



Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ

Số chuyên đề: Môi trường và Biến đổi khí hậu

website: [ctujsvn.ctu.edu.vn](http://ctujsvn.ctu.edu.vn)



DOI:10.22144/ctu.jsi.2021.055

## MÔ HÌNH HÓA SỰ THAY ĐỔI SỬ DỤNG ĐẤT DỰA TRÊN LỰA CHỌN ĐA TIÊU CHÍ: TRƯỜNG HỢP NGHIÊN CỨU Ở HUYỆN TRẦN ĐỀ, TỈNH SÓC TRĂNG

Trương Chí Quang<sup>1\*</sup>, Nguyễn Thị Kim Loan<sup>2</sup>, Lê Vũ Bằng<sup>1</sup>, Phạm Thanh Vũ<sup>1</sup> và Nguyễn Hồng Thảo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Khoa Môi trường và Tài nguyên Thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ

<sup>2</sup>Văn phòng Đăng ký đất đai huyện Châu Thành A, Hậu Giang

<sup>3</sup>Trường Cao đẳng Kinh tế Kỹ thuật Cần Thơ

\*Người chịu trách nhiệm về bài viết: Trương Chí Quang (email: [tcquang@ctu.edu.vn](mailto:tcquang@ctu.edu.vn))

### Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 12/04/2021

Ngày nhận bài sửa: 12/10/2021

Ngày duyệt đăng: 15/11/2021

### Title:

Modeling land-use changes based on the multi-criteria analysis approach: A case study in Tran De district, Soc Trang province

### Từ khóa:

Đánh giá đa tiêu chí, GAMA, mô hình đa tác tử, thay đổi sử dụng đất, Trần Đề

### Keywords:

Agent-based model, Multi-criteria analysis, land-use change, Tran De, GAMA

### ABSTRACT

Changes in using agricultural land pose challenges for land managers in terms of ensuring the implementation of local land-use plans. The paper aims to build a land-use change model for simulating land-use changes under the impacts of socio-economic and environmental factors. The model was built based on Agent-based modeling approach using GAMA software. In which the land-use decision-making process is based on the multi-criteria selection that the main factors were land suitability, land convertibility, land-use situation of neighbors, and profitability of land-use patterns. The input data for simulation were the land-use maps in 2010, 2015 and 2020 of Tran De district, Soc Trang province. A new model was built and has been calibrated using land-use map in 2015 (with Kappa = 0.71). The model has been verified with the land use map in 2020 with the simulation error percentage, nRMSE, which was 5.2%. The simulated results showed that rice land tends to change to rice-vegetable, specialized crops and perennial fruit trees to respond to climate in 2030. The case study showed that the model is an essential tool for helping land managers and farmers to build adaptive land-use plans.

### TÓM TẮT

Sự thay đổi hiện trạng sử dụng đất nông nghiệp đặt ra cho công tác quản lý đất đai nhiều thách thức trong việc đảm bảo thực hiện các kế hoạch sử dụng đất của địa phương. Bài viết nhằm xây dựng mô hình mô phỏng sự thay đổi sử dụng đất dưới tác động của các yếu tố kinh tế, xã hội và môi trường. Phương pháp xây dựng mô hình dựa trên tiếp cận mô hình hóa đa tác tử (agent-based modeling) trên phần mềm GAMA. Trong đó quá trình ra quyết định sử dụng đất dựa trên phân tích đa tiêu chí với các tiêu chí chính bao gồm tỷ lệ kiểu sử dụng đất ở các ô lân cận, thích nghi đất đai, lợi nhuận và mức độ thuận lợi khi chuyển từ kiểu hiện tại sang loại khác. Dữ liệu đầu vào để mô phỏng là bản đồ sử dụng đất các năm 2010, 2015 và 2020 của huyện Trần Đề, tỉnh Sóc Trăng. Kết quả nghiên cứu đã xây dựng được mô hình mô phỏng sự thay đổi sử dụng đất nông nghiệp và đã được hiệu chỉnh bản đồ sử dụng đất năm 2015 (với Kappa = 0,71). Mô hình đã được kiểm chứng với bản đồ sử dụng đất năm 2020 với tỷ lệ sai số mô phỏng (nRMSE) là 5,2%. Kết quả mô phỏng cho thấy đất lúa có xu hướng chuyển đổi sang đất trồng lúa - rau màu, chuyên màu, cây ăn quả lâu năm để thích ứng với điều kiện khí hậu năm 2030. Từ kết quả nghiên cứu đã cho thấy mô hình là một công cụ hiệu quả giúp người quản lý đất đai và nông dân xây dựng kế hoạch sử dụng đất.

## 1. GIỚI THIỆU

Công tác quản lý tài nguyên đất đai cần thiết có các công cụ chuyên dụng trong dự tính, dự báo sự thay đổi sử dụng đất nhằm trợ giúp nhà quản lý xây dựng và thử nghiệm các tình huống sử dụng đất và đưa ra quyết định. Trong đó điển hình như các nghiên cứu của Phạm Lê Mỹ Duyên và ctv (2012) về đánh giá sự thay đổi các hệ thống sử dụng đất đai dưới tác động của biến đổi khí hậu và nước biển dâng ở huyện Vĩnh Châu tỉnh Sóc Trăng; nghiên cứu của Nguyễn Thị Hồng Điệp và ctv (2015) về đánh giá tác động của xâm nhập mặn đến năm 2030 và 2050 đến sử dụng đất đai dựa trên phương pháp GIS. Tuy nhiên các nghiên cứu không cho thấy mức độ ảnh hưởng đến sự lựa chọn kiểu sử dụng đất phù hợp với một hiện trạng sử dụng đất để phục vụ công tác lập kế hoạch.

Trong những năm gần đây, các nghiên cứu ứng dụng mô hình Markov trong dự báo sử dụng đất đã được ứng dụng nhiều ở Việt Nam (Vũ Minh Tuấn và ctv, 2011; Phan Hoàng Vũ và ctv., 2017), một số kết hợp Markov và Cellular Automata (Trương Chí Quang và ctv., 2015) để bố trí không gian kết quả dự báo. Tuy nhiên, mô hình Markov không xét đến yếu tố tác động đến sự thay đổi mà chỉ xét đến lịch sử thay đổi mà chỉ dựa trên diện tích thay đổi qua các năm để xây dựng ma trận xác suất chuyển đổi giữa các loại đất nên việc dự báo chỉ mang tính vĩ mô. Ngoài ra việc chồng lớp xác định ma trận xác suất chuyển đổi gặp nhiều khó khăn khi nguồn dữ liệu không đồng nhất dẫn đến các sai lệch trong mô phỏng (Trương Chí Quang và ctv, 2015). Trong khi đó, sự biến đổi của lớp phủ mặt đất hoặc hiện trạng sử dụng đất là một trong những đối tượng phụ thuộc rất nhiều vào sự tác động của các yếu tố bên ngoài, đặc biệt là yếu tố môi trường và kinh tế - xã hội.

Xem xét các nghiên cứu liên quan đến tiêu chí ảnh hưởng đến lựa chọn kiểu sử dụng đất, các nghiên cứu trước đây đã đóng góp tích cực trong việc tìm ra nguyên nhân sự thay đổi sử dụng đất đai (Lambin, 2007) trong đó lợi nhuận, sự thích nghi đất đai đóng vai trò quan trọng. Các tiêu chí tác động của các tác giả cũng đã được tổng hợp trong nghiên cứu của Trương Chí Quang và ctv. (2016). Đặc biệt, ở vùng Đồng bằng sông Cửu Long, Phạm Thanh Vũ và ctv (2013) và Lê Quang Trí và ctv (2008) đã chỉ ra các yếu tố về sự tương đồng của các kiểu sử dụng và sự ảnh hưởng của cộng đồng (theo “phong trào”) đóng vai trò tác động đến việc quyết định kiểu sử dụng.

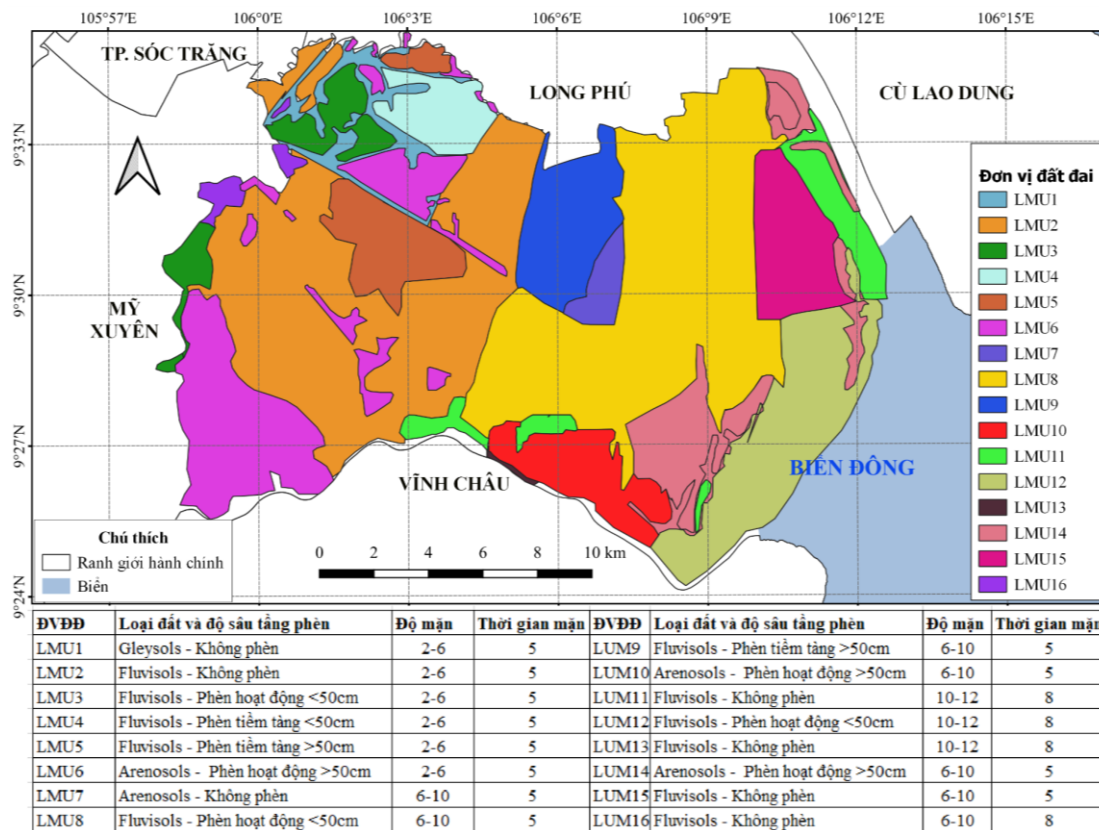
Về mặt ứng dụng mô hình hóa, Taillandier et al. (2012) đã đề xuất xây dựng thay đổi kiểu sử dụng đất như một bài toán phân tích đa tiêu chí. Đối với mỗi ô đất trên bản đồ, người nông dân chọn thay đổi cây trồng theo đánh giá ở cấp độ trang trại theo nhiều tiêu chí về rủi ro tài chính, dự kiến thu nhập, khối lượng công việc và thói quen của nông dân. Ở Việt Nam, các mô hình chuyển đổi sử dụng đất đã được áp dụng ở các vùng miền núi phía Bắc Việt Nam (Castella et al., 2005) và ở các khu vực trung du miền núi (Le et al., 2010). Ở Đồng bằng sông Cửu Long, Trương et al., (2016) cho thấy sự quan tâm của việc sử dụng mô hình đa tác tử nghiên cứu sự thay đổi sử dụng đất trên quy mô nhỏ tại cấp độ xã dựa trên nhiều yếu tố với mức chi tiết đến hiện trạng từng thửa đất. Tuy nhiên mức chi tiết điều này không hiệu quả khi áp dụng ở phạm vi rộng như cấp tỉnh và toàn vùng.

Từ kết quả nghiên cứu các nguyên nhân thay đổi sử dụng đất cho thấy việc lựa chọn kiểu sử dụng đất đai là một quyết định phức tạp dựa trên phân tích nhiều yếu tố kinh tế, xã hội, môi trường đất và nước. Mục tiêu của nghiên cứu này là xây dựng một mô hình mô phỏng sự thay đổi hiện trạng sử dụng đất dựa trên mô hình đa tác tử có hiệu chỉnh và kiểm chứng. Đồng thời nghiên cứu sử dụng kết quả mô phỏng thay đổi hiện trạng sử dụng đất từ mô hình đã xây dựng nhằm tìm ra xu hướng thay đổi cho tương lai và đánh giá khả năng thích ứng với kịch bản thay đổi điều kiện tự nhiên do biến đổi khí hậu. Mô hình được ứng dụng ở phạm vi cấp huyện với trường hợp nghiên cứu ở huyện Trần Đề, tỉnh Sóc Trăng.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Phương pháp thu thập số liệu

Phương pháp xây dựng mô hình mô phỏng sự thay đổi hiện trạng sử dụng đất dựa trên mô hình đa tác tử và phương pháp lựa chọn kiểu sử dụng cho từng tác tử dựa trên đánh giá đa tiêu chí. Dữ liệu đầu vào của mô hình bao gồm các lớp bản đồ hiện trạng sử dụng đất huyện Trần Đề năm 2010, 2015 và 2020 được thu thập từ dữ liệu kết quả kiểm kê huyện Trần Đề các năm tương ứng. Các lớp hiện trạng này được dùng để khởi tạo các ô đất (hiện trạng 2010), hiệu chỉnh tham số mô hình (hiện trạng 2015) và kiểm định kết quả mô phỏng (hiện trạng 2020). Bên cạnh đó lớp bản đồ đơn vị đất đai của huyện năm 2010 và ma trận thích nghi đất đai kế thừa từ nghiên cứu của Thao & Trung (2018) (Hình 1, Bảng 1) để tính toán giá trị thích nghi đất đai trong hàm đánh giá đa tiêu chí.



Hình 1. Bản đồ đơn vị đất đai huyện Trần Đề, tỉnh Sóc Trăng năm 2010

Bảng 1. Phân cấp thích nghi đất đai huyện Trần Đề, Sóc Trăng

Đơn vị đất đai	Cấp thích nghi					Diện tích (ha)
	LUC	LUK	BHK	NTS	CLN	
LMU1	N	N	S3	N	S1	164,00
LMU2	S1	S2	S1	N	S3	6.414,50
LMU3	S2	S2	S3	N	N	929,75
LMU4	S1	S2	S2	N	N	811,25
LMU5	S1	S2	S2	N	N	1.218,25
LMU6	S2	S2	S3	N	N	3.204,00
LMU7	S3	S3	S2	N	N	413,00
LMU8	S2	S2	S3	N	N	6.615,25
LMU9	S2	S2	S2	N	N	1.471,75
LMU10	N	N	N	S1	N	1.199,50
LMU11	N	N	N	S1	S2	766,25
LMU12	N	N	N	S2	N	2.505,75
LMU13	N	N	N	S1	N	140,50
LMU14	S2	S2	S2	S2	N	1.614,50
LMU15	S2	S2	S2	S2	S1	1.177,75
LMU16	S3	S3	S3	S2	N	184,25

Ghi chú: LUC: Chuyên lúa, LUK: Lúa - màu, BHK: Chuyên màu, NTS: Thủy sản; CLN: Cây lâu năm.

Lợi nhuận của các kiểu sử dụng đất dựa trên kết quả điều tra nông hộ đối với các kiểu sử dụng đất (Nguyễn Hồng Thảo và ctv, 2019). Trong đó lợi

nhuận của tôm là cao nhất (389 triệu đồng/ha), tiếp theo là cây ăn quả (294 triệu đồng/ha), cây hàng năm (180 triệu đồng/ha), lúa-màu (64 triệu đồng/ha).

Loại hình lúa 2 vụ cho lợi nhuận thấp nhất với 34 triệu đồng/ha.

Để nghiên cứu sự thay đổi hiện trạng sử dụng đất cho đến năm 2030 dưới tác động của biến đổi khí hậu (Nước biển dâng), nghiên cứu sử dụng dữ liệu đầu vào bổ sung cho mô hình là bản đồ kịch bản xâm nhập mặn do mực nước biển dâng (SLR) trong điều kiện bình thường vào năm 2030 (Hien et al., 2016).

**2.2. Phương pháp thiết kế mô hình**

Phương pháp thiết kế mô hình dựa trên mô hình hóa đa tác tử (agent-based modeling) trên hệ nền mô phỏng GAMA (Taillandier et al., 2019). Đây là phần mềm cung cấp nhiều công cụ mạnh mẽ để hỗ trợ phát triển các mô hình dựa trên các tác tử, đặc biệt là khả năng tích hợp dữ liệu GIS phức tạp với giao diện thiết kế trực quan.

**2.3. Phương pháp lựa chọn kiểu sử dụng theo đánh giá đa tiêu chí**

Nghiên cứu đã xác định cho việc lựa chọn kiểu sử dụng đất dựa trên đánh giá đa tiêu chí theo cách tiếp cận của Taillandier et al. (2012). Các tiêu chí được chọn lọc từ các tiêu chí ảnh hưởng đến sự thay đổi sử dụng đất đã phân tích (Lambin, 2007; Phạm Thanh Vũ và ctv, 2013) cho trường hợp nghiên cứu gồm 4 tiêu chí:

- *Sự thích nghi đất đai*: Tiêu chí này thể hiện sự thích nghi của một loại đất dùng cho một môi trường cụ thể. Khi nào điều kiện môi trường thay đổi, mức độ thích nghi các loại sử dụng đất cũng thay đổi. Đánh giá mức độ thích nghi đất đai được thực hiện theo đúng quy trình đánh giá đất đai của FAO (FAO,1976). Mức độ thích nghi của đất dựa trên các đặc điểm của đất, nước, địa hình và hiện trạng che phủ đất và được phân thành 4 cấp: S1: Thích nghi cao; S2: Thích nghi; S3: Thích nghi kém và N: Không thích nghi. Các mức thích thi được chuẩn hóa ứng với 0: Không thích nghi và 1: Thích nghi cao.

- *Mức độ dễ chuyển đổi*: Tiêu chí này đo lường mức độ thuận lợi của việc chuyển đổi từ kiểu sử dụng đất hiện tại sang kiểu sử dụng đất khác (Bảng 2). Trong các hệ thống canh tác, việc chuyển đổi từ loại hình này sang loại hình khác phụ thuộc mức tương quan giữa các kiểu canh tác. Chẳng hạn chuyển đổi như từ tằm sang trồng cây ăn quả rất khó xảy ra, bên cạnh đó việc chuyển đổi từ loại hình ao nuôi tằm thâm canh sang trồng lúa sẽ không khả thi. Mức độ dễ chuyển đổi được mã hóa theo thang liker với 5 cấp (0, 0,25, 0,5, 0,75, 1) trong đó giá trị 0 là không thể chuyển đổi và 1 dễ dàng chuyển đổi. Trong nghiên cứu này, mức độ dễ chuyển đổi được xác định dựa vào mức độ tương đồng giữa các kiểu canh tác.

- *Tỷ lệ KSD của các ô lân cận*: Tỷ lệ kiểu sử dụng đất ứng viên ở lân cận ảnh hưởng đến lựa chọn trong việc quyết định chọn loại hình. Tỷ lệ KSD ứng viên của các ô lân cận càng nhiều thì KSD có ảnh hưởng lớn đến việc lựa chọn cho ô đang xét.

Giá trị tỷ lệ KSD của các ô lân cận được tính dựa trên cấu trúc liên kết Moore 8 ô cho từng kiểu sử dụng đất. Đối với mỗi ô, giá trị của từng kiểu sử dụng đất được tính theo tỷ lệ của loại ô lân cận đó.

- *Lợi nhuận*: Lợi nhuận của KSD một trong những nguyên nhân dẫn đến việc chuyển đổi mục đích sử dụng đất. Yếu tố này góp phần vào các yếu tố quyết định khi thể hiện được các mong muốn của người dân khi lựa chọn KSD nhằm nâng cao thu nhập.

Ở mỗi bước mô phỏng (1 bước mô phỏng đại diện cho 1 năm), mỗi ô sẽ có khả năng thay đổi kiểu sử dụng đất của mình. Trước tiên mỗi ô sẽ đánh giá sự thuận lợi của việc chuyển đổi từ kiểu hiện tại sang từng kiểu sử dụng đất ứng viên bằng cách sử dụng phương trình trọng số của 4 tiêu chí (Phương trình 1) và sau đó chọn kiểu sử dụng đất tối ưu hóa.

$$Khả\ năng\ chuyển\ đổi\ (LUT_i, LUT_j) = \frac{W_{LC}C_{LC} + W_{TN}C_{TN} + W_{LN}C_{LN} + W_{TL}C_{TL}}{W_{LC} + W_{TN} + W_{LN} + W_{TL}} \tag{1}$$

Trong đó:

- $LUT_i$ : Kiểu sử dụng hiện tại của ô đất thuộc 1 trong các kiểu LUC, LUK, BHK, NTS, CLN.

- $LUT_j$ : Kiểu sử dụng đất ứng viên. Với  $LUT_j$  lần lượt là LUC, LUK, BHK, NTS, CLN.

- $C_{LC}, C_{TN}, C_{LN}, C_{TL}$ : Giá trị các tiêu chí của ô đất với kiểu sử dụng đất  $LUT_j$  gồm chỉ số tỷ lệ các ô lân cận (LC) là  $LUT_j$ , Sự thích nghi về đất đai (TN) của ô đất với  $LUT_j$ , Lợi nhuận (LN) của  $LUT_j$ , Sự thuận lợi chuyển đổi (TL) từ kiểu  $LUT_i$  sang  $LUT_j$

- $W_{LC}, W_{TN}, W_{LN}, W_{TL}$ : Trọng số của tiêu chí  $C_{LC}, C_{TN}, C_{LN}, C_{TL}$ .

**Bảng 2. Mức độ dễ chuyển đổi kiểu sử dụng đất**

Kiểu sử dụng	Chuyên lúa	Lúa màu	Chuyên màu	Nuôi thủy sản	Cây lâu năm
Chuyên lúa	1,00	1,00	0,75	0,00	0,50
Lúa màu	1,00	1,00	0,50	0,00	1,00
Chuyên màu	0,00	0,50	1,00	0,00	0,50
Nuôi thủy sản	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
Cây lâu năm	0,00	0,00	0,00	0,25	1,00

Ghi chú: 0,00: Không tương đồng, không thể chuyển đổi; 1,00: Tương đồng, dễ dàng chuyển đổi.

**2.4. Phương pháp kiểm định kết quả mô phỏng**

Diện tích mô phỏng từ mô hình được tính toán lại theo từng hiện trạng và so sánh với dữ liệu diện tích thực tế theo giá trị sai số trung phương RMSE (Root mean square error) theo Kenney and Keeping (1962) như phương trình (2). RMSE đại diện cho mức độ khác biệt giữa giá trị kết quả ước đoán của một mô hình với giá trị thực tế quan sát được. Chỉ số đánh giá này được Hyndman and Koehler (2006) khuyến cáo sử dụng trong đánh giá sai số của giá trị không âm.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^T (dt_{tt} - dt_{mp})^2}{T}} \quad (2)$$

Trong đó:  $dt_{mp}$  là diện tích hiện trạng mô phỏng của mô hình;  $dt_{tt}$  là diện tích hiện trạng loại đất thống kê thực tế; T là số kiểu sử dụng đất mô phỏng.

Chỉ số nRMSE được sử dụng để đánh giá tỷ lệ phần trăm sai số mô phỏng so với trung bình quan sát thực tế của so với giá trị trung bình.

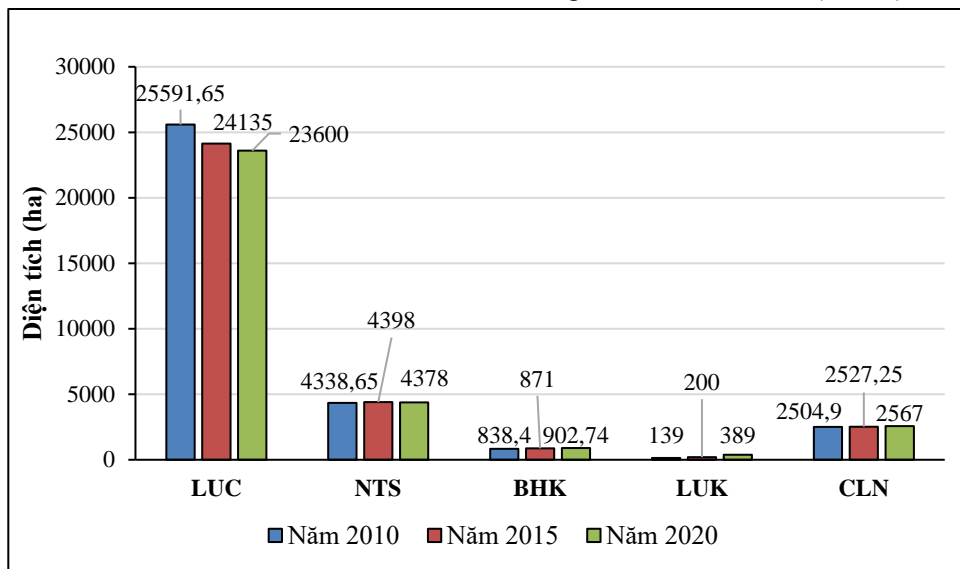
$$nRMSE = \frac{RMSE}{dt_{tb}} \quad (3)$$

Trong đó: RMSE sai số trung phương giữa diện tích mô phỏng và thực tế;  $dt_{tb}$  là diện tích trung bình thực tế. nRMSE gần 0 cho thấy mô hình mô phỏng tốt giá trị quan sát (Jacovides & Kontoyiannis, 1995). Kết quả mô phỏng có thể được coi là rất tốt nếu nRMSE nhỏ hơn 0,1, tốt nếu từ 0,1 đến 0,2; khá nếu từ 0,2 đến 0,3% và kém nếu lớn hơn 0,3 (Ruijven et al., 2010).

**3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN**

**3.1. Tình hình thay đổi hiện trạng sử dụng đất**

Để phân tích sự chuyển đổi giữa các kiểu sử dụng đất trong lịch sử, diện tích các kiểu sử dụng đất giai đoạn 2010-2020 được phân tích qua các mốc thời gian 2010, 2015, 2020 (Hình 2).



**Hình 2. Diện tích đất sản xuất nông nghiệp các năm 2010, 2015 và 2020**

Diện tích đất nông nghiệp trong giai đoạn 2010-2020 (Hình 2) cho thấy đất nông nghiệp ở Trần Đề ít có sự thay đổi do có hệ thống đê bao khép kín.

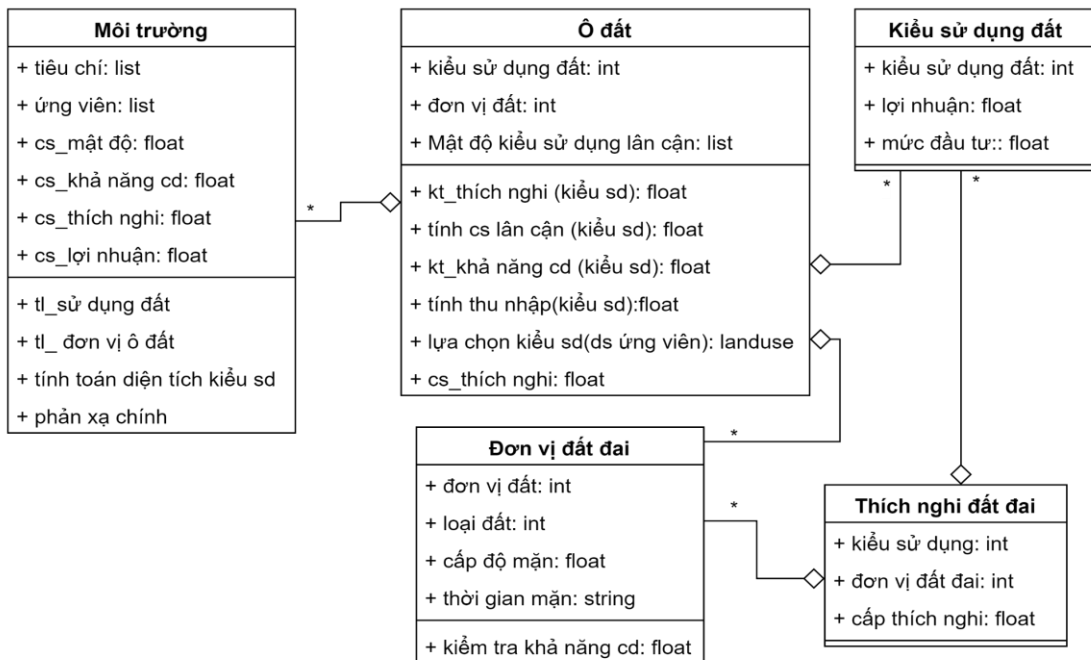
Biến động diện tích đất sản xuất nông nghiệp của huyện có xu hướng giảm diện tích đất chuyên lúa từ 25.591,65 ha năm 2010 xuống 23.135 ha năm 2015.

Năm 2020 kết quả kiểm kê cho thấy diện tích đất trồng lúa ở mức 23.600 ha. Diện tích đất trồng màu và trồng cây lâu năm tăng. Riêng với đất nuôi thủy sản ít có sự thay đổi do nằm trong hệ thống đê bao ngăn mặn. Từ đó, nghiên cứu nhận thấy được trong giai đoạn 10 năm (từ năm 2010) xu hướng thay đổi hiện trạng đất nông nghiệp huyện Trần Đề là chuyển đổi từ đất chuyên trồng lúa sang chuyên màu, lúa màu và cây lâu năm đối với vùng trong đê và canh tác thủy sản với vùng ngoài đê bao.

### 3.2. Xây dựng mô hình chuyển đổi kiểu sử dụng đất

Mô hình thay đổi sử dụng đất nông nghiệp được thiết kế trên GAMA theo thiết kế như Hình 3 gồm các tác tử (agent) Môi trường, Ô đất, Kiểu sử dụng đất, đơn vị đất đai, thích nghi đất đai. Trong đó tác

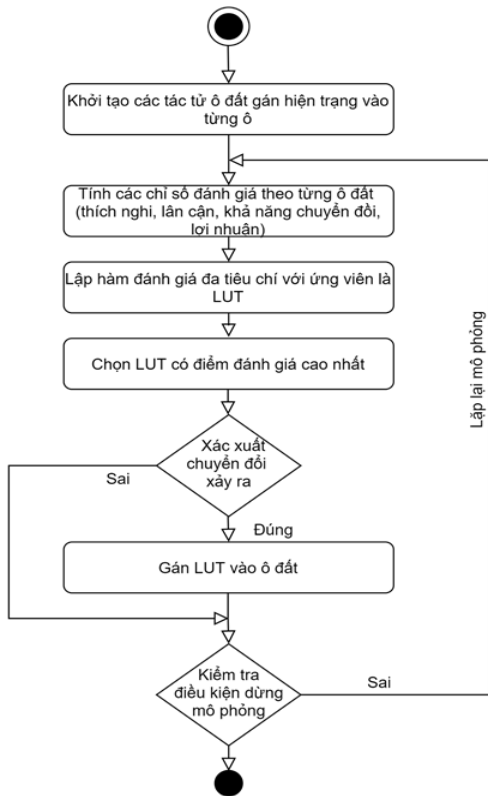
tử chính là các *Ô đất*. Mỗi *Ô đất* mang thuộc tính đại diện là kiểu sử dụng đất và thuộc một Đơn vị đất đai. Tác tử *Ô đất* thuộc vùng trong đê hoặc ngoài đê. Mức thích nghi của ô đất với các kiểu sử dụng đất và các đơn vị đất đai được xác định nhờ vào bảng phân cấp thích nghi. Mỗi ô đất cũng có một danh sách các ô lân cận. Hoạt động chính của các *Ô đất* là lựa chọn kiểu sử dụng đất thông qua quá trình phân tích đa tiêu chí. Tác tử *Môi trường* cung cấp các biến môi trường cho các hành động trong phạm vi toàn mô hình, điều khiển các tác tử hoạt động xét các tiêu chí chuyển đổi. Tác tử *đơn vị đất đai* cung cấp thông tin về loại đất, cấp độ mặn, thời gian xâm nhập mặn. Các đơn vị đất đai liên kết với các kiểu sử dụng đất để cung cấp mức độ thích nghi đất đai. Cuối cùng, tác tử *kiểu sử dụng đất* cung cấp các thuận lợi và chi phí thực hiện của từng kiểu sử dụng đất.



Hình 3. Sơ đồ lớp của các tác tử chính trong mô hình

Các kiểu sử dụng đất (LUT) chính được xác định trong bản đồ hiện trạng sử dụng đất của vùng nghiên cứu gồm: Đất chuyên trồng lúa (LUC), đất trồng cây hàng năm khác (BHK), đất trồng lúa - màu (LUK), đất trồng cây lâu năm (CLN) và đất nuôi thủy sản (NTS) các kiểu sử dụng này được xem là các ứng viên trong phân tích đa tiêu chí. Mỗi bước lập mô phỏng ứng với 1 năm. Quy tắc lựa chọn kiểu sử dụng đất cho từng ô đất trên bản đồ mô phỏng được xây dựng theo lưu đồ Hình 4. Bắt đầu ở mỗi bước lập, mô hình tính toán các chỉ số đánh giá cho từng *cell\_dat* gồm chỉ số mức độ thuận lợi chuyển

từ kiểu sử dụng hiện tại sang từng kiểu ứng viên, chỉ số tỷ lệ các ô đất lân cận của từng kiểu sử dụng ứng viên, giá trị thích nghi của ô đất với các kiểu sử dụng ứng viên, lợi nhuận của các kiểu sử dụng ứng viên. Sau đó mô hình gọi hàm đánh giá đa tiêu chí (phương trình 1) để tính điểm cho từng kiểu sử dụng ứng viên để chọn ra ứng viên có điểm số cao nhất để gán cho từng ô đang xét. Khi đó hiện thị của ô đất chuyển đổi sang kiểu sử dụng được chọn trên bản đồ mô phỏng.



**Hình 4. Lưu đồ lựa chọn và chuyển kiểu sử dụng đất của từng tác tử thửa đất**

Hàm đánh giá đa tiêu chí có thể xét tất cả các ô cùng chuyển đổi cùng do cùng chọn được kiểu sử dụng, để sự chuyển đổi tiến triển như thực tế, sử dụng hàm xác suất để xét xác suất chuyển đổi ứng với tỷ lệ chuyển đổi của các kiểu sử dụng hàng năm. Nếu hàm cho giá trị đúng thì ô đất sẽ chuyển sang kiểu sử dụng đã chọn, nếu không thì ô đất vẫn ở kiểu sử dụng cũ và đợi xét ở chu kỳ năm sau.

**3.3. Hiệu chỉnh và kiểm chứng mô hình**

**3.3.1. Hiệu chỉnh mô hình**

Hiệu chỉnh mô hình bằng cách thử nghiệm trọng số sao cho kết quả kết quả mô phỏng hiện trạng sử

dụng đất sai khác nhỏ nhất so với bản đồ hiện trạng sử dụng đất thực tế. Để hiệu chỉnh mô hình, nghiên cứu sử dụng thuật toán thử nghiệm lần lượt giá trị của các trọng số để tìm ra bộ trọng số tốt nhất ( $W_{LC}$ ,  $W_{TN}$ ,  $W_{LN}$ ,  $W_{TL}$  và xác suất chuyển đổi) bằng cách lựa ra bộ trọng số sao cho chỉ số Kappa giữa bản đồ mô phỏng và bản đồ hiện trạng thực tế vào năm 2015 là cao nhất. Mỗi giá trị tham số có thể thay đổi từ 0,1 đến 1 và với mỗi bước thay đổi là 0,1.

Kết quả hiệu chỉnh cho thấy bộ thông số cho các tiêu chí thích nghi đất đai, sự thuận lợi chuyển đổi, tỷ lệ kiểu sử dụng lân cận và lợi nhuận của kiểu sử dụng lần lượt là 0,6; 0,7; 0,8; 0,2. Tham số xác suất chấp nhận lựa chọn chuyển đổi giá trị tốt nhất là 0,12. Hệ số Kappa tốt nhất là 0,71 (Hình 5a). Trọng số các tiêu chí của hàm đánh giá tìm được cho thấy tỷ lệ cạnh tranh của các hộ lân cận, mức thích nghi đất đai và mức độ thuận lợi khi chuyển đổi giữa các kiểu sử dụng đóng vai trò quan trọng. Đối vùng nghiên cứu này, lợi nhuận mặc dù quan trọng nhưng có trọng số thấp (0,2) do các kiểu cạnh tranh lợi nhuận (Nuôi thủy sản) bị hạn chế bởi yếu tố thích nghi cho vùng ngoài đê nên không ảnh hưởng nhiều đến mô hình.

**3.3.2. Kiểm chứng kết quả mô phỏng**

Kết quả mô phỏng được so sánh với với số liệu kiểm kê sử dụng đất năm 2020 đánh giá kết quả mô phỏng so với thực tế hay không (Bảng 3). Kết quả kiểm chứng cho thấy diện tích đất chuyên trồng lúa lệch lớn nhất với -713 ha (sai lệch 3%) tức mức độ chuyển đổi trong mô hình cao hơn thực tế. Điều này cũng dẫn đến diện tích đất trồng cây hàng năm và cây lâu năm mô phỏng nhiều hơn thực tế. Dữ liệu mô phỏng còn sai lệch có thể do còn có yếu tố khác cản trở sự chuyển đổi đất lúa (ví dụ như nguồn vốn) mà mô hình chưa phân tích.

Kết quả tính tỷ lệ phần trăm sai số mô phỏng so với số liệu thực tế nRMSE lần lượt là 6,5% (Năm 2015) và 5,2% (Năm 2020), cho thấy kết quả mô phỏng rất tốt (nRMSE nhỏ hơn 10%) (Ruijven et al., 2010).

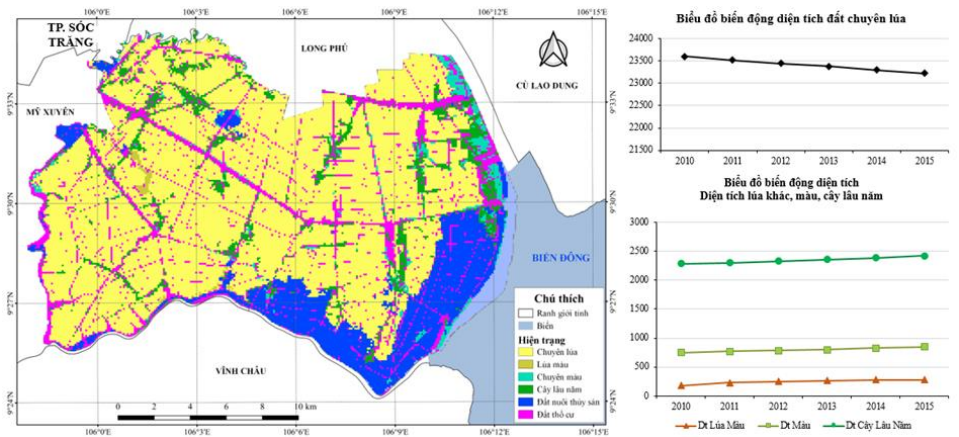
**Bảng 3. So sánh diện tích hiện trạng đất nông nghiệp năm 2015 và năm 2020**

Tên loại đất	Năm 2015			Năm 2020		
	Diện tích thực tế (ha)	Diện tích mô phỏng (ha)	Diện tích chênh lệch (ha)	Diện tích thực tế (ha)	Diện tích mô phỏng (ha)	Diện tích chênh lệch (ha)
Đất chuyên trồng lúa nước	24135	23225	-910	23600	22887	-713
Đất nuôi trồng thủy sản	4398	4478	80	4378	4523	145
Đất bằng trồng cây hàng năm khác	871	847	-24	903	976	73
Đất trồng lúa nước còn lại	200	279	79	389	303	-86
Đất trồng cây lâu năm	2567	2423	-144	2527	2563	36

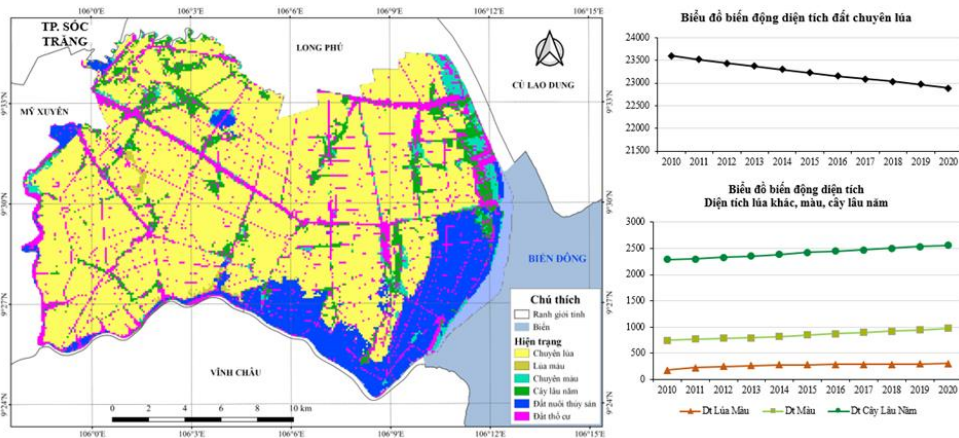
\* Dấu “-” thể hiện cho diện tích mô phỏng nhỏ hơn so với diện tích thực tế

Trần Đề có đê bao khép kín, nên một vùng diện tích rộng lớn hiện trạng ở trong đê không bị chuyển đổi sang đất nuôi thủy sản nước lợ, điều này làm cho hiện trạng này ít có sự biến động. Kết quả mô phỏng thay đổi sử dụng đất trong không gian năm 2015 và 2020 (Hình 5) các ô đất chủ yếu thay đổi theo hiện

trạng ở các ô lân cận với hiện trạng đất chuyên lúa có xu hướng chuyển đổi thành lúa - màu, chuyên màu và cây lâu năm. Đồng thời kết quả phân tích xu hướng thay đổi hiện trạng sử dụng đất huyện Trần Đề giai đoạn 2010 - 2020 (Hình 5) là giảm diện tích đất chuyên lúa, diện tích lúa màu, chuyên màu và cây hàng năm.



**a) Hiện trạng mô phỏng năm 2015**



**b) Hiện trạng mô phỏng năm 2020**

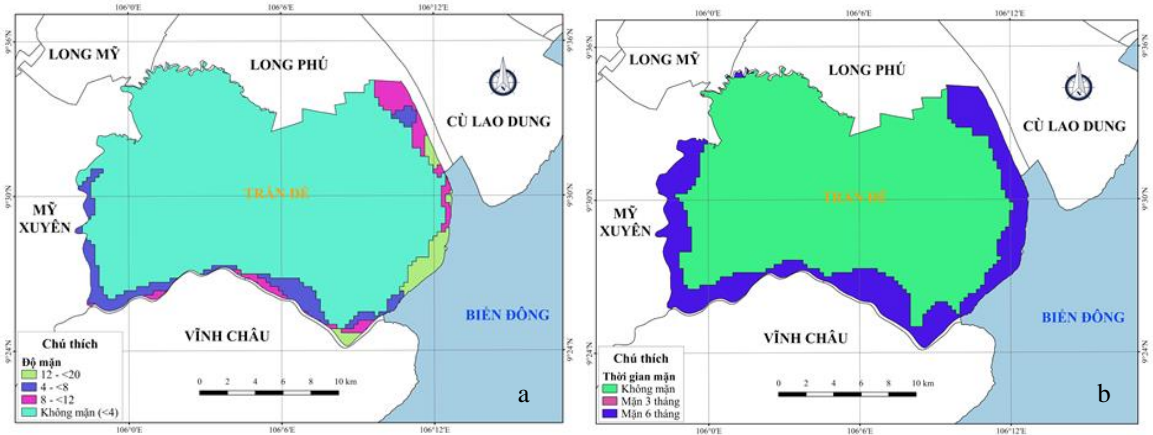
**Hình 5. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm chứng mô hình a) Năm 2015, b) Năm 2020**



### 3.4. Đánh giá sự thích ứng của thay đổi hiện trạng sử dụng đất ứng với kịch bản thay đổi điều kiện tự nhiên do mực nước biển dâng

Sau khi kiểm chứng kết quả mô phỏng, mô hình tiếp tục mô phỏng kết quả cho đến năm 2030. Để nghiên cứu sự thích ứng dưới tác động của biến đổi khí hậu (đặc biệt là mực nước biển dâng), một đầu vào bổ sung được sử dụng trong nghiên cứu là bản

đồ kịch bản xâm nhập mặn do mực nước biển dâng vào năm 2030 trong điều kiện bình thường (Hình 6). Trong trường hợp của huyện Trần Đề được đặt trên giả thiết rằng hệ thống đê và mức hoạt động của các đê là như thời điểm ở hiện tại. Khi đó độ mặn sẽ tăng lên nhưng xâm nhập mặn vào vùng trong đê sẽ không thay đổi nhiều, tuy nhiên gây thiếu nước tưới trong mùa khô, ảnh hưởng đến sự thích nghi của cây trồng. Khi đó các mức thích nghi cho lúa giảm xuống cấp thích nghi S2.

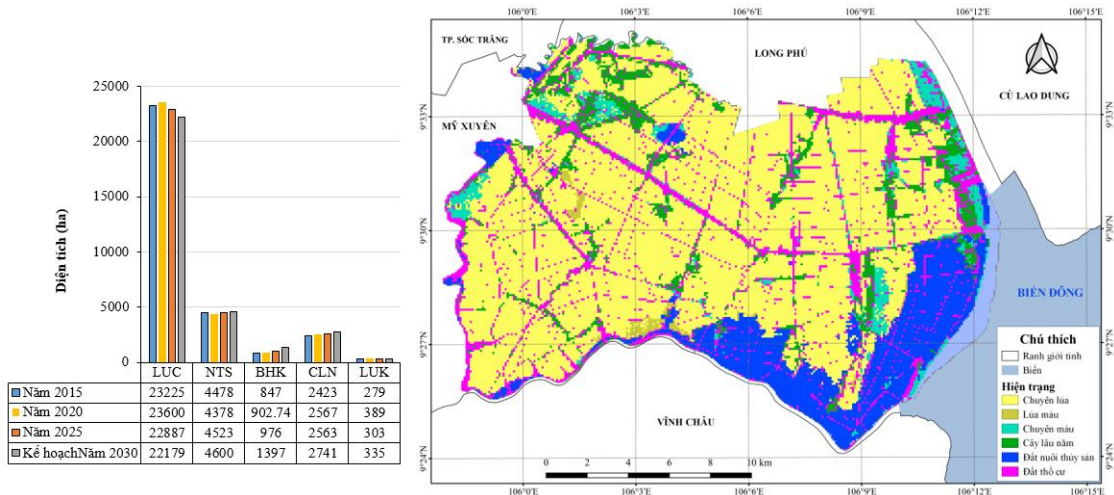


Hình 6. Bản đồ xâm nhập mặn năm 2030 a) Độ mặn, b) Thời gian mặn.

(Nguồn: Trích xuất từ Hien et al., 2016)

Kết quả mô phỏng thay đổi sử dụng đất năm qua các giai đoạn được thể hiện trong Hình 7, cho thấy xu hướng thay đổi diện tích hiện trạng đất chuyên lúa giảm, diện tích lúa màu, chuyên màu và cây hằng năm tăng phù hợp là với kịch bản thích ứng với trường hợp nước biển dâng. Diện tích đất chuyên trồng lúa tiếp tục giảm và chuyển sang đất trồng màu. Cụ thể diện tích đất lúa (LUC) từ năm 2020

đến năm 2030 chỉ giảm đi 1.421 ha, diện tích rau màu (BHK) tăng thêm gần 500 ha nhưng diện tích cây lâu năm chỉ tăng thêm 174 ha. Nguyên nhân chuyển đổi chậm do sự thiếu nước tưới vào mùa khô nên tốc độ chuyển đổi và diễn ra khá chậm. Điều này cho thấy nhà nước cần đầu tư hạ tầng để cải thiện khả năng tưới nếu muốn triển khai loại hình canh tác sử dụng ít nước tưới.



Hình 7. Dự báo hiện trạng sử dụng đất huyện Trần Đề đến năm 2030

#### 4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã xây dựng được mô hình mô phỏng thay đổi sử dụng đất được hiệu chỉnh với dữ liệu của vùng nghiên cứu và được kiểm chứng dữ liệu thực tế của huyện Trần Đề, tỉnh Sóc Trăng.

Trong phạm vi của nghiên cứu này, mô hình mô phỏng thay đổi hiện trạng sử dụng đất đến năm 2030 có xem xét đến kịch bản của biến đổi khí hậu cho thấy xu hướng thay đổi hiện trạng sử dụng đất nông nghiệp theo hướng thích ứng với kịch bản của biến đổi khí hậu.

Phương pháp mô hình hóa đa tác tử kết hợp đánh giá đa tiêu chí cho phép tích hợp các yếu tố tác động đến sử dụng đất cho phép dự báo được sự thay đổi hiện trạng sử dụng đất phục vụ cho công tác lập kế hoạch sử dụng đất. Tuy nhiên cần nghiên cứu tích hợp thêm các yếu tố ảnh hưởng đến sử dụng đất cho mô hình để nâng cao tính chính xác của mô hình mô phỏng.

#### LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Dự án Nâng cấp Trường Đại học Cần Thơ VN14-P6 bằng nguồn vốn ODA từ Chính phủ Nhật Bản.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

Castella, J. C., Trung, T. N., & Boissau, S. (2005).

Participatory simulation of land-use changes in the northern mountains of Vietnam: The combined use of an agent-based model, a role-playing game, and a Geographic Information System. *Ecology and Society*, 10(1). DOI: <http://dx.doi.org/10.5751/ES-01328-100127>

FAO, 1976. A framework for land evaluation. FAO Soil Bulletin 32, FAO, Rome

Hien, N. X., Tho, T. Q., Khoi, N., Ngoc, N. V., Dong, T., Phong, N. D., Minh, V. Q., Mi, N. T. H., Diem, P. K., Wassmann, R., Hoanh, C. T., & Tuong, T. P. (2016). Climate Change Affecting Land Use in the Mekong Delta: Adaptation of Rice-based Cropping Systems (CLUES), SMCN/2009/021 Theme 1: Location-specific impact and vulnerability assessment. Unpublished. <http://rgdoi.net/10.13140/RG.2.1.2636.3764>

Hyndman, R. J., & Koehler, A. B. (2006). Another look at measures of forecast accuracy. *International Journal of Forecasting*, 22(4), 679–688. <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2006.03.001>

Jacovides, C. P., & Kontoyiannis, H. (1995). Statistical procedures for the evaluation of evapotranspiration computing models. *Agricultural Water Management*, 27(3), 365–

371. [https://doi.org/10.1016/0378-3774\(95\)01152-9](https://doi.org/10.1016/0378-3774(95)01152-9)

Kenney, J. F., & Keeping, E. S. (1962). Root Mean Square. §4.15. In *Mathematics of Statistics* (3rd ed., pp. 59–60). Princeton.

Lambin, E. F., & Geist, H. J. (2007). Causes of land use and land cover change. *Washington DC: Encyclopedia of Earth, Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment*. [http://www.eoearth.org/article/Land-use\\_and\\_land-cover\\_change](http://www.eoearth.org/article/Land-use_and_land-cover_change)

Le, Q. B., Park, S. J., & Vlek, P. L. G. (2010). Land Use Dynamic Simulator (LUDAS): A multi-agent system model for simulating spatio-temporal dynamics of coupled human–landscape system: 2. Scenario-based application for impact assessment of land-use policies. *Ecological Informatics*, 5(3), 203–221. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2010.02.001>

Lê Quang Trí, Võ Thị Hương, Phạm Thanh Vũ, Nguyễn Thị Song Bình, Nguyễn Hữu Kiệt và Võ Văn Chiến. (2008). Đánh giá sự thay đổi đặc tính đất và sử dụng đất của 3 huyện ven biển tỉnh Sóc Trăng. *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ*, 9, 59-68.

Nguyễn Hồng Thảo, Nguyễn Hiếu Trung, Trương Chí Quang, Phạm Thanh Vũ, Phan Hoàng Vũ, Vương Tuấn Huy và Đặng Kim Sơn (2019). Ứng dụng bài toán tối ưu hóa và bố trí sử dụng đất nông nghiệp cho vùng Đồng bằng sông Cửu Long. *Tạp chí Khoa học Đất*, 57, 97–102.

Nguyễn Thị Hồng Điệp, Võ Quang Minh, Phan Kiều Diễm, & Nguyễn Văn Tao. (2015). Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu lên hiện trạng canh tác lúa vùng ven biển đồng bằng sông Cửu Long theo kịch bản biến đổi khí hậu. *Tạp Chí Khoa Học Trường Đại Học Cần Thơ, Số Chuyên Đề: Môi Trường và Biến Đổi Khí Hậu*, 167-173.

Phạm Lê Mỹ Duyên, Văn Phạm Đăng Trí & Nguyễn Hiếu Trung. (2012). Đánh giá sự thay đổi các hệ thống sử dụng đất đai dưới tác động của biến đổi khí hậu và nước biển dâng ở huyện Vĩnh Châu tỉnh Sóc Trăng. *Tạp chí khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 24a, 253-263.

Phạm Thanh Vũ, Phan Hoàng Vũ & Vương Tuấn Huy. (2013). Sự thay đổi mô hình canh tác theo khả năng thích ứng của người dân tại các huyện ven biển tỉnh Sóc Trăng và Bạc Liêu. *Tạp chí khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 26, 46-54.

Phan Hoàng Vũ, Phạm Thanh Vũ, Trần Cẩm Tú & Võ Quang Minh. (2017). Ứng dụng hệ thống thông tin địa lý và chuỗi Markov trong đánh giá biến động và dự báo nhu cầu sử dụng đất đai. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ. Số chuyên đề: Công nghệ thông tin*, 119-124.

- Taillandier, P., Gaudou, B., Grignard, A., Huynh, Q.-N., Marilleau, N., Caillou, P., Philippon, D., & Drogoul, A. (2019). Building, composing and experimenting complex spatial models with the GAMA platform. *Geoinformatica*, 23(2), 299–322. <https://doi.org/10.1007/s10707-018-00339-6>
- Taillandier, P., Therond, O., & Gaudou, B. (2012). A new BDI agent architecture based on the belief theory. Application to the modelling of cropping plan decision-making. *IEMSS 2012 - Managing Resources of a Limited Planet: Proceedings of the 6th Biennial Meeting of the International Environmental Modelling and Software Society*, 2463–2470.
- Thao, N.H. & Trung, N.H. (2018). Establishing an integrated model for supporting agricultural land use planning: A case study in Tran De district, Soc Trang province. *Can Tho University Journal of Science*. 54 (Special issue: Agriculture), 62-71. <https://doi.org/10.22144/ctu.jsi.2018.096>
- Trương Chí Quang, Nguyễn Thiên Hoa, Võ Quốc Tuấn & Võ Quang Minh. (2015). Mô hình Markov-Cellular Automata trong mô phỏng sự thay đổi sử dụng đất các tỉnh ven biển Đồng bằng sông Cửu Long. *Tạp chí khoa học Đại học Cần Thơ, số chuyên đề Công nghệ thông tin*, 196-202.
- Trương Chí Quang, Võ Quang Minh, Nguyễn Hiếu Trung & Alexis Drogoul. (2016). “Mô hình đa tác tử trong mô phỏng sự thay đổi sử dụng đất” trong *Võ Quang Minh (chủ biên), Ứng dụng Công nghệ thông tin địa lý và Viễn thám trong Nông nghiệp, Tài nguyên và Môi trường*. NXB Đại học Cần Thơ.
- Truong, Q. C., Taillandier, P., Gaudou, B., Vo, M. Q., Nguyen, T. H., & Drogoul, A. (2016). Exploring Agent Architectures for Farmer Behavior in Land-Use Change. A Case Study in Coastal Area of the Vietnamese Mekong Delta. In B. Gaudou & J. S. Sichman (Eds.), *Multi-Agent Based Simulation XVI*, (9568), 146–158). Springer International Publishing. [http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-31447-1\\_10](http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-31447-1_10)
- van Ruijven, B., van der Sluijs, J. P., van Vuuren, D. P., Janssen, P., Heuberger, P. S. C., & de Vries, B. (2010). *Uncertainty from Model Calibration: Applying a New Method to Transport Energy Demand Modelling*. *Environmental Modeling & Assessment*, 15(3), 175188. <https://doi.org/10.1007/s10666-009-9200-z>
- Vũ Minh Tuấn & Lê Văn Trung (2011). Ứng dụng viễn thám và GIS đánh giá biến động và dự báo đất đô thị tại phường Hiệp Bình Phước, quận Thủ Đức. *Tạp chí Đại học Quốc gia TP HCM*.