

MÔ PHỎNG THAY ĐỔI SỬ DỤNG ĐẤT VÀ ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG SINH CẢNH VEN BIỂN TẠI TỈNH SÓC TRĂNG (TRƯỚC 7/2025)

Nguyễn Trọng Cần¹, Nguyễn Thị Hồng Điệp^{2,*}, Nguyễn Trọng Nguyễn²

¹Trung tâm Môi trường, Đại học Charles, Cộng hòa Séc

²Khoa Môi trường và Tài nguyên thiên nhiên, Đại học Cần Thơ

*Email: nthdiep@ctu.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá chất lượng sinh cảnh ven biển tại tỉnh Sóc Trăng (nay là Thành phố Cần Thơ) theo bốn kịch bản năm 2030: Phát triển bình thường (BAU), biến đổi khí hậu (CCC), tối ưu hóa kinh tế (ECO) và phát triển bền vững (SUS) bằng cách kết hợp dữ liệu viễn thám với mô hình InVEST. Kết quả nghiên cứu cho thấy, khoảng 8,10 – 24,22% diện tích tự nhiên sẽ trải qua quá trình chuyển đổi. Trong đó, kịch bản BAU có mức chuyển đổi thấp nhất (8,10%). Ngược lại, dưới kịch bản biến đổi khí hậu, khoảng 24,22% diện tích tự nhiên sẽ bị thay đổi, xu hướng chuyển dịch chủ yếu sang các loại hình canh tác nhằm giảm thiểu tác động biến đổi khí hậu như: lúa 2 vụ, cây ăn trái và nuôi trồng thủy sản nước lợ. Chất lượng sinh cảnh thấp nhất thể hiện ở kịch bản phát triển kinh tế, chủ yếu từ việc mở rộng các vùng nuôi trồng thủy sản. Các huyện trước sáp nhập như: Vĩnh Châu, Mỹ Xuyên, Mỹ Tú và Trần Đề luôn là những khu vực trọng điểm về suy thoái sinh cảnh bất kể dưới kịch bản nào. Nghiên cứu góp phần đề xuất khung quy hoạch và quản lý đất đai đa chiều, nhằm cân bằng giữa việc phát triển kinh tế, bảo vệ sinh kế của nông hộ và bảo tồn hệ sinh thái, hướng tới phát triển bền vững.

Từ khóa: Sử dụng đất, InVEST, tỉnh Sóc Trăng, biến đổi khí hậu, chất lượng sinh cảnh.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Khu vực ven biển đóng vai trò là hệ thống sinh thái bản lề, không chỉ duy trì sự cân bằng của môi trường sinh quyển mà còn cung cấp nền tảng sinh kế và an ninh lương thực cho hàng trăm triệu cư dân bản địa [1]. Tuy nhiên, những khu vực này đang dần bị tổn thương trước các tác động cộng hưởng của biến đổi khí hậu và các áp lực phát triển kinh tế - xã hội [2, 3]. Trong bối cảnh đó, quá trình chuyển đổi sử dụng đất đang diễn ra một cách tự phát, ồ ạt và thiếu kiểm soát. Mặc dù sự dịch chuyển sử dụng đất này bước đầu mang lại những lợi ích tài chính và giải quyết được bài toán sinh kế ngắn hạn cho các nông hộ, nhưng lại che khuất những hệ lụy sinh thái dài hạn vô cùng nghiêm trọng [4].

Để đo lường những đánh đổi sinh thái phức tạp này, chỉ số chất lượng sinh cảnh là một thước đo cốt lõi và toàn diện [5 - 7]. Việc đánh giá chất lượng sinh cảnh trên quy mô lớn bằng các phương pháp kiểm kê sinh học truyền thống

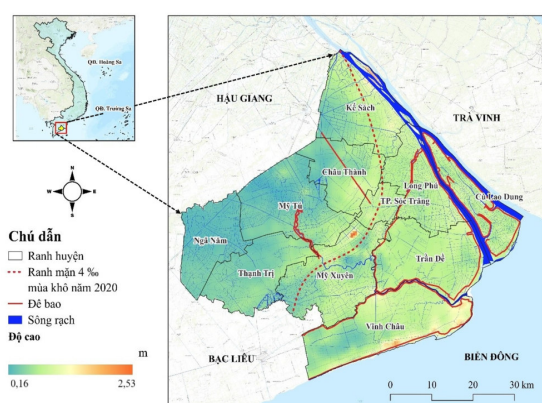
thường gặp nhiều hạn chế do đòi hỏi nguồn lực khổng lồ, chi phí cao [6, 7]. Mô hình InVEST tiếp cận việc đánh giá chất lượng sinh cảnh như một biến số phái sinh từ dữ liệu lớp phủ đất, kết hợp chặt chẽ với cường độ, khoảng cách và tính chất lan truyền của các mối đe dọa từ các hoạt động nhân tác và môi trường [8], [6], [7] cho phép các nhà nghiên cứu lượng hóa trước các rủi ro phân mảnh sinh thái trong tương lai dưới sự tác động của nhiều kịch bản phát triển khác nhau [4]. Nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá chất lượng sinh cảnh bằng mô hình InVEST, qua đó tạo cơ sở lý thuyết giúp phát triển nông nghiệp bền vững, hài hòa giữa lợi ích kinh tế, ứng phó biến đổi khí hậu và bảo vệ sinh thái.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu được giới hạn bởi ranh giới hành chính tỉnh Sóc Trăng cũ (nay thuộc Thành phố Cần Thơ) trước Nghị quyết số 202/2025/QH15 ngày 12/6/2025 của Quốc hội về

việc sắp xếp đơn vị hành chính cấp tỉnh. Tỉnh Sóc Trăng cũ nằm ở hạ lưu sông Hậu, thuộc vùng đồng bằng sông Cửu Long với tọa độ địa lý từ 9°12' đến 9°56' vĩ độ Bắc và 105°33' đến 106°23' kinh độ Đông. Tổng diện tích tự nhiên khoảng 331.000 ha, gồm 11 đơn vị hành chính cấp huyện. Địa hình tỉnh chủ yếu là đồng bằng thấp với cao trình trung bình từ 0,5 - 1,0 m so với mực nước biển, hình thành từ quá trình bồi tụ phù sa lịch sử của hệ thống sông Mê Kông. Đường bờ biển dài 72 km chịu sự chi phối của chế độ bán nhật triều từ Biển Đông với biên độ triều lên đến 3,5 m [9] (Hình 1).



Hình 1. Khu vực nghiên cứu tỉnh Sóc Trăng cũ

2.2. Dữ liệu nghiên cứu

Nghiên cứu này kế thừa bộ cơ sở dữ liệu không gian về các kịch bản sử dụng đất năm 2030 tại tỉnh Sóc Trăng cũ từ nghiên cứu của Diep và cs (2025) [4]. Theo đó, 4 kịch bản sử dụng đất đã được thiết lập dựa trên mô hình tích hợp PLUS và chuỗi dữ liệu lịch sử 2010 - 2020 bao gồm các kịch bản: BAU, CCC, ECO và SUS. Kịch bản BAU tập trung duy trì các xu hướng và chính sách quản lý hiện tại. Kịch bản CCC tích hợp chiến lược thích ứng bằng cách mô phỏng các điều kiện khí hậu cực đoan. Đối với kịch bản ECO, nội dung trọng tâm là thúc đẩy tăng trưởng từ việc chuyển dịch không gian sản xuất, ưu tiên lợi ích kinh tế và chấp nhận các đánh đổi về mặt sinh thái. Cuối cùng, kịch bản SUS hướng tới sự hài hòa giữa tăng trưởng kinh tế và bảo tồn sinh thái thông qua việc áp dụng các định hướng quy hoạch cùng kết quả tham vấn thực tiễn từ cán bộ địa phương.

Dữ liệu không gian về khu vực đô thị, nuôi trồng thủy sản và đất lúa 3 vụ được trích xuất từ

bản đồ hiện trạng sử dụng đất tương ứng với các kịch bản nghiên cứu. Dữ liệu mạng lưới giao thông được cung cấp bởi Sở Nông nghiệp và Phát triển nông thôn tỉnh Sóc Trăng cũ (nay là Sở Nông nghiệp và Môi trường Thành phố Cần Thơ). Dữ liệu phân vùng xâm nhập mặn trong mùa khô được thu thập từ Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam. Tất cả dữ liệu không gian được chuẩn hóa về hệ quy chiếu WGS84, múi chiếu UTM Zone 48N và độ phân giải không gian 30 m.

2.3. Phương pháp đánh giá chất lượng sinh cảnh theo mô hình InVEST

Trong nghiên cứu này, chất lượng sinh cảnh theo từng kịch bản sử dụng đất được lượng hóa thông qua mô-đun Habitat Quality thuộc bộ công cụ mô hình hóa dịch vụ hệ sinh thái InVEST (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs), phiên bản 3.14 [7]. Trong bối cảnh đồng bằng ven biển chịu sức ép đa chiều, mô hình tiếp cận chất lượng sinh cảnh như một biến số liên tục trong khoảng (0, 1), phản ánh năng lực của một vùng không gian trong việc duy trì các điều kiện sống cần thiết cho quần xã sinh vật [10]. Chất lượng sinh cảnh đóng vai trò đại lượng thay thế đại diện cho mức độ toàn vẹn của hệ sinh thái và khả năng hỗ trợ đa dạng sinh học [6].

2.3.1. Định lượng sự suy giảm của yếu tố đe dọa sinh cảnh

Mức độ tác động của một yếu tố đe dọa r từ ô lưới y lên ô lưới sinh cảnh x , ký hiệu là i_{rxy} , không cố định mà có sự phân rã và suy giảm phụ thuộc vào khoảng cách không gian tuyến tính giữa hai ô lưới d_{xy} [11], [3]. Dựa trên đặc tính lan truyền của từng nguồn đe dọa, mô hình áp dụng hai dạng hàm suy giảm: Hàm tuyến tính đối với các tác động có xu hướng tiêu tán đều và khuếch tán diện rộng hoặc hàm mũ đối với các tác động tập trung và suy yếu nhanh trong không gian hẹp [7].

2.3.2. Lượng hóa mức độ suy thoái

Tổng mức độ đe dọa hay hệ số suy thoái sinh cảnh tích lũy D_{xj} tác động lên ô lưới x thuộc hiện trạng j được lượng hóa bằng cách tích hợp toàn bộ các tác nhân đe dọa hiện diện trên cảnh quan, kết hợp với độ nhạy cảm nội tại của sinh cảnh đó [11], [3]. Dựa trên hệ số suy thoái đã được lượng hóa (D_{xj}), chỉ số chất lượng sinh cảnh (Q_{xj}) cuối

cùng của ô lưới x thuộc lớp phủ j được tính toán theo phương trình bão hòa [11], [3].

$$Q_{xj} = H_j \left[1 - \left(\frac{D_{xj}^z}{D_{xj}^z + k^z} \right) \right]$$

Trong đó: H_j là giá trị sinh cảnh bản tại của hiện trạng j , dao động trong khoảng $[0, 1]$; k là hằng số bán bão hòa, thường được thiết lập bằng một nửa giá trị suy thoái tối đa (D_{xj}) trong toàn bộ cảnh quan; z là hằng số tỷ lệ chuẩn hóa, mặc định bằng 2,5 [7]. Kết quả mô phỏng đầu ra (Q_{xj}) là một biến số liên tục từ 0 - 1; chỉ số tiến càng gần về 1 chứng tỏ hệ sinh thái có cấu trúc càng ổn định, ít bị nhiễu loạn và cung cấp chất lượng sinh cảnh ở mức tối ưu.

2.3.3. Thiết lập hệ thống tham số đầu vào

Độ tin cậy và tính chính xác của mô hình InVEST phụ thuộc đáng kể vào việc xác định bộ tham số đầu vào sát với điều kiện sinh thái và thủy văn thực tế của từng khu vực nghiên cứu. Dựa trên các nghiên cứu trước đây [12], [11], [3], nghiên cứu đã xác định các tham số của mô hình InVEST (Bảng 1, 2). Quá trình hiệu chỉnh tham số được thực hiện dựa trên hai nguyên tắc chính: Kế thừa có chọn lọc từ các nghiên cứu InVEST trong bối cảnh đồng bằng ven biển tương đồng [12], [11], [3] và điều chỉnh phù hợp với đặc điểm thủy văn và sinh thái đặc thù của tỉnh Sóc Trăng cũ.

Về các yếu tố đe dọa không gian (Bảng 1), đất đô thị và mạng lưới giao thông được gán trọng số cao nhất (1, 0) theo khuyến nghị chung của mô hình InVEST [7], phù hợp với tính chất không thể đảo ngược và phạm vi lan truyền rõ rệt của các tác động này trong cảnh quan đồng bằng. Khoảng cách ảnh hưởng của đất đô thị được thiết lập ở mức 4,0 km, thấp hơn các đô thị mật độ cao, nhằm phản ánh đặc điểm phân bố rải rác và quy mô nhỏ của các khu đô thị tại tỉnh Sóc Trăng [12]. Đối với mạng lưới giao thông, hàm suy giảm dạng mũ được ưu tiên so với hàm tuyến tính để mô tả thực tế suy giảm nhanh của tác động

theo khoảng cách trong địa hình bằng phẳng không có vật cản tự nhiên [11]. Đất lúa 3 vụ là loại hình thâm canh nông nghiệp, được kế thừa trọng số 0,6 từ các giá trị tham khảo [12].

Hai yếu tố đe dọa bổ sung mới so với các nghiên cứu kế thừa là xâm nhập mặn và đất nuôi trồng thủy sản, được đưa vào xuất phát từ đặc thù sinh thái thủy văn của vùng ven biển chịu tác động mạnh của thủy triều và biến đổi khí hậu. Xâm nhập mặn được mô hình hóa như một đe dọa phân tầng theo bốn cấp độ nồng độ (> 24 , 16 - 24, 8 - 16 và 4 - 8 g/l) với trọng số giảm dần tương ứng từ 0,9 xuống 0,6, phản ánh tính phi tuyến của tác hại sinh thái: Nồng độ mặn càng cao, mức độ suy thoái sinh thái đối với quần xã sinh vật nước ngọt và nước lợ càng lớn. Đối với đất nuôi trồng thủy sản, trọng số 0,7 và khoảng cách ảnh hưởng 5,0 km được xác định dựa khả năng lan truyền của chất thải hữu cơ và hóa chất từ các vùng nuôi tôm thâm canh qua mạng lưới kênh rạch.

Về ma trận giá trị sinh cảnh và độ nhạy (Bảng 2), các tham số đối với rừng, cây lâu năm, sông, lúa 2 vụ, lúa 3 vụ và công trình xây dựng được kế thừa từ các giá trị phổ biến trong nghiên cứu InVEST ở các hệ sinh thái tương đồng [12], [11]. Mô hình canh tác luân canh lúa - tôm được xác định ở mức 0,7, cao hơn đáng kể so với nuôi trồng thủy sản chuyên canh (0,2), phản ánh vai trò của hệ canh tác này trong việc tạo ra môi trường nước lợ bán tự nhiên và duy trì một phần dịch vụ hệ sinh thái vùng đất ngập nước. Đồng thời, độ nhạy với xâm nhập mặn được thiết lập thấp (0,2) do khả năng thích nghi với biên độ mặn theo mùa của mô hình luân canh, trong khi độ nhạy với ô nhiễm từ vùng nuôi tôm lân cận được đặt cao (0,7) nhằm phản ánh nguy cơ lây lan mầm bệnh và ô nhiễm hữu cơ qua hệ thống kênh rạch nội đồng. Dựa trên các tham số này, chất lượng môi trường sống tại tỉnh Sóc Trăng cũ tại 4 kịch bản: BAU, CCC, ECO, SUS đã được tính toán.

Bảng 1. Cấu trúc tham số không gian của các nguồn đe dọa sinh cảnh

STT	Yếu tố đe dọa	Trọng số	Khoảng cách tối đa (km)	Hàm suy giảm
1	Đất đô thị	1,0	4,0	Hàm mũ
2	Mạng lưới giao thông	1,0	1,5	Hàm mũ
3	Xâm nhập mặn (>24 g/l)	0,9	20,0	Tuyến tính
4	Xâm nhập mặn (16 - 24 g/l)	0,8	20,0	Tuyến tính

5	Xâm nhập mặn (8 - 16 g/l)	0,7	20,0	Tuyến tính
6	Xâm nhập mặn (4 - 8 g/l)	0,6	20,0	Tuyến tính
7	Đất thủy sản	0,7	5,0	Tuyến tính
8	Đất lúa 3 vụ	0,6	3,0	Tuyến tính

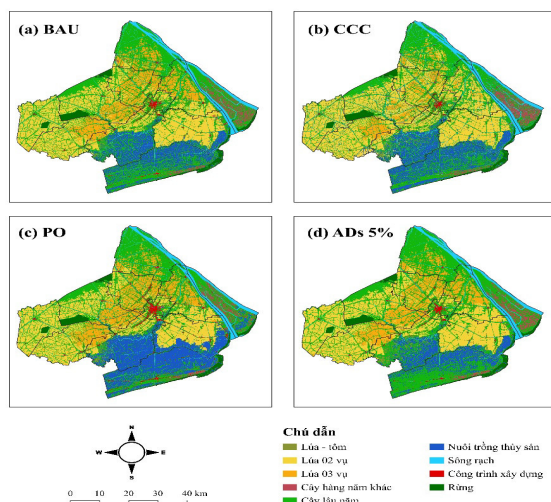
Bảng 2. Ma trận giá trị sinh cảnh và độ nhạy

TT	Hiện trạng	Giá trị sinh cảnh	Độ nhạy				
			Đô thị	Thủy sản	Lúa 3 vụ	Mạng lưới giao thông	Xâm nhập mặn
1	Rừng	1,0	1,0	0,5	0,6	0,9	0,9
2	Cây lâu năm	0,8	0,5	0,6	0,6	0,6	0,7
3	Lúa tôm	0,7	0,8	0,7	0,6	0,4	0,2
4	Sông	0,6	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2
5	Lúa 2 vụ	0,5	0,7	0,8	0,4	0,6	0,9
6	Hàng năm khác	0,4	0,6	0,6	0,5	0,6	0,8
7	Lúa 3 vụ	0,3	0,6	0,9	0,0	0,5	1,0
8	Thủy sản	0,2	0,8	0,0	0,9	0,5	0,1
9	Công trình xây dựng	0	-	-	-	-	-

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kịch bản sử dụng đất năm 2030

Cấu trúc sử dụng đất tại tỉnh Sóc Trăng cũ được dự báo sẽ trải qua những biến động đáng kể vào năm 2030 (Hình 2), với tỷ lệ chuyển dịch dao động từ 8,10% - 24,22% tổng diện tích tự nhiên của tỉnh.



Hình 2. Bản đồ kịch bản sử dụng đất tỉnh Sóc Trăng cũ năm 2030

Trong kịch bản BAU, quá trình chuyển đổi ảnh hưởng đến khoảng 26.737 ha (tương đương 8,10% diện tích toàn tỉnh). Trong đó, điển hình là

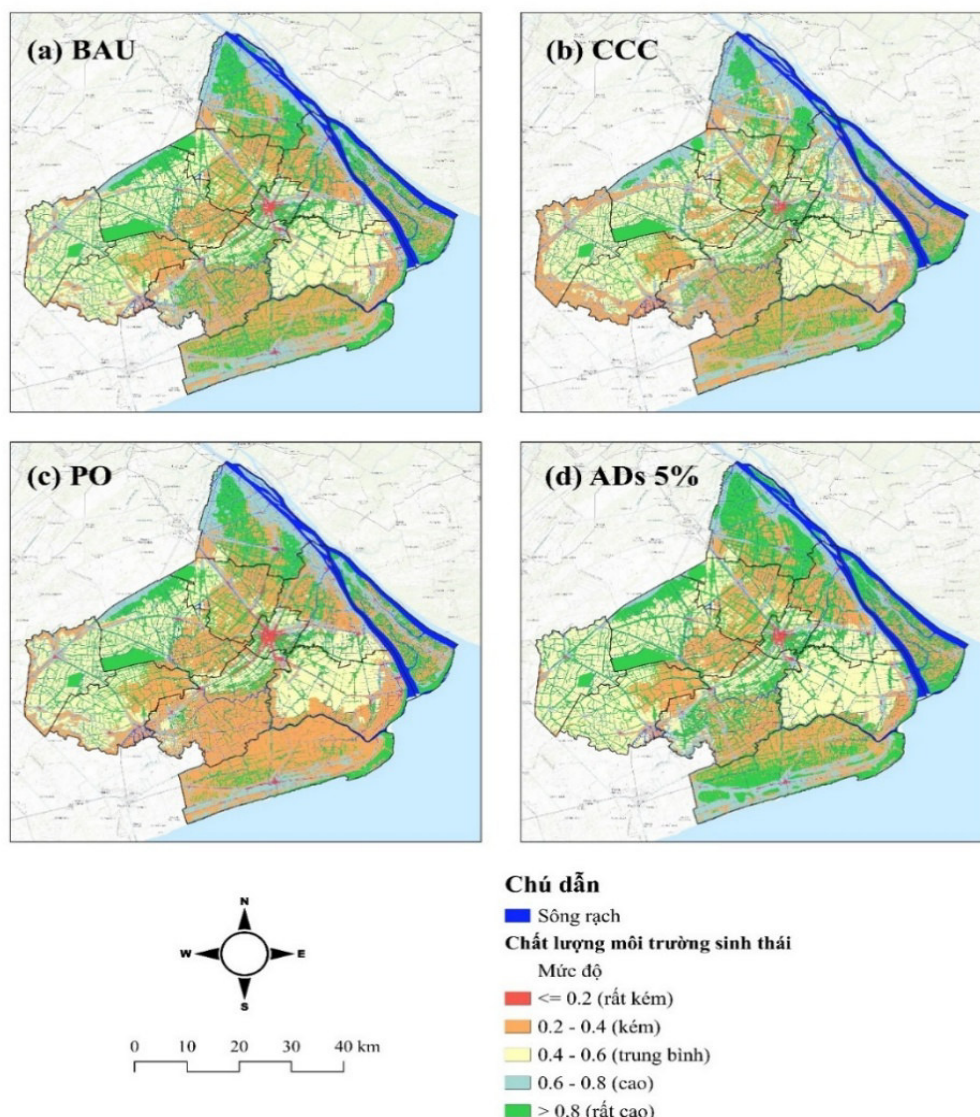
sự suy giảm của hiện trạng lúa 3 vụ với mức giảm 9.581,3 ha (so với năm 2020) và mở rộng của lúa 2 vụ (tăng 9.994,8 ha). Đồng thời, diện tích thủy sản và cây lâu năm đều tăng thêm khoảng 1.500 ha mỗi loại hình, trong khi tốc độ đô thị hóa vẫn duy trì ở mức 0,95%/năm. Ngược lại, dưới áp lực của các yếu tố khí hậu cực đoan, kịch bản CCC tác động trực tiếp đến 79.926,1 ha (chiếm 24,22% diện tích tỉnh). Sự xâm nhập sâu của ranh mặn được dự báo sẽ loại bỏ hơn 56,4% diện tích lúa 3 vụ hiện có năm 2020 và thúc đẩy chuyển đổi sang lúa 2 vụ thêm 32,13%. Để thích ứng và duy trì sinh kế, xu hướng thâm canh thủy sản nước lợ được mở rộng. Kịch bản ECO gây biến động 16,03% diện tích (52.884,4 ha), xu hướng chuyển đổi chính là gia tăng ô ạt diện tích đất nuôi trồng thủy sản, kèm theo tốc độ đô thị hóa cao nhằm phục vụ mục tiêu phát triển thương mại và công nghiệp. Ngược lại, kịch bản SUS (ADS 5%) tập trung vào việc tái cấu trúc nông nghiệp một cách có kiểm soát và hướng tới bền vững: Chủ động cắt giảm diện tích lúa 3 vụ, mở rộng lúa 2 vụ, đồng thời ưu tiên khôi phục mô hình luân canh lúa - tôm sinh thái tại các vùng sinh thái chuyển tiếp.

3.2. Chất lượng sinh cảnh

Chất lượng sinh cảnh trên từng kịch bản sử dụng đất được trình bày ở hình 3. Ở tất cả các

kịch bản, dải ven biển phía Nam (huyện Vĩnh Châu, Trần Đề thuộc tỉnh Sóc Trăng cũ) và các khu vực nuôi trồng thủy sản thâm canh phía đông (huyện Mỹ Xuyên thuộc tỉnh Sóc Trăng cũ) là các

vùng có HQ thấp nhất. Khu vực nội đồng có rừng và cây lâu năm (huyện Kế Sách, Châu Thành, Cù Lao Dung thuộc tỉnh Sóc Trăng cũ) có chất lượng sinh cảnh trung bình đến cao.



Hình 3. Bản đồ chất lượng sinh cảnh theo các kịch bản

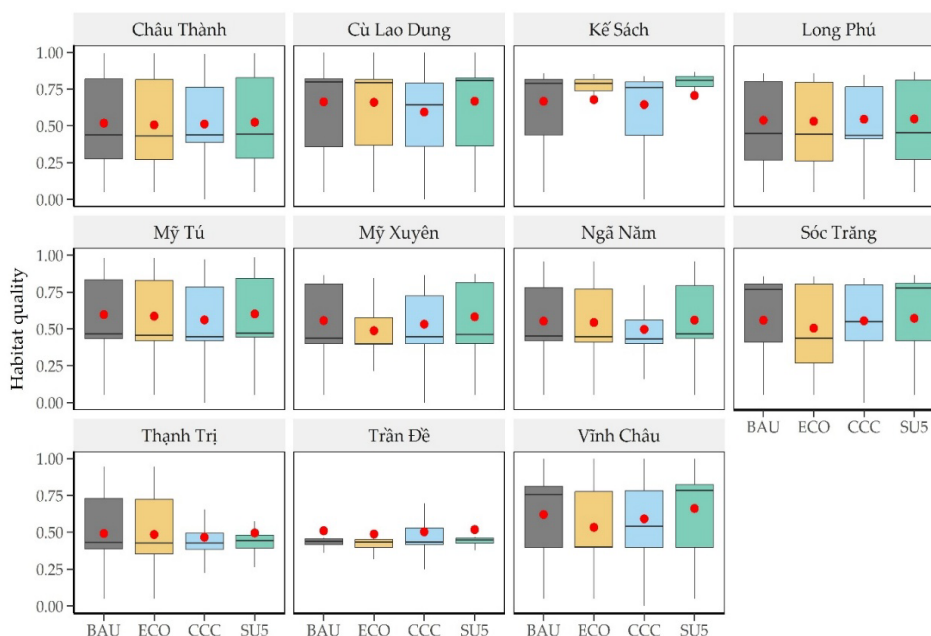
Kịch bản SUS là kịch bản có chất lượng sinh cảnh cao nhất với Q_{mean} đạt 0,59 cho thấy, quy hoạch theo hướng bền vững không chỉ ngăn môi trường suy thoái mà còn cải thiện tích cực chất lượng sinh cảnh. Kịch bản ECO (16,03% diện tích chuyển đổi) là kịch bản có chất lượng sinh cảnh thấp nhất, gây suy thoái nặng hơn CCC (24,22%) với Q_{mean} đạt 0,54. Chất lượng sinh cảnh phân theo quận/huyện của tỉnh Sóc Trăng cũ được trình bày ở hình 4. Trong đó các huyện Mỹ

Xuyên, Thạnh Trị và Trần Đề thuộc tỉnh Sóc Trăng cũ đều có Q_{mean} dưới 0,50 (ECO).

Dưới kịch bản ECO, các huyện Mỹ Xuyên, Thạnh Trị và Trần Đề thuộc tỉnh Sóc Trăng cũ đều cho thấy IQR thu hẹp và thấp hơn CCC, thể hiện mức ảnh hưởng vượt trội của thâm canh tôm so với xâm nhập mặn cực đoan. Huyện Mỹ Xuyên và Mỹ Tú thuộc tỉnh Sóc Trăng cũ nằm trong vùng ranh giới mặn ngọt, thể hiện sự khác biệt lớn nhất giữa SUS và ECO - khoảng cách

trung bình lên đến 0,1, phản ánh độ nhạy cảm cao. Các huyện Kế Sách, Cù Lao Dung và Châu Thành thuộc tỉnh Sóc Trăng cũ duy trì chất lượng

sinh cảnh tốt ở hầu hết kịch bản, nhờ địa hình cao hơn và tỷ lệ canh tác cây lâu năm lớn.

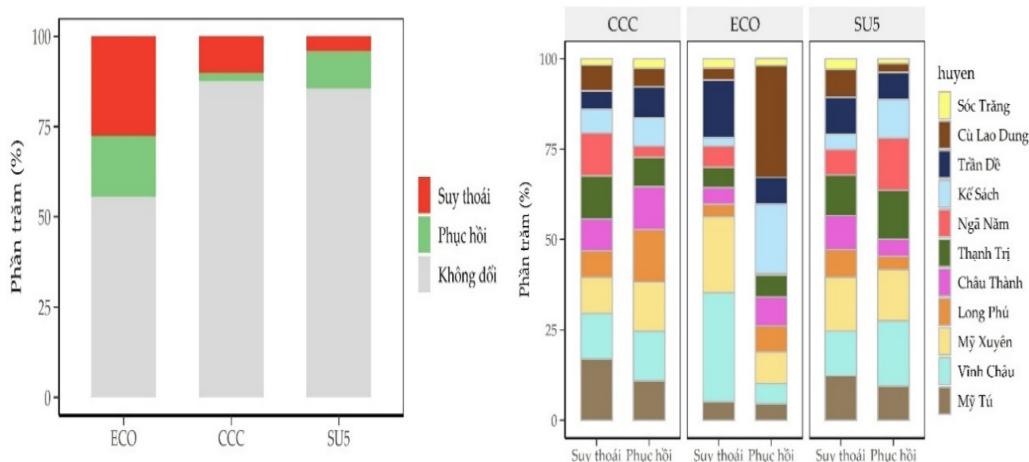


Hình 4. Chất lượng sinh cảnh theo quận/huyện tỉnh Sóc Trăng cũ

3.3. Động thái suy thoái và phục hồi sinh cảnh theo không gian

Hiện trạng suy thoái và phục hồi sinh cảnh của các kịch bản CCC, ECO và SUS được ước tính so với kịch bản BAU (Hình 5). Kết quả cho

thấy kịch bản ECO có cột suy thoái cao nhất, vượt qua CCC và có tỷ lệ phục hồi cao nhất, trong khi SUS là kịch bản duy nhất có diện tích phục hồi vượt cả diện tích suy thoái.



Hình 5. Tỷ lệ suy thoái, phục hồi và không đổi sinh cảnh theo kịch bản (so với BAU)

Xu hướng thâm canh tôm công nghiệp không chỉ làm giảm giá trị sinh cảnh (thay thế $H_j = 0,7$ bằng $H_j = 0,2$, giảm 71% giá trị sinh cảnh) mà

còn gây ra ô nhiễm nguồn nước lan truyền theo kênh rạch. Với mật độ canh tác cây lâu năm lớn, hiệu ứng chông chất của hàng

trăm nguồn phát bao phủ toàn mạng lưới thủy văn nội đồng. Mô hình lúa - tôm là trọng tâm của tương lai kinh tế - sinh thái bền vững với sự luân canh trồng lúa mùa mưa (rửa mặn, rẫy làm giàu hữu cơ đáy ao) và tôm mùa khô (tận dụng thức ăn tự nhiên từ đất ngập nước, giảm hóa chất).

Kết quả nghiên cứu cho thấy, sự tương đồng và khác biệt rõ rệt so với các nghiên cứu InVEST trước đây trong khu vực. Ở huyện Đông Triều (Quảng Ninh) [11] ghi nhận chỉ số chất lượng sinh cảnh trung bình dao động 0,42 - 0,56, với suy thoái tập trung tại vành đai đô thị và khu công nghiệp. Nghiên cứu hiện tại cho giá trị cao hơn (0,54 - 0,59), phản ánh hiện trạng nông nghiệp vẫn chiếm ưu thế và áp lực công nghiệp thấp hơn tại tỉnh Sóc Trăng. Tuy nhiên, thay vì suy thoái tập trung quanh các điểm đô thị, cấu trúc suy thoái tại đây lại tuân theo gradient không gian từ ven biển vào nội đồng do tác động kép của xâm nhập mặn và thâm canh tôm. Trong khi đó, nghiên cứu của Nguyen và cs (2025) [3] trên thành phố Phú Quốc cho thấy đô thị hóa do du lịch gây suy giảm sinh thái nhanh và không thể phục hồi. Kịch bản ECO trong nghiên cứu này với việc mở rộng ô ạt đất thủy sản và đô thị đã tạo ra mức độ suy thoái sinh thái nghiêm trọng hơn cả kịch bản CCC, dù tổng diện tích chuyển đổi của ECO nhỏ hơn CCC. Phát hiện này cho thấy định hướng phát triển kinh tế thuần túy có thể gây tổn thương lớn hơn các tác nhân tự nhiên.

So với các nghiên cứu InVEST trước đây tại vùng ven biển đồng bằng sông Cửu Long, nghiên cứu này có ba điểm khác biệt chính. Thay vì chỉ tập trung vào một hoặc hai tác nhân suy thoái, các áp lực từ đô thị hóa, thâm canh thủy sản, xâm nhập mặn phân tầng và biến đổi khí hậu được tích hợp đồng thời trong cùng một khung đánh giá kịch bản. Đặc biệt, xâm nhập mặn được xử lý như một lớp đe dọa không gian liên tục với bốn ngưỡng nồng độ khác nhau, không chỉ đơn thuần là ranh giới nhị phân, nhờ đó cho phép phân tích gradient tác động từ biển vào nội đồng. Đồng thời xác định rõ mô hình lúa - tôm luân canh là giải pháp cân bằng sinh thái - kinh tế có khả năng đảo ngược xu hướng suy thoái. Những đóng góp này bổ sung quan trọng vào cơ sở khoa học cho quy hoạch sử dụng đất ven biển trong bối cảnh biến đổi khí hậu. Kết quả này phù hợp với các nghiên

cứu và phục hồi sinh thái ven biển tại Việt Nam của Diep và cs (2025) [4], Binh và cs (2025) [13], từ đó khẳng định thêm vai trò của các mô hình nông nghiệp lai trong bảo tồn dịch vụ hệ sinh thái ven biển.

Mô hình InVEST Habitat Quality là một công cụ đánh giá tương đối dựa trên tổ hợp các yếu tố đe dọa, không có quy trình hiệu chỉnh và kiểm định định lượng theo thống kê như các mô hình dự báo sinh thái dựa trên loài. Đầu ra của mô hình là chỉ số phản ánh áp lực tổng hợp lên chất lượng sinh cảnh, không phải giá trị dự báo tuyệt đối về mật độ loài hay chỉ số đa dạng sinh học có thể đối chiếu trực tiếp với dữ liệu thực địa [7], [6]. Một số nghiên cứu sử dụng InVEST đã thực hiện kiểm tra tính nhất quán gián tiếp, chẳng hạn đối chiếu phân bố không gian của chỉ số chất lượng sinh cảnh với dữ liệu đa dạng sinh học có sẵn hoặc với bản đồ thảm thực vật độc lập [6], [11]. Trong nghiên cứu này, do hạn chế về dữ liệu khảo sát thực địa, việc thực hiện quy trình kiểm định độc lập đã không được thực hiện. Thay vào đó, kết quả được đánh giá thông qua hai cách tiếp cận: Kiểm tra tính nhất quán giữa cấu trúc sử dụng đất và phân bố chỉ số chất lượng sinh cảnh; đối chiếu với kết quả từ các nghiên cứu InVEST trong bối cảnh đồng bằng ven biển tương đồng. Việc thiếu quy trình kiểm định định lượng chính thức được xem là một hạn chế của nghiên cứu này. Các nghiên cứu tiếp theo cần bổ sung dữ liệu khảo sát thực địa để hoàn thiện khung đánh giá độ tin cậy của mô hình.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã ứng dụng mô hình InVEST Habitat Quality nhằm mô phỏng và định lượng chất lượng sinh cảnh tỉnh Sóc Trăng theo bốn kịch bản phát triển đến năm 2030: BAU, CCC, ECO và SUS. Trong đó, kịch bản ECO chất lượng sinh cảnh kém nhất, SUS là kịch bản có chất lượng sinh cảnh cao nhất. Bốn huyện Vĩnh Châu, Trần Đề, Mỹ Xuyên và Mỹ Tú thuộc tỉnh Sóc Trăng cũ được xác định là các điểm nóng suy thoái sinh cảnh qua mọi kịch bản do vị trí địa lý ven biển kết hợp với áp lực thâm canh tôm và xâm nhập mặn tập trung, đồng thời là các khu vực ưu tiên trong quy hoạch bảo tồn và can thiệp chính sách của địa phương. Kịch bản SUS, với mô hình luân canh lúa - tôm là trụ cột tạo diện tích phục hồi sinh cảnh vượt diện tích suy thoái.

Trong bối cảnh quy hoạch 2021 - 2030 tầm nhìn đến 2050, kết quả định lượng từ mô hình InVEST đóng vai trò như một công cụ hỗ trợ quyết định khoa học, đóng góp thiết thực hướng đến mục tiêu cân bằng bền vững giữa tăng trưởng kinh tế, bảo vệ sinh kế nông hộ và bảo tồn toàn vẹn hệ sinh thái ven biển đồng bằng sông Cửu Long.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ từ Bộ Giáo dục và Đào tạo (B2023-TCT-09).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., van der Ploeg, S., Anderson, S. J., Kubiszewski, I., Farber, S & Turner, R. K (2014). Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*, 26, 152-158. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002>.

[2]. Minderhoud, P. S. J., Coumou, L., Erkens, G., Middelkoop, H & Stouthamer, E (2019). Mekong delta much lower than previously assumed in sea-level rise impact assessments. *Nature Communications*, 10(1), 3847. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-11602-1>.

[3]. Nguyen, C. T., Downes, N. K., Sitthi, A., & Losiri, C (2025). Tourism-Induced land use transformations, urbanisation, and habitat degradation in the Phu Quoc Special Economic Zone. *Urban Science*, 9(1), 11. <https://doi.org/10.3390/urbansci9010011>.

[4]. Diep, N. T. H., Nguyen, N. T., Diem, P. K., & Nguyen, C. T (2025). Benefits and Trade-Offs from Land Use and Land Cover Changes Under Different Scenarios in the Coastal Delta of Vietnam. *Land*, 14(5),1063. <https://doi.org/10.3390/land14051063>.

[5]. Nelson, E., Mendoza, G., Regetz, J., Polasky, S., Tallis, H., Cameron, D., Chan, K. M., Daily, G. C., Goldstein, J., Kareiva, P. M., Lonsdorf, E., Naidoo, R., Ricketts, T. H & Shaw, M (2009b). Modeling multiple ecosystem services, biodiversity conservation, commodity production, and tradeoffs at landscape scales. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 7(1), 4 - 11. <https://doi.org/10.1890/080023>.

[6]. Terrado, M., Sabater, S., Chaplin-Kramer, B., Mandle, L., Ziv, G & Acuña, V (2016). Model development for the assessment of

terrestrial and aquatic habitat quality in conservation planning. *Science of the Total Environment*, 540, 63 - 70. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.03.064>.

[7]. Sharp, R., Douglass, J., Wolny, S., Arkema, K., Bernhardt, J., Bierbower, W., Chaumont, N., Denu, D., Fisher, D., Glowinski, K., Griffin, R., Guannel, G., Guerry, A., Johnson, J., Hamel, P., Kennedy, C., Kim, C.K., Lacayo, M., Lonsdorf, E., Mandle, L., Rogers, L., Silver, J., Toft, J., Verutes, G., Vogl, A. L., Wood, S, and Wyatt, K (2020). *InVEST 3.9.0 User's Guide*. The Natural Capital Project, Stanford University, University of Minnesota, The Nature Conservancy, and World Wildlife Fund.

[8]. Polasky, S., Nelson, E., Pennington, D & Johnson, K. A (2010). The impact of Land-Use change on ecosystem services, biodiversity and returns to landowners: a case study in the state of Minnesota. *Environmental and Resource Economics*, 48(2), 219 - 242. <https://doi.org/10.1007/s10640-010-9407-0>.

[9]. Quang, T. C., Nguyen, T. H., Tatsumi, K., Pham, V. T & Tri, V. P. D (2022). A Land-Use Change Model to support Land-Use Planning in the Mekong Delta (MEKOLUC). *Land*, 11(2), 297. <https://doi.org/10.3390/land11020297>.

[10]. Hall, L. S., Krausman, P. R & Morrison, M. L (1997). The Habitat Concept and a Plea for Standard Terminology. *Wildlife Society Bulletin (1973 - 2006)*, 25(1), 173 - 182. <http://www.jstor.org/stable/3783301>.

[11]. Vu, T. T., Shen, Y & Lai, H (2022). Strategies to mitigate the deteriorating habitat quality in Dong Trieu district, Vietnam. *Land*, 11(2),305. <https://doi.org/10.3390/land11020305>.

[12]. Bai, L., Xiu, C., Feng, X & Liu, D (2019). Influence of urbanization on regional habitat quality: A case study of Changchun City. *Habitat International*, 93, 102042. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2019.102042>.

[13]. Binh, D. V., Tran, D. D., Duong, V. H. T., Bauer, J., Park, E., & Loc, H. H (2025). Land use change in the Vietnamese Mekong Delta: Long-term impacts of drought and salinity intrusion using satellite and monitoring data. *iScience*, 28(6),112723. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2025.112723>.

**MODELING LAND USE CHANGES AND HABITAT QUALITY IN THE COASTAL AREAS
OF SOC TRANG PROVINCE (PRE-JULY 2025)**

Nguyen Trong Can¹, Nguyen Thi Hong Diep², Nguyen Trong Nguyen²

¹Environment centre, Charles University, Czech Republic

²College of Environment and Natural Resources, Can Tho University

Abstract

This study was conducted to assess habitat quality in Soc Trang province (now Can Tho City) under four 2030 scenarios: Business as Usual (BAU), Climate Change (CCC), Profit Optimization (ECO) and Sustainable Development (SUS), by integrating remote sensing data with the InVEST model. The results indicate that approximately 13 - 27% of the natural area will undergo land use transition. Among these, the BAU scenario exhibits the lowest conversion rate (13%). Conversely, under the climate change scenario, about 25% of the natural area will be altered, with the transition trend primarily shifting towards agricultural systems aimed at mitigating climate change impacts, such as double-rice crops, fruit orchards, and aquaculture. The lowest habitat quality is observed in the profit optimization scenario, largely driven by the expansion of aquaculture zones. Pre-merge districts such as Vinh Chau, My Xuyen, My Tu and Tran De consistently remain hotspots for habitat degradation regardless of the scenario. This research contributes to proposing a multidimensional land-use planning and management framework, aiming to balance economic development, safeguard farmers' livelihoods, and conserve ecosystems toward sustainable development.

Keywords: *Land use, InVEST, Soc Trang, climate change, habitat quality.*

Ngày nhận bài: 20/4/2026

Ngày chuyển phản biện: 11/5/2026

Ngày thông qua phản biện: 25/5/2026

Ngày duyệt bài: 22/6/2026