,07	3,83	-1491,69	-2,4
Đất nuôi trồng thủy sản (NTS)	4.187,62	5,91	10.140,41	13,55	5.952,79	10,2
Đất làm muối (LMU)	1210,4	1,71	736,38	0,98	-474,02	-2,8
Đất khác	25.519,42	36,05	28.579,48	38,18	3.060,06	0,9

Ghi chú: (1): Tỉ lệ biến động hàng năm.

Nguồn: Nguyễn Thị Phương Hoa & cs. (2020b).



Nguồn: Nguyễn Thị Phương Hoa & cs. (2020b).

Hình 5. Bản đồ hiện trạng SDD nông nghiệp vùng ven biển tỉnh Nam Định 2005(a), 2019(b) và sự khác biệt giữa 2 giai đoạn(c)

Theo bảng 1, đất trồng lúa chiếm tỉ trọng cao nhất trong SDD tại khu vực ven biển tỉnh Nam Định (trên 40% ở tất cả các thời kỳ). Tuy nhiên, lúa cũng có diện tích giảm nhiều nhất, với -3.911,61ha. Hai LUT khác bị giảm là đất lâm nghiệp (-149,69) và đất làm muối (-474,02). Ngược lại, đất trồng cây hàng năm và lâu năm tăng lên đáng kể. Đặc biệt là đất NTS và đất khác (đất phi nông nghiệp) tăng tương ứng là 5.952ha và 3.060,06ha. Phần diện tích đất lúa bị giảm chủ yếu chuyển đổi sang đất phi nông nghiệp, phần còn lại chuyển sang đất nuôi trồng thủy sản và đất trồng cây hàng năm (Nguyễn Thị Phương Hoa & cs., 2020a). Sự chuyển đổi diễn ra rải rác trên toàn địa bàn nghiên cứu nhưng có xu thế xả ra nhiều hơn ở những vị trí ven biển (Hình 5). Nguyên nhân của sự chuyển đổi trên chủ yếu là do chính sách mở rộng vùng dân cư, xây dựng cơ sở hạ tầng và quy hoạch vùng sản xuất thủy sản tập trung (Nguyễn Thị Phương Hoa & cs., 2020b).

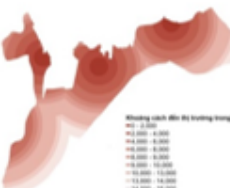
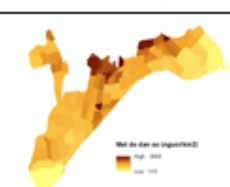
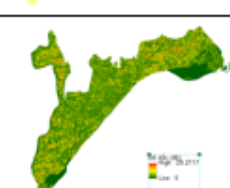
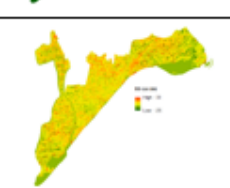
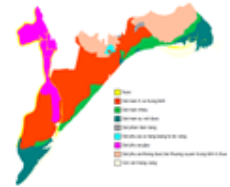
Những kết quả biến động được phân tích từ ảnh vệ tinh ở trên được sử dụng làm cơ sở để xây dựng ma trận chuyển đổi sử dụng đất ở

bảng 2 và tỉ lệ chuyển đổi các loại hình sử dụng đất sử dụng trong kịch bản.

3.2. Mô hình dự báo biến động sử dụng đất nông nghiệp cho khu vực ven biển tỉnh Nam Định

3.2.1. Thiết lập số liệu đầu vào cho mô hình biến động sử dụng đất CLUMondo

Để mô phỏng sự thay đổi SDD, mô hình CLUMondo yêu cầu vận hành theo 2 pha: pha 1 là để hiệu chỉnh và đánh giá mô hình; pha 2 là để dự báo theo kịch bản. Trong pha 1, dựa vào dữ liệu sẵn có, chúng tôi xác định thời gian từ năm 2005-2019. Pha 2 dự báo theo kịch bản nên được thực hiện với thời gian đủ dài, khoảng 10 năm (van Asselen & Verburg, 2013). Vì vậy pha 2 được xác định từ năm 2019-2030. Như vậy, bản đồ sử dụng đất đầu vào cho mô hình là bản đồ SDD nông nghiệp năm 2005 và năm 2019 (Hình 5a và 5b). Ngoài ra, để chạy mô hình còn phải có một số bản đồ thể hiện các yếu tố phù hợp về vị trí (Hình 6). Các bản đồ này chính là các yếu tố quyết định đến sự phân bố không gian của các loại hình SDD nông nghiệp trên địa bàn nghiên cứu.

TT	Tên bản đồ	Miêu tả	Bản đồ các yếu tố vị trí
1	Khoảng cách tới mặt nước	Nếu khoảng cách từ điểm đó đến mặt nước lớn hơn 30m sẽ nhận giá trị 1; còn lại sẽ nhận giá trị 0. Kết quả giải đoán mặt nước từ ảnh vệ tinh.	
2	Khả năng tiếp cận đến các khu dân cư	Vị trí các pixel LUT tính đến ranh giới làng, thôn xóm gần nhất. Điểm dân cư được giải đoán từ ảnh vệ tinh.	
3	Khả năng tiếp cận thị trường	Tính bằng khoảng cách từ điểm xác định đến trung tâm các tỉnh và huyện lân cận (vị trí các ủy ban nhân dân huyện, tỉnh).	
4	Mật độ dân số	Tính từ dữ liệu dân số lấy từ niên giám thống kê tỉnh Nam Định các năm 2005, 2019 và diện tích tự nhiên của các xã.	
5	Độ dốc	Dữ liệu tính toán từ DEM toàn cầu.	
6	Độ cao	Độ cao (trung bình của 30x30m). Bản đồ độ cao lấy từ DEM toàn cầu	
7	Loại đất	Bản đồ các loại đất được lấy từ Bản đồ chất lượng đất các huyện ven biển và huyện đảo vùng Đồng bằng sông Hồng.	
8	Khu dự trữ sinh quyển	Nếu nằm trong khu vực dự trữ sinh quyển sẽ nhận giá trị 1; còn lại sẽ nhận giá trị 0.	

Hình 6. Bản đồ thể hiện các yếu tố vị trí khu vực nghiên cứu

Bảng 2. Ma trận chuyển đổi sử dụng đất

Loại hình SĐĐ	LUC	BHK	CLN	RPH	NTS	LMU	Đất khác
LUC	1	1	1	1	1	1	1
BHK	1	1	1	1	1	0	1
CLN	0	0	1	1	1	0	1
RPH	1	1	1	1	1	1	1
NTS	1	1	0	1	1	0	1
LMU	1	1	0	0	1	1	1
Đất khác	1	1	1	1	1	1	1

Ghi chú: 0: Không cho phép chuyển đổi; 1: Cho phép chuyển đổi

Bảng 3. Hệ số hồi quy của các yếu tố vị trí theo từng loại hình sử dụng đất

Loại hình SĐĐ	β_0	Hệ số (β_i)								AUC
		MN	DC	TT	DS	ĐD	ĐC	LĐ	SQ	
LUC	-0,960	2,307	-0,0007	-0,0001	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,86
BHK	-3,188	n.s.	0,00067	n.s.	-0,0009	n.s.	n.s.	n.s.	-6,577	0,72
CLN	-5,160	n.s.	-0,0006	0,00003	n.s.	-0,113	0,113	n.s.	n.s.	0,71
RPH	-9,079	0,898	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,268	n.s.	6,807	0,94
NTS	-0,317	-0,437	-0,0005	n.s.	-0,002	n.s.	n.s.	n.s.	2,226	0,82
LMU	-5,800	1,301	0,00279	n.s.	-0,0005	n.s.	n.s.	n.s.	-22,273	0,75
Đất khác	-0,096	-1,201	0,00023	n.s.	0,00059	n.s.	n.s.	-0,0001	-0,535	0,75

Ghi chú: n.s: Không có ý nghĩa thống kê; MN: Khoảng cách tới mặt nước; ĐD: Độ dốc; ĐC: Độ cao; DC: Khả năng tiếp cận đến các khu dân cư; LĐ: Loại đất; TT: Khả năng tiếp cận thị trường; SQ: Khu dự trữ sinh quyển; DS: Mật độ dân số.

Các tham số liên quan tới ràng buộc cho sự vận hành của các hàm dự báo gồm có ma trận chuyển đổi và kháng chuyển đổi. Ma trận này được thiết lập dựa trên phân tích diễn biến SĐĐ nông nghiệp từ 2005-2019 và định hướng quy hoạch sử dụng đất nông nghiệp trình bày ở trên. Kết quả thu được như trong bảng 2.

Một tập hợp tham số rất quan trọng khác của mô hình là các hệ số tương quan từ phân tích hồi quy logarit giữa 8 biến vị trí theo yêu cầu của mô hình CLUMondo (Hình 6) và các LUT. Mô hình CLUMondo có sẵn công cụ phân tích địa thống kê (geostatistic) để tính tương quan giữa 8 biến khoảng cách (biến độc lập) với từng LUT (biến phụ thuộc). Kết quả ứng dụng bộ công cụ này đã đưa ra hệ số tương quan β_0 và β_i tương ứng như trong bảng 3.

Cột AUC ở bảng 3 cho thấy tất cả hệ số tương quan của các LUT đều có độ tin cậy từ

trung bình đến cao. Trong đó đất lâm nghiệp và lúa có mô hình tương quan với độ tin cậy cao nhất, đạt 0,94 và 0,86. Đất trồng cây lâu năm có giá trị AUC thấp nhất, đạt 0,71. Kết quả này cũng khá tương đồng với các công trình nghiên cứu trước đây (Verburg & Veldkamp, 2004; Arunyawat & Shrestha, 2018) khi kết quả AUC dao động trong khoảng 0,65-0,97.

Bảng 3 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 (MN) và tương quan nghịch với khoảng cách đến khu dân cư (DC) và tiếp cận thị trường (TT). Đất trồng cây hàng năm thì lại tương quan thuận với khoảng cách khu dân cư, tương quan nghịch với mật độ dân số và khu dự trữ sinh quyển. Đặc biệt, đất lâm nghiệp, làm muối và NTS đều tương quan thuận với khoảng cách đến mặt nước.

Tương quan trên phù hợp với thực tế khi đất gần khu trung tâm phải dành cho hoạt động phi nông nghiệp trong khi đó đất gần nhà ở thường được trồng cây màu và cây lâu năm. Đất lâm nghiệp chính là rừng ngập mặn nên loại SDĐ này và đất NTS, làm muối phải gần với mặt nước. Ngoài ra kết quả tương quan thuận của đất NTS và rừng ngập mặn với khu dự trữ sinh quyển (SQ) cũng đúng với thực tế của địa phương.

Kết quả phân tích tương quan logarit, vì vậy hoàn toàn có thể được sử dụng để chạy mô hình CLUMondo, trong đó, tập hợp tham số của từng LUT ở bảng 3 sẽ được đưa vào công thức (1) để dự báo xác suất chuyển đổi của các loại hình SDĐ qua các năm.

3.2.2. Đánh giá độ chính xác của bản đồ dự báo từ mô hình CLUMondo

Sau khi các tham số đầu vào được thiết lập, mô hình CLUMondo được chạy đến năm 2019 để lấy được kết quả là bản đồ SDĐ nông nghiệp ở hình (7a) cho mục đích kiểm chứng. Bản đồ này được so sánh với bản đồ tham chiếu (giải đoán từ ảnh vệ tinh) trong cùng năm 2019 (Hình 7b).

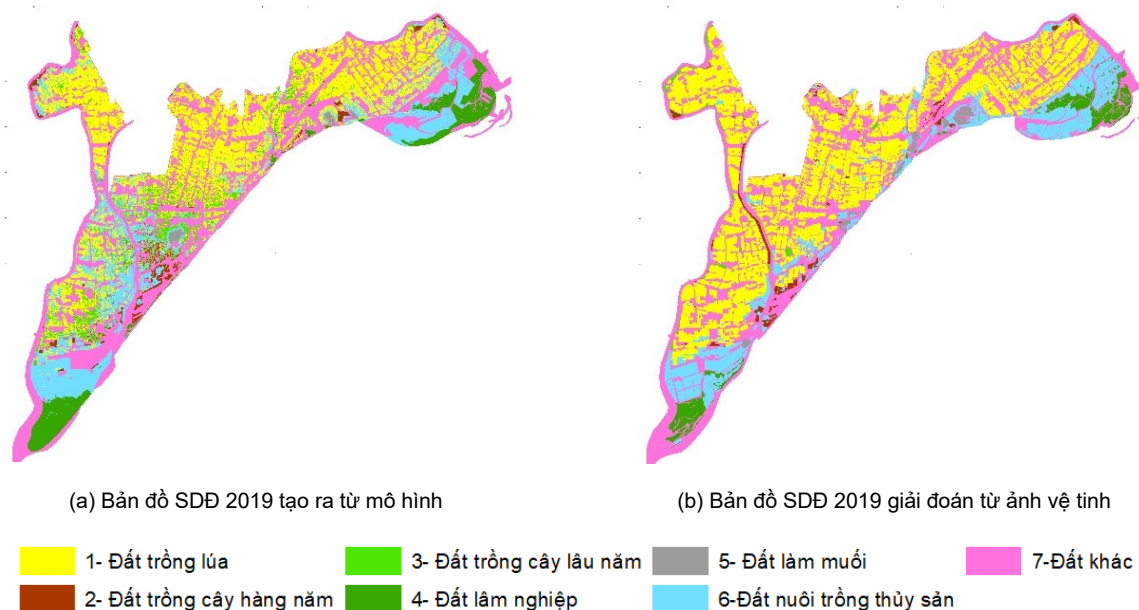
Kết quả kiểm chứng theo công thức (2) cho hệ số Kappa 0,73, thuộc mức khá chính xác (Landis & Koch, 1977).

3.3. Biến động sử dụng đất theo các kịch bản

Thiết lập kịch bản: Dựa theo định hướng thiết lập kịch bản như đã trình bày ở mục phương pháp nghiên cứu, hai kịch bản tương ứng được lượng hóa cụ thể theo những tỉ lệ chuyển đổi giả thiết cho từng loại hình SDĐ nông nghiệp như trong bảng 4.

Ngoài ra, yếu tố kháng chuyển đổi ở bảng 4 cũng được thay đổi cho kịch bản 2: đất lâm nghiệp được gán hệ số chuyển đổi 0; nghĩa là toàn bộ diện tích đất lâm nghiệp hiện có sẽ được giữ nguyên.

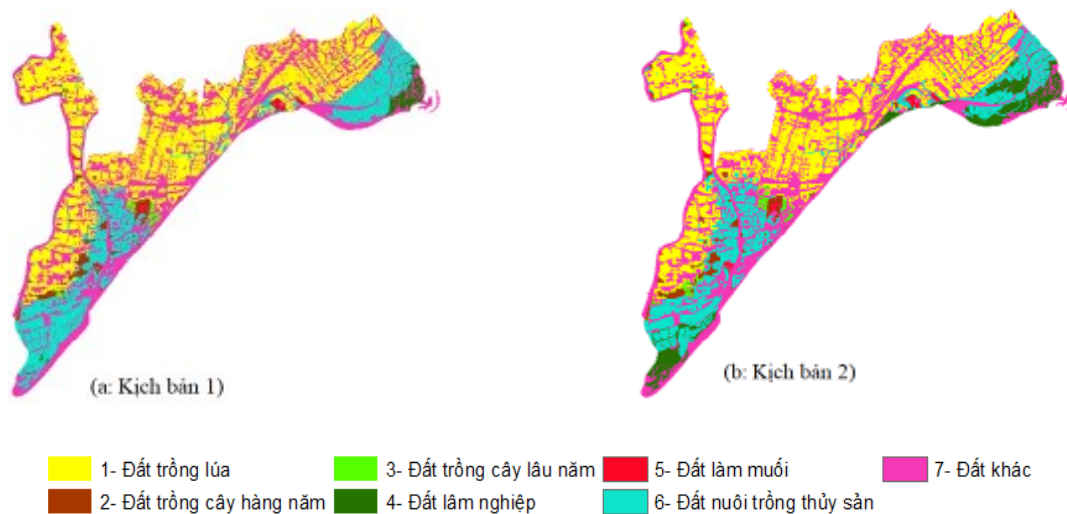
Kết quả mô hình dự báo theo hai kịch bản đến năm 2030: Mô hình CLUMondo được vận hành với những tham số thiết lập theo 2 kịch bản để dự báo sự phân bố không gian của các LUT. Nguyên lý vận hành của mô hình là tính toán xác suất chuyển đổi (theo công thức 1, sử dụng hệ số tương quan ở Bảng 4 và các bản đồ vị trí). Sau đó, mô hình sử dụng thông tin từ Bảng 5 để đưa ra ngưỡng mục tiêu lựa chọn những vị trí có xác suất chuyển đổi cao nhất với ràng buộc của yếu tố kháng chuyển đổi (nếu có). Kết quả mô phỏng theo hai kịch bản khác nhau được trình bày trong hình 8.



Hình 7. Bản đồ sử dụng đất nông nghiệp khu vực ven biển tỉnh Nam Định năm 2019

Bảng 4. Tỷ lệ chuyển đổi theo kịch bản quản lý sử dụng đất cho năm 2030

Loại hình SDD	Kịch bản 1 (baseline)	Kịch bản 2 (theo định hướng quy hoạch)
LUC	-0,8	-0,8
BHK	4,3	4,3
CLN	390,0	390,0
RPH	-2,4	4,0
NTS	-2,8	-2,8
LMU	10,2	10,2
Đất khác	0,9	0,9



Hình 8. Bản đồ SDD nông nghiệp khu vực ven biển tỉnh Nam Định năm 2030 dự báo bằng mô hình CLUMondo

Hình 8a là kết quả của kịch bản có SDD như hiện nay; hình 8b là kết quả của kịch bản theo định hướng quy hoạch, với giả thiết khả năng thay đổi xảy ra tích cực như mục tiêu QLDD - môi trường tổng hợp. Như vậy, theo kịch bản này, diện tích rừng được bảo vệ nghiêm ngặt và có xu thế tăng lên đều đặn qua các năm. Trong khi đó, sự chuyển đổi của những loại đất khác diễn ra theo hướng thâm canh, tăng giá trị sản xuất nông nghiệp. Mục tiêu cụ thể đặt ra trong chiến lược phát triển của địa phương là khuyến khích phát triển NTS, mở rộng vùng trồng rau quả và cây lâu năm (cây thuốc, cây ăn quả và cây cảnh) có giá trị kinh tế cao. Kết quả thống kê từ bảng thuộc tính của bản đồ được trình bày bảng 5.

Theo bảng 5, dự báo từ năm 2019 đến 2030 ở kịch bản 1 có biến động đáng kể nhất là diện

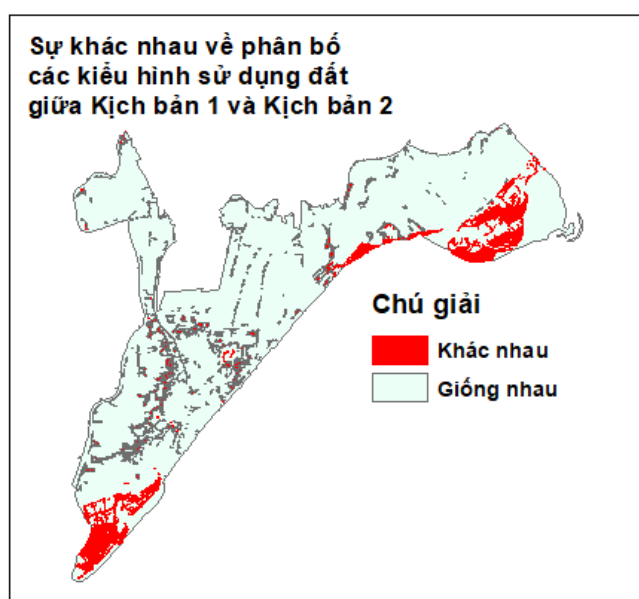
tích đất trồng lúa giảm từ 41,21% xuống 38,00% và diện tích NTS tăng từ 13,55% lên 19,81%. Xu thế xảy ra cũng tương tự ở kịch bản 2 nhưng diện tích lúa giảm nhiều hơn, xuống chỉ còn 35,58%; trong khi đó diện tích nuôi trồng thủy sản lại tăng ít hơn, chỉ có 17,43%. Sự chênh lệch lớn này chính là do một phần lớn diện tích đất NTS được chuyển thành đất lâm nghiệp.

3.4. Tác động của chính sách tới biến động sử dụng đất nông nghiệp

Để thấy rõ sự khác biệt, chúng tôi chồng xếp bản đồ SDD năm 2030 của hai kịch bản với nhau. Kết quả thể hiện trong Hình 9, trong đó màu đỏ đậm là những khu vực có sự khác biệt nhau giữa hai bản đồ. Phần khác biệt nhiều nhất xảy ra trên đất lâm nghiệp ở huyện Giao Thủy và huyện Nghĩa Hưng.

Bảng 5. Diện tích (ha) và biến động các loại sử dụng đất nông nghiệp năm 2005-2019

Loại đất	2019		2030			
	Diện tích	Tỉ lệ	Kịch bản 1		Kịch bản 2	
			Diện tích	Tỉ lệ	Diện tích	Tỉ lệ
LUC	30.849,42	41,21	27.819,42	38,00	26.047,34	35,58
BHK	1.211,81	1,62	1.541,39	2,11	1.560,91	3,13
CLN	480,44	0,64	835,54	1,14	829,86	1,13
RPH	2.866,07	3,83	1.064,23	1,45	4.563,31	6,23
NTS	10.140,41	13,55	14.503,71	19,81	12.758,40	17,43
LMU	736,38	0,98	362,81	0,50	364,15	0,50
Đất khác	28.579,48	38,18	27.090,94	37,00	27.093,38	37,00



Hình 9. Bản đồ thể hiện sự khác biệt giữa kết quả dự báo SDD nông nghiệp năm 2030 theo hai kịch bản

Kết hợp đối chiếu với bản đồ ở Hình 8 cho thấy chi tiết suy giảm diện tích đất trồng lúa từ 2019 đến 2030 là do chuyển đổi sang đất NTS, trồng cây màu và cây lâu năm. Với kịch bản 2, khu NTS được mở rộng vào phía trong đất trồng lúa (thuộc huyện Nghĩa Hưng) nhiều hơn kịch bản 1. Tuy nhiên, một phần lớn diện tích NTS nước lợ (thuộc Giao Thủy và Nghĩa Hưng) lại chuyển sang đất lâm nghiệp ở kịch bản 2. Do đó, tổng diện tích NTS ở kịch bản 1 vẫn tăng lên nhiều hơn so với kịch bản 2.

Như vậy, chính sách QLDD tổng hợp với mục tiêu tăng diện tích đất rừng phòng hộ chính là một nguyên nhân quan trọng làm thay đổi sự

phân bố của những khu vực NTS hiện nay. Do chính sách này nên hầu như toàn bộ khu vực NTS nước lợ xen kẽ các bãi bồi xung quanh rừng phòng hộ buộc phải chuyển thành rừng ngập mặn để đáp ứng mục tiêu tăng diện tích rừng đều đặn hàng năm.

Chính sách thúc đẩy sản xuất nông nghiệp giá trị cao cũng là nhân tố chính cho sự thay đổi phân bố không gian của đất trồng lúa, NTS nước ngọt và canh tác rau màu. Bản đồ dự báo theo kịch bản 2 cho thấy nhiều khu vực đất ven sông được chuyển sang trồng cây màu hàng năm. Đây cũng là một xu thế đã và đang xảy ra do thực trạng canh tác cây màu mang lại nguồn

thu cao hơn hẳn trồng lúa. Đặc biệt, xu thế tập trung trồng cây thuốc, cây ăn quả và cây cảnh cũng đang thể hiện tiềm năng cạnh tranh lớn hơn nhiều so với các loại vườn tạp trước đây.

Chính sách tăng diện tích rừng mang lại nhiều giá trị sinh thái quan trọng nhưng hậu quả sẽ đẩy các khu NTS vào phía trong nội đồng, chiếm diện tích đất trồng lúa. Từ đó nảy sinh yêu cầu cân đối giữa sự phát triển giữa sản xuất lương thực và thủy sản. Giải pháp phát triển mô hình thủy sản sinh thái (tôm, cua, ngao) trong rừng ngập mặn cũng là một hướng đi phù hợp để vừa bảo vệ rừng nhưng vẫn tạo nguồn thu ổn định cho cộng đồng sống bằng nghề thủy sản.

4. KẾT LUẬN

Mô hình CLUMondo được ứng dụng để dự báo xu thế biến động SĐĐ nông nghiệp theo hai kịch bản giả định. Mô hình vận hành theo kịch bản 1 (giả thiết chính sách quản lý và xu thế chuyển đổi như hiện tại) cho kết quả dự báo đến năm 2030 diện tích lúa nước giảm tới 38%, NTS tăng lên 19,81% và diện tích đất lâm nghiệp chỉ còn 1,45%. Trong khi đó, kết quả mô hình theo kịch bản 2 (giả thiết chính sách quản lý và sự chuyển đổi diễn ra theo định hướng quy hoạch của tỉnh) cho thấy các loại đất lâm nghiệp và cây hàng năm tăng lên đáng kể so với kịch bản 1. Về mặt phân bố không gian, sự thay đổi còn thể hiện ở sự khác biệt đáng kể với kịch bản 2 khi khu NTS được mở rộng vào phía trong đất trồng lúa và phần lớn diện tích NTS nước lợ (thuộc Giao Thủy và Nghĩa Hưng) lại chuyển sang đất lâm nghiệp. Đồng thời tải lượng TN rửa trôi từ canh tác nông nghiệp cũng tăng cao theo kịch bản 2.

Kết quả phân tích kịch bản cho thấy chính sách QLĐĐ tổng hợp với mục tiêu tăng diện tích đất rừng phòng hộ là một nguyên nhân quan trọng làm thay đổi sự phân bố của những khu vực NTS hiện nay. Chính sách thúc đẩy sản xuất nông nghiệp giá trị cao cũng là nhân tố chính dẫn tới thay đổi diện tích đất trồng lúa, NTS nước ngọt và canh tác rau màu. Diện tích rừng tăng lên mang lại nhiều giá trị sinh thái

quan trọng nhưng hậu quả sẽ đẩy các khu NTS vào phía trong nội đồng, chiếm một phần diện tích đất trồng lúa. Vì vậy, chính sách thúc đẩy phát triển sản xuất thâm canh cần thiết phải được xây dựng một cách đồng bộ có sự cân đối giữa phát triển sản xuất lương thực và nuôi trồng thủy sản. Sự cân đối này là cơ sở để đảm bảo phát triển bền vững cho địa phương với sự thỏa mãn đồng thời mục tiêu an toàn lương thực và thích ứng với biến đổi khí hậu, duy trì dịch vụ sinh thái môi trường.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này thực hiện theo Đề tài ĐTKHCN.WB.03/20/SAHEP-VNUA do dự án SAHEP-VNUA tài trợ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Arunyawat S. & Shrestha R.P. (2018). Simulating future land use and ecosystem services in Northern Thailand. *Journal of Land Use Science*. 13(1-2): 146-165. Doi:10.1080/1747423X.2018.1496157.
- Beck J.R. & Shultz E. (1986). The use of relative operating characteristic (ROC) curves in test performance evaluation. *Arch Pathol Lab Med*. 110: 13-20. ISSN: 0003-9985.
- Bousquet F. & Le Page C. (2004). Multi-agent simulations and ecosystem management: a review. *Ecological Modelling*. 176(3): 313-332. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2004.01.011>.
- Couclelis H. (2005). "Where has the Future Gone?" Rethinking the Role of Integrated Land-Use Models in Spatial Planning. *Environment and Planning A: Economy and Space*. 37(8): 1353-1371. Doi:10.1068/a3785.
- Fawcett T. (2004). ROC Graphs: Notes and Practical Considerations for Researchers. Palo Alto.
- Jensen J.R. & Lulla K. (1987). Introductory digital image processing: A remote sensing perspective. *Geocarto International*. 2(1): 65-65. Doi:10.1080/10106048709354084.
- Jensen R.J. (1995). Introductory Digital Image Processing -A remote sensing perspective. Prentice Hall. New Jersey.
- Landis J.R. & Koch G.G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*. 33(1): 159-74.
- Nguyễn Thị Phương Hoa, Ngô Thế Ân & Lê Thị Giang (2020a). Các yếu tố ảnh hưởng đến biến động sử

- dụng đất nông nghiệp vùng ven biển tỉnh Nam Định. Tạp chí Khoa học Đất. 60: 82-87.
- Nguyễn Thị Phương Hoa, Ngô Thế Ân & Lê Thị Giang (2020b). Xác định biến động sử dụng đất nông nghiệp vùng ven biển tỉnh Nam Định giai đoạn 2005 - 2019 bằng công nghệ viễn thám và GIS. Tạp chí Khoa học Đất. 58: 110-116.
- Ornetsmüller C., Verburg P.H. & Heinimann A. (2016). Scenarios of land system change in the Lao PDR: Transitions in response to alternative demands on goods and services provided by the land. *Applied Geography*. 75: 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2016.07.010>.
- UBND tỉnh Nam Định (2020). Quyết định 1730/QĐ-UBND tỉnh Nam Định về việc phê duyệt Quy hoạch xây dựng vùng huyện Giao Thủy, Hải Hậu, Nghĩa Hưng đến năm 2030, tầm nhìn 2050.
- van Asselen S. & Verburg P.H. (2013). Land cover change or land-use intensification: simulating land system change with a global-scale land change model. *Global Change Biology*. 19: 3648. Doi:10.1111/gcb.12331.
- 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. *Applied Geography*. 26(2): 153-173. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2005.11.005>.
- Verburg P.H. & Veldkamp A. (2004). Projecting land use transitions at forest fringes in the Philippines at two spatial scales. *Landscape Ecology*. 19(1): 77-98. Doi:10.1023/B:LAND.0000018370.57457.58.