

NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG CƠ SỞ DỮ LIỆU NƯỚC BIỂN DÂNG HỖ TRỢ QUẢN LÝ SỬ DỤNG ĐẤT VÙNG VEN BIỂN TỈNH THANH HÓA

Tô Thị Phụng¹, Phạm Thị Nguyệt¹,
Nguyễn Thị Thanh Thảo¹, Nguyễn Quang Thi^{2,*}

¹ Trường Đại học Thành Đông

² Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Thái Nguyên

*Email: nguyenquangthi@tuaf.edu.vn

TÓM TẮT

Biến đổi khí hậu và nước biển dâng đang đặt ra những thách thức nghiêm trọng đối với các khu vực ven biển, đặc biệt tại các tỉnh có mật độ dân cư và hoạt động kinh tế cao như Thanh Hóa. Trong bối cảnh đó, việc xây dựng cơ sở dữ liệu về nước biển dâng là cơ sở quan trọng giúp hỗ trợ công tác quản lý, quy hoạch và sử dụng đất một cách chủ động và bền vững. Nghiên cứu này tập trung xây dựng cơ sở dữ liệu nguy cơ ngập do nước biển dâng cho vùng ven biển tỉnh Thanh Hóa trên nền tảng dữ liệu Digital Elevation Model (DEM), viễn thám và các kịch bản khí hậu Representative Concentration Pathways (RCP). Dữ liệu sử dụng đất từ ESRI (Environmental Systems Research Institute) 10 m Land Cover được tích hợp để phân tích mức độ ảnh hưởng đến từng loại hình sử dụng đất trong các mốc thời gian năm 2050, 2080, 2100. Kết quả cho thấy, nguy cơ ngập tăng rõ rệt theo thời gian và kịch bản phát thải, đặc biệt ảnh hưởng đến đất nông nghiệp, đất xây dựng và khu vực rừng ven biển. Các bản đồ nguy cơ ngập và thống kê định lượng được xây dựng sẽ là cơ sở khoa học phục vụ công tác ra quyết định trong quản lý tài nguyên đất và quy hoạch không gian ứng phó với biến đổi khí hậu.

Từ khóa: Cơ sở dữ liệu, nước biển dâng, tỉnh Thanh Hóa, RCP.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những thập kỷ gần đây, tác động của biến đổi khí hậu ngày càng trở nên rõ rệt, đặc biệt tại các khu vực ven biển, nơi hội tụ nhiều yếu tố nhạy cảm như: Địa hình thấp, dân cư đông, hệ sinh thái dễ bị tổn thương và các hoạt động phát triển mạnh mẽ [1, 2]. Theo báo cáo của IPCC, mực nước biển toàn cầu có xu hướng tăng đều mỗi năm, với các kịch bản RCP dự báo mực nước biển có thể dâng từ 0,5 đến hơn 1 mét vào cuối thế kỷ 21 nếu không có các biện pháp giảm phát thải hiệu quả [3, 4]. Tỉnh Thanh Hóa có đường bờ biển dài và địa hình trũng ven biển, là một trong những địa phương có nguy cơ cao bị tác động bởi hiện tượng này [5, 6].

Thực tế hiện nay cho thấy, công tác quy hoạch sử dụng đất ở các vùng ven biển chủ yếu dựa trên hiện trạng và quy hoạch kinh tế - xã hội,

trong khi yếu tố biến đổi khí hậu, đặc biệt là nước biển dâng chưa được tích hợp đầy đủ [7, 8]. Điều này dẫn đến nhiều hệ lụy như: Ngập lụt vùng dân cư, suy giảm sản xuất nông nghiệp, xói lở bờ biển và mất cân bằng hệ sinh thái [9]. Do đó, việc xây dựng một cơ sở dữ liệu tích hợp, cập nhật và mang tính dự báo về nước biển dâng là yêu cầu cấp thiết nhằm hỗ trợ công tác quản lý sử dụng đất hiệu quả hơn.

Trên cơ sở đó, nghiên cứu được thực hiện với mục tiêu xây dựng bộ cơ sở dữ liệu không gian về nguy cơ ngập do nước biển dâng tại khu vực ven biển tỉnh Thanh Hóa, dựa trên các kịch bản phát thải khí nhà kính RCP, dữ liệu DEM và lớp sử dụng đất độ phân giải cao. Sản phẩm đầu ra bao gồm bản đồ vùng nguy cơ ngập và thống kê định lượng theo thời gian - không gian, nhằm phục vụ công tác đánh giá, lập kế hoạch và thích

ứng hiệu quả với biến đổi khí hậu trong quản lý đất đai ven biển.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Dữ liệu sử dụng

Bảng 1. Dữ liệu sử dụng trong nghiên cứu

Dữ liệu	Mô tả	Năm thu thập	Nguồn
DEM (Digital Elevation Model)	Dữ liệu địa hình để mô phỏng vùng ngập	2000	SRTM (30 m)
Ranh giới hành chính	Ranh giới tỉnh, huyện	2020	Bộ Tài nguyên và Môi trường
Kịch bản nước biển dâng	Tăng mực nước biển theo RCP hoặc SSP	2020	Bộ Tài nguyên và Môi trường
Lớp phủ sử dụng đất	Phân loại đất, dân cư, công trình, thực vật	2020	ESRI 10 m Annual Land Cover

Dữ liệu địa hình (DEM): Mô hình số độ cao được sử dụng để mô phỏng khu vực nguy cơ ngập khi mực nước biển dâng. Nghiên cứu sử dụng dữ liệu DEM SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) với độ phân giải 30 m, phù hợp với quy mô nghiên cứu cấp tỉnh [10]. Dữ liệu cho phép xây dựng bản đồ địa hình và đánh giá các khu vực có cao độ thấp, dễ bị tác động bởi mực nước biển dâng (Hình 1a).

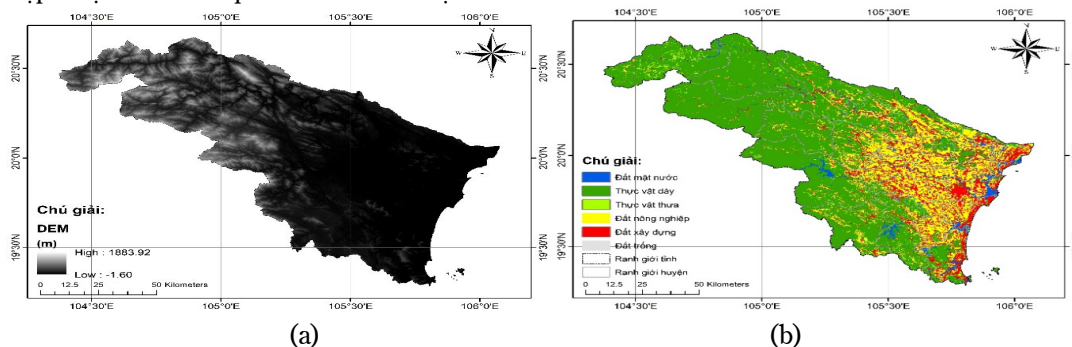
Ranh giới hành chính: Dữ liệu ranh giới các đơn vị hành chính từ cấp tỉnh đến huyện được sử dụng để phân vùng khu vực nghiên cứu, đảm bảo việc phân tích và thống kê diện tích nguy cơ ngập theo các kịch bản. Dữ liệu được thu thập từ Bộ Tài nguyên và Môi trường (nay là Bộ Nông nghiệp và Môi trường), giúp khoanh vùng ảnh hưởng theo từng địa phương.

Kịch bản nước biển dâng: Nghiên cứu sử dụng kịch bản nước biển dâng cho Việt Nam năm 2020 được cập nhật theo kết quả mới nhất về kịch bản

Nghiên cứu tiến hành thu thập dữ liệu từ nhiều nguồn khác nhau bao gồm dữ liệu không gian và phi không gian (Bảng 1).

nước biển dâng toàn cầu của IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) năm 2019 [11], Bộ Tài nguyên và Môi trường (2016) [12] nhằm mô phỏng các thử nghiệm. Các kịch bản được lựa chọn do có độ tin cậy cao, phù hợp với điều kiện khí hậu địa hình Việt Nam và được sử dụng phổ biến trong các nghiên cứu đánh giá tác động biến đổi khí hậu.

Dữ liệu sử dụng đất: Dữ liệu ESRI 10 m Annual Land Cover là một tập hợp bản đồ toàn cầu về lớp phủ sử dụng đất, được phát triển bởi Impact Observatory, Esri và Microsoft [13]. Dữ liệu được xây dựng dựa trên ảnh vệ tinh Sentinel-2 với độ phân giải 10 m. Bên cạnh đó, kết quả được tạo từ mô hình học sâu huấn luyện trên hàng tỷ điểm ảnh được gán nhãn bởi con người với độ chính xác trung bình trên 75%. Nghiên cứu thu thập nhằm đánh giá tác động của nước biển dâng đến các loại sử dụng đất khu vực nghiên cứu (Hình 1b).



Hình 1. Bản đồ mô hình số độ cao (a) và lớp phủ sử dụng đất (b) tỉnh Thanh Hóa

2.2. Phương pháp xử lý dữ liệu

Sau khi thu thập, các lớp dữ liệu được xử lý nhằm đảm bảo tính đồng bộ và chính xác. Quy trình xử lý dữ liệu bao gồm:

- *Tiền xử lý dữ liệu:* Tất cả các lớp dữ liệu không gian (DEM, sử dụng đất, ranh giới hành chính) được chuyển về cùng hệ quy chiếu WGS-84 để đảm bảo tính nhất quán trong phân tích không gian. Dữ liệu DEM (SRTM 30 m) và lớp sử dụng đất ESRI 10 m Land Cover được cắt theo phạm vi nghiên cứu bằng phần mềm ArcGIS 10.8, đồng thời được nạp lên nền tảng Google Earth Engine (GEE) để kiểm tra chất lượng và đồng bộ hệ tọa độ.

- *Mô phỏng vùng ngập do nước biển dâng:* Trên nền tảng GEE, các kịch bản mực nước biển dâng (RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5) được tích hợp với lớp DEM để xác định khu vực có cao độ nhỏ hơn hoặc bằng mực nước biển giả định tại các mốc thời gian năm 2050, 2080, 2100. Kết quả raster vùng ngập được xuất ra dưới định dạng GeoTIFF để phân tích chi tiết hơn trong ArcGIS.

- *Chồng lớp phân tích:* Trong ArcGIS, các lớp vùng ngập được chồng lên bản đồ sử dụng đất bằng công cụ Overlay Analysis để xác định diện tích các loại đất bị ảnh hưởng theo từng kịch bản. Các công cụ Raster Calculator và Zonal Statistics

được sử dụng để tính toán và thống kê diện tích ngập của từng loại hình sử dụng đất.

Phương pháp được lựa chọn nhằm bảo đảm tính khách quan và độ chính xác khi mô phỏng ngập lụt; phù hợp với mục tiêu đánh giá tác động nước biển dâng dựa trên dữ liệu địa không gian, cho phép xác định và phân tích trực quan các khu vực có nguy cơ ngập cao.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kịch bản thử nghiệm

Theo kịch bản biến đổi khí hậu [14], kịch bản nước biển dâng cho Việt Nam được thể hiện ở bảng 2. Bên cạnh đó, kịch bản nước biển dâng chỉ xét đến sự thay đổi mực nước biển trung bình do biến đổi khí hậu, mà chưa xét đến ảnh hưởng của các yếu tố khác gây nên sự dâng cao của mực nước biển như: Nước dâng do bão, nước dâng do gió mùa, thủy triều, quá trình nâng/hạ địa chất và các quá trình khác [15].

Theo báo cáo của Bộ Tài nguyên và Môi trường (2021) [14], nước biển dâng tại khu vực Biển Đông có xu hướng gia tăng rõ rệt theo từng kịch bản phát thải khí nhà kính. Ba kịch bản được sử dụng để mô phỏng bao gồm: RCP 2.6 (kịch bản nồng độ khí nhà kính thấp), RCP 4.5 (kịch bản nồng độ khí nhà kính trung bình thấp) và RCP 8.5 (kịch bản nồng độ khí nhà kính cao).

Bảng 2. Kịch bản nước biển dâng toàn khu vực Biển Đông

Đơn vị: cm.

Kịch bản	Các mốc thời gian của thế kỷ 21		
	Năm 2050	Năm 2080	Năm 2100
RCP 2.6	25	38	46
RCP 4.5	23	42	55
RCP 8.5	28	52	77

Tại mốc năm 2050, mực nước biển dâng dao động từ 23 cm (RCP 4.5) đến 28 cm (RCP 8.5). Bên cạnh đó, chênh lệch nhỏ ở mốc năm 2050 phản ánh quán tính đại dương và tác động giảm aerosol sớm trong RCP2.6; khác biệt này nằm trong dải bất định và đảo chiều rõ rệt vào cuối thế kỷ khi RCP4.5 tích lũy phát thải lớn hơn. Đến năm 2100, sự chênh lệch giữa các kịch bản có sự thay đổi rõ rệt: Trong khi RCP 2.6 chỉ tăng 46 cm thì RCP 8.5 dự báo tăng đến 77 cm (gấp 1,67 lần).

Nguồn: Bộ Tài nguyên và Môi trường (2021) [14]. Điều này phản ánh tác động tích lũy theo thời gian và sự phụ thuộc mạnh vào định hướng phát triển kinh tế, năng lượng và kiểm soát khí thải toàn cầu.

3.2. Bản đồ nguy cơ ngập khu vực nghiên cứu theo kịch bản

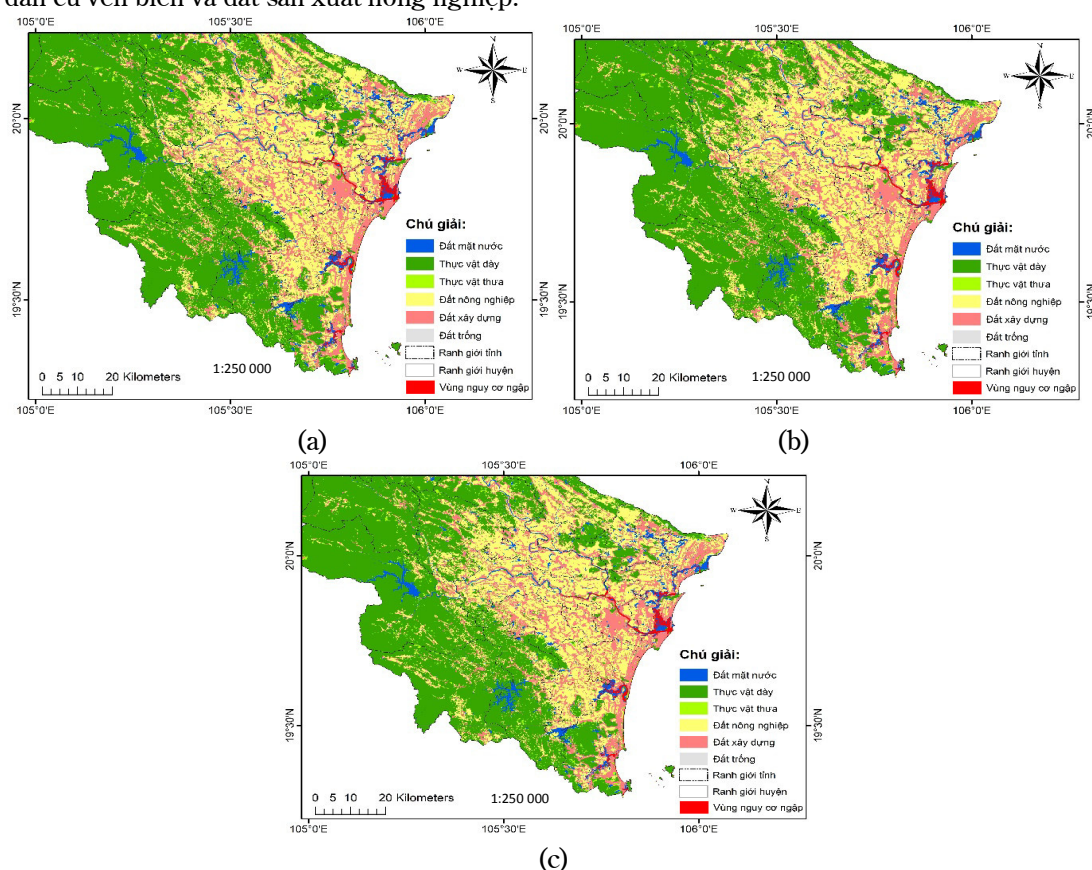
Để xây dựng các bản đồ nguy cơ ngập, đã tiến hành xây dựng và biên tập cơ sở dữ liệu không gian bao gồm lớp DEM, ranh giới hành chính và dữ liệu sử dụng đất. Các lớp dữ liệu được chuẩn hóa, chồng xếp và xử lý trong môi trường GIS

nhằm mô phỏng phạm vi ngập úng với từng kịch bản nước biển dâng tại các mốc thời gian năm 2050, 2080, 2100. Hình 2, 3, 4 lần lượt thể hiện trực quan phạm vi và mức độ nguy cơ ngập tại khu vực ven biển tỉnh Thanh Hóa tương ứng với 3 kịch bản phát thải khí nhà kính tại 3 mốc thời gian. Nhìn chung, khu vực có nguy cơ ngập cao chủ yếu phân bố tại các địa bàn ven biển các huyện: Nghi Sơn, Hậu Lộc, Nga Sơn, Hoằng Hóa (địa giới hành chính trước 01/7/2025). Các huyện xảy ra ngập là những nơi có địa hình thấp, gần cửa sông, ven đầm phá và thường xuyên chịu tác động bởi triều cường, bão lụt.

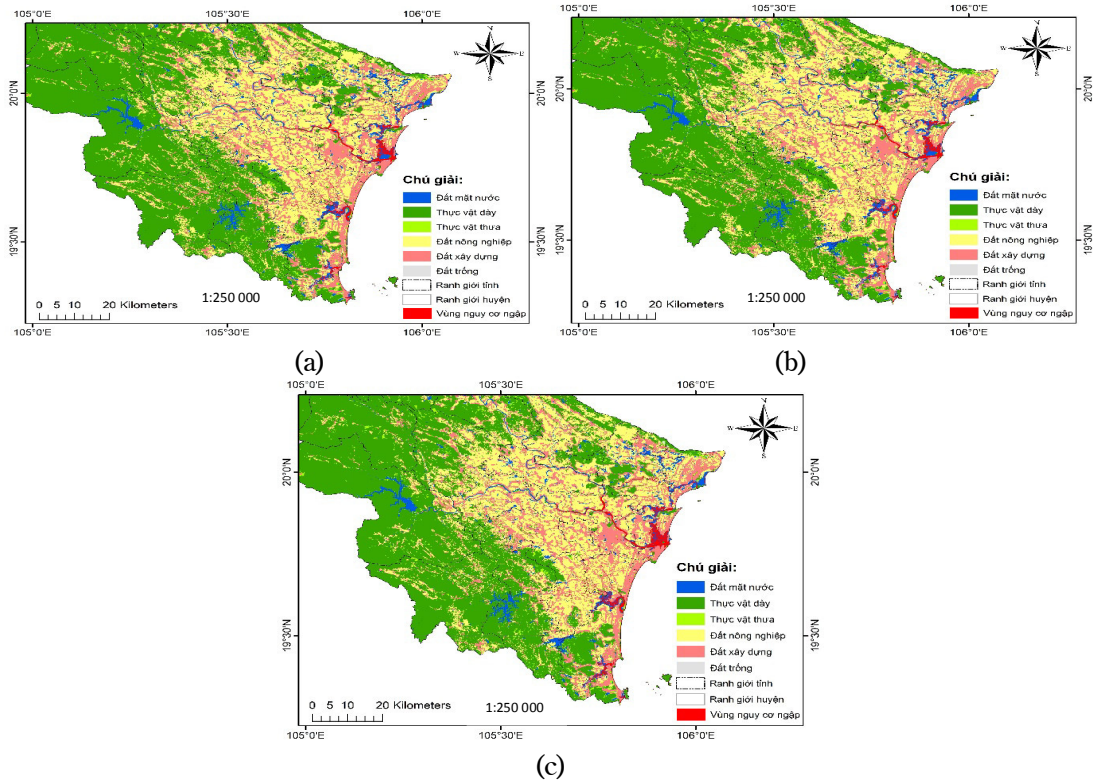
Ở kịch bản RCP 2.6, vùng ngập năm 2050 còn tương đối hạn chế, chỉ tập trung rải rác ở một số vùng cửa sông và các khu vực trũng thấp. Tuy nhiên, đến năm 2100, ngay cả với kịch bản phát thải thấp, các dải đất ven biển đã ghi nhận sự mở rộng đáng kể của vùng ngập, ảnh hưởng đến nhiều khu dân cư ven biển và đất sản xuất nông nghiệp.

Trong khi đó, ở kịch bản RCP 4.5, nguy cơ ngập rõ rệt hơn với vùng ảnh hưởng lan rộng vào sâu trong nội địa. Các bản đồ tại mốc năm 2080 và 2100 cho thấy, các khu vực đồng bằng duyên hải vốn tập trung dân cư và các hoạt động kinh tế - xã hội bị bao phủ bởi vùng có nguy cơ ngập cao. Ranh giới lan truyền của nước biển dâng không chỉ dừng ở khu vực sát mép biển mà đã ăn sâu vào vùng nông thôn ven biển.

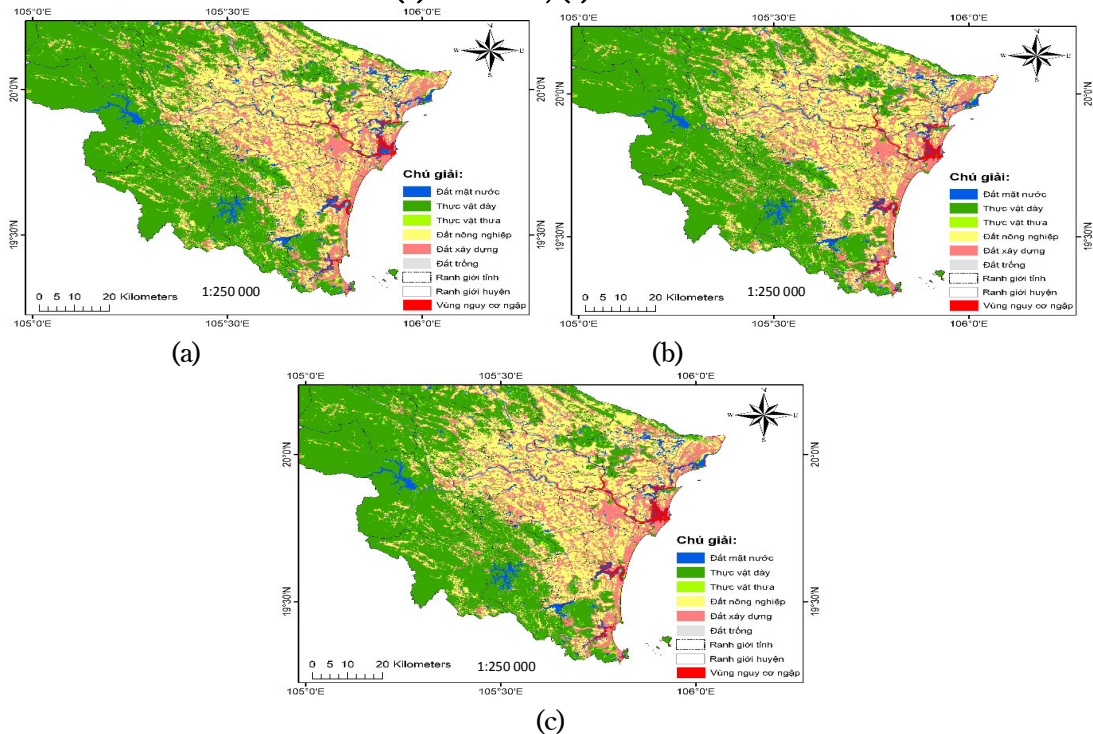
Kịch bản RCP 8.5 (đại diện cho mức phát thải cao nhất) cho thấy mức độ nghiêm trọng rõ rệt ngay từ năm 2050. Đến năm 2100, toàn bộ vùng đồng bằng ven biển có nguy cơ bị ngập, đặc biệt là các khu vực đất trồng lúa, nuôi trồng thủy sản và đất ở nông thôn. Một số khu vực đất trồng và rừng phòng hộ ven biển cũng nằm trong vùng ảnh hưởng, đặt ra nguy cơ mất rừng chắn sóng và làm tăng tác động xâm nhập mặn.



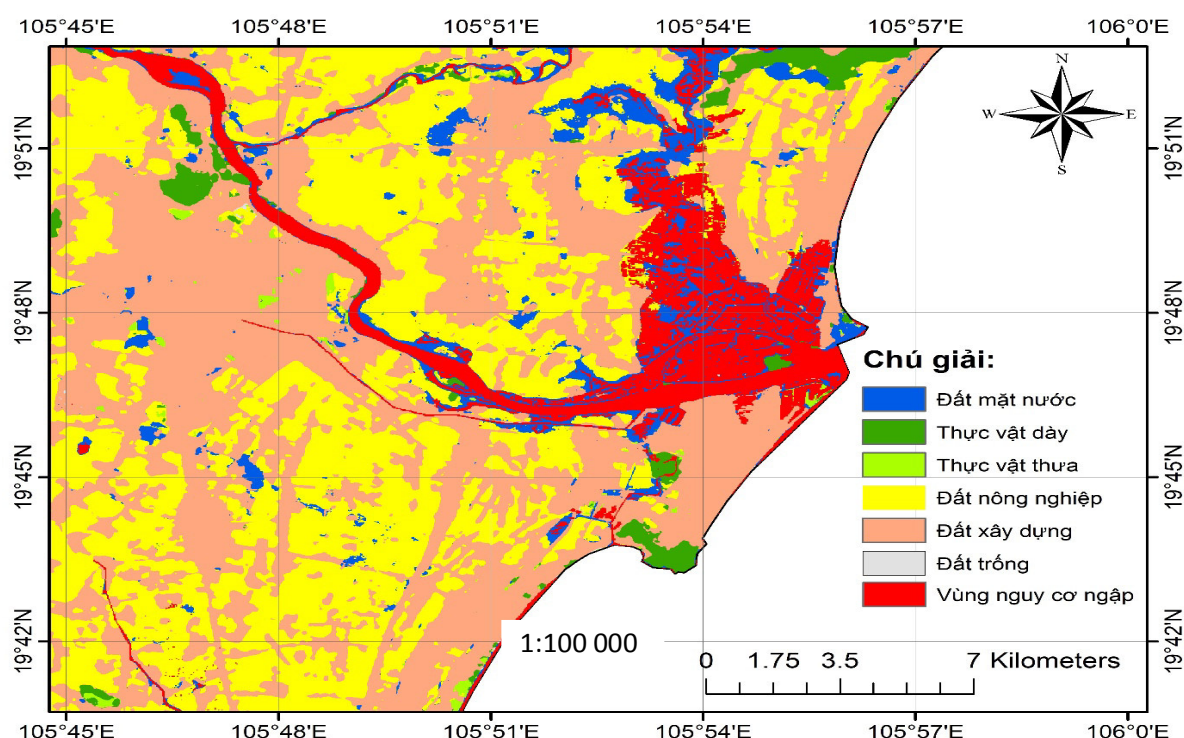
Hình 2. Bản đồ nguy cơ ngập tỉnh Thanh Hóa theo kịch bản RCP 2.6: (a) năm 2050; (b) năm 2080; (c) năm 2100



Hình 3. Bản đồ nguy cơ ngập tỉnh Thanh Hóa theo kịch bản RCP 4.5: (a) năm 2050; (b) năm 2080; (c) năm 2100



Hình 4. Bản đồ nguy cơ ngập tỉnh Thanh Hóa theo kịch bản RCP 8.5: (a) năm 2050; (b) năm 2080; (c) năm 2100



Hình 5. Bản đồ nguy cơ ngập khu vực Sầm Sơn, tỉnh Thanh Hóa theo kịch bản RCP 8.5 năm 2100

3.3. Diện tích nguy cơ ngập theo ranh giới và theo lớp phủ sử dụng đất

Bảng 3 trình bày tổng diện tích (tính theo ha) bị ảnh hưởng bởi nước biển dâng tại 13 đơn vị hành chính cấp huyện trong khu vực nghiên cứu của tỉnh Thanh Hóa, tương ứng với 3 kịch bản RCP 2.6, RCP 4.5 và RCP 8.5 trong các mốc thời gian năm 2050, 2080, 2100.

Tổng diện tích nguy cơ ngập tăng dần theo cả thời gian và mức độ phát thải. Cụ thể, ở kịch bản RCP 2.6 (phát thải thấp), diện tích ngập tăng từ 6.971,17 ha (năm 2050) lên 6.997,69 ha (năm 2100). Trong khi đó, ở kịch bản RCP 8.5 (phát thải cao), diện tích nguy cơ ngập tăng mạnh từ 6.972,43 ha lên đến 8.933,40 ha, tức tăng gần 2.000 ha chỉ trong vòng 50 năm, cho thấy ảnh hưởng tích lũy rõ

rệt theo thời gian. Trong phạm vi nghiên cứu, huyện Hoàng Hóa là địa phương có diện tích bị ảnh hưởng lớn nhất ở tất cả các kịch bản và thời điểm. Cụ thể, diện tích ngập trong huyện dao động từ 2.290,05 ha (RCP 2.6 – năm 2050) đến 2.946,33 ha (RCP 8.5 - năm 2100). Huyện có địa hình thấp, bờ biển dài, tập trung nhiều khu dân cư, đất nông nghiệp và hoạt động kinh tế ven biển. Bên cạnh đó, thị xã Nghi Sơn cũng là một trong những địa phương chịu ảnh hưởng lớn, với diện tích ngập tăng từ 1.370,81 ha lên đến 1.741,65 ha, đặc biệt rõ rệt trong các kịch bản phát thải trung bình và cao. Tương tự, các huyện Quảng Xương, thành phố Thanh Hóa và thành phố Sầm Sơn cũng ghi nhận diện tích ngập vượt 500 ha trong phần lớn các kịch bản.

Bảng 3. Diện tích khu vực nguy cơ ngập tại các huyện, thành phố của tỉnh Thanh Hóa

Đơn vị: ha

Huyện, thị xã, thành phố	RCP 2.6			RCP 4.5			RCP 8.5		
	Năm 2050	Năm 2080	Năm 2100	Năm 2050	Năm 2080	Năm 2100	Năm 2050	Năm 2080	Năm 2100
1. Bỉm Sơn	0,25	0,76	0,76	0,08	0,76	0,76	0,25	0,76	1,18
2. Đông Sơn	13,48	13,82	13,99	13,48	13,99	18,12	13,65	18,03	19,29
3. Hà Trung	39,10	39,10	39,18	39,10	39,18	119,21	39,10	119,21	120,55

KHOA HỌC & CÔNG NGHỆ

4. Hậu Lộc	452,80	453,13	453,72	452,80	453,72	606,91	452,88	606,66	617,45
5. Hoàng Hóa	2.290,05	2.291,82	2.295,78	2.289,88	2.295,78	2.886,39	2.290,13	2.881,50	2.946,33
6. Nga Sơn	113,28	113,70	114,20	112,94	114,20	200,68	113,36	200,43	205,87
7. Nông Cống	309,86	310,76	313,54	309,86	313,54	426,38	309,86	423,45	473,09
8. Quảng Xương	885,18	887,35	890,45	885,09	890,45	1021,97	885,18	1018,83	1.072,01
9. Sầm Sơn	456,97	457,14	457,48	456,97	457,48	532,38	457,06	531,79	536,74
10. Thanh Hóa	698,03	698,37	699,47	697,95	699,47	732,17	698,20	731,66	738,40
11. Thiệu Hóa	341,19	341,28	341,28	341,19	341,28	458,63	341,28	458,63	459,89
12. Nghi Sơn	1.370,81	1.373,78	1.377,33	1.370,47	1.377,33	1.692,19	1.371,32	1.689,31	1.741,65
13. Triệu Sơn	0,0	0,34	0,51	0,0	0,51	0,59	0,17	0,51	0,93
Tổng	6.971,17	6.981,34	6.997,69	6.969,82	6.988,33	8.696,37	6.972,43	8.680,77	8.933,40

Ghi chú: Tên huyện, thị xã, thành phố thời điểm trước 01/7/2025.

Sự gia tăng mạnh diện tích ngập tại các địa phương như huyện Hoàng Hóa, Quảng Xương, thị xã Nghi Sơn, hay thành phố Sầm Sơn chủ yếu bắt nguồn từ đặc điểm địa hình thấp, trải rộng theo dải bãi ngang ven biển, nơi có cao độ trung bình thấp hơn so với mực nước biển và hệ thống triều. Các khu vực này có mạng lưới sông ngòi, đầm phá, bãi triều dày đặc, tạo điều kiện cho nước biển lan sâu vào đất liền khi mực nước biển dâng hoặc khi xuất hiện triều cường kết hợp mưa lớn. Trong khi đó, tốc độ đô thị hóa và mở rộng hạ tầng ven biển những năm gần đây cũng làm giảm diện tích bề mặt thấm tiêu tự nhiên, khiến khả năng thoát nước giảm, dẫn đến mức độ ngập lụt tăng cao hơn trong các kịch bản phát thải. Bên cạnh đó, các khu kinh tế, công nghiệp và khu dân cư ven biển tại thị xã Nghi Sơn, huyện Hoàng Hóa và thành phố Sầm Sơn thường được xây dựng trên các vùng có nguy cơ ngập tự nhiên, khiến mức độ tổn thương càng rõ rệt khi mô phỏng theo mực nước biển dâng.

Ngược lại, các huyện Triệu Sơn, Đông Sơn và thị xã Bỉm Sơn có diện tích ngập nhỏ (dưới 50 ha) trong kịch bản RCP 2.6. Tuy nhiên, ở kịch bản RCP 8.5, các địa phương này đều có xu hướng tăng diện tích bị ảnh hưởng. Kết quả cho thấy, dù

không phải là khu vực ven biển trực tiếp, nhưng địa hình trùng ven sông và tác động gián tiếp từ hoạt động kinh tế - xã hội khiến nguy cơ ngập tăng cao nếu không có biện pháp quản lý hiệu quả.

Tóm lại, kết quả phân tích diện tích đất có nguy cơ bị ngập theo các kịch bản nước biển dâng cho thấy những tác động trực tiếp và gián tiếp đến công tác quản lý, sử dụng đất tại tỉnh Thanh Hóa trong tương lai. Việc diện tích bị ảnh hưởng tăng mạnh ở nhiều địa phương, đặc biệt là huyện Hoàng Hóa, Quảng Xương, thị xã Nghi Sơn và thành phố Sầm Sơn đặt ra yêu cầu cấp thiết phải rà soát và điều chỉnh quy hoạch sử dụng đất theo hướng thích ứng với biến đổi khí hậu. Các loại đất dễ tổn thương như: Đất nông nghiệp ven biển, đất nuôi trồng thủy sản, đất ở tại khu vực trũng thấp và đất dành cho du lịch, dịch vụ cần được xem xét lại trong phân bố không gian nhằm hạn chế thiệt hại về sinh kế và cơ sở hạ tầng. Bên cạnh đó, tại các khu vực có nguy cơ ngập lớn theo kịch bản RCP 4.5 và RCP 8.5, công tác quản lý đất đai cần chú trọng bố trí quỹ đất cho hạ tầng phòng chống thiên tai, mở rộng hành lang thoát lũ, bảo vệ bờ biển và nâng nền xây dựng đối với các khu vực phát triển đô thị, công nghiệp, đặc biệt là Khu kinh tế Nghi Sơn.

Bảng 4. Diện tích khu vực nguy cơ ngập theo lớp phủ sử dụng đất khu vực nghiên cứu

Đơn vị: ha.

Sử dụng đất	RCP 2.6			RCP 4.5			RCP 8.5		
	Năm 2050	Năm 2080	Năm 2100	Năm 2050	Năm 2080	Năm 2100	Năm 2050	Năm 2080	Năm 2100
1. Đất mặt nước	6.186,56	6.194,53	6.207,43	6.185,57	6.200,09	7.616,87	6.187,74	7.605,38	7.770,67
2. Thực vật dày	66,43	66,53	66,64	66,34	66,56	78,45	66,43	78,00	82,71
3. Thực vật thưa	59,92	59,96	60,05	59,92	60,05	71,50	59,92	71,48	73,01
4. Đất nông nghiệp	375,96	377,44	380,03	375,86	378,57	496,63	375,96	493,28	562,19
5. Đất xây dựng	214,08	214,32	214,76	214,08	214,38	340,12	214,08	339,96	349,65
6. Đất trống	68,21	68,57	68,78	68,04	68,69	92,80	68,29	92,68	95,17

Bảng 4 cho thấy mức độ ảnh hưởng của nước biển dâng đối với các loại hình sử dụng đất tại khu vực ven biển tỉnh Thanh Hóa có sự khác biệt rõ rệt theo thời gian và kịch bản phát thải. Tổng diện tích bị ngập có xu hướng tăng mạnh từ năm 2050 - 2100, đồng thời cơ cấu các loại đất bị ảnh hưởng cũng thay đổi theo hướng mở rộng dần ra khu vực đất sản xuất và đất xây dựng. Điều này phản ánh xu thế chung của biến đổi khí hậu toàn cầu, khi mực nước biển trung bình tiếp tục tăng theo các kịch bản phát thải RCP của IPCC [11].

Trong các loại hình sử dụng đất, lớp đất mặt nước bị ảnh hưởng lớn nhất, chiếm phần lớn tổng diện tích ngập. Ở kịch bản RCP 2.6, diện tích ngập dao động từ 6.186,56 ha (năm 2050) đến 6.207,43 ha (năm 2100), trong khi ở kịch bản RCP 8.5, con số này tăng lên đáng kể, đạt 7.770,67 ha vào năm 2100. Sự gia tăng này thể hiện xu hướng mở rộng phạm vi ngập tại các vùng cửa sông, đầm phá và ven biển, nơi có cao độ thấp và dễ bị tác động trực tiếp bởi biến động mực nước biển. Kết quả này tương đồng với kết quả nghiên cứu của Trần Ngọc Trang và cs (2014) [16] tại đồng bằng sông Hồng; Trần Quốc Đạt và cs (2012) [17] tại đồng bằng sông Cửu Long, khi cũng nhận thấy diện tích đất ngập nước và mặt nước tự nhiên bị ảnh hưởng mạnh nhất trong các kịch bản nước biển dâng.

Đất nông nghiệp và đất xây dựng cũng ghi nhận sự gia tăng diện tích ngập đáng kể. Trong kịch bản RCP 2.6, diện tích đất nông nghiệp bị ngập chỉ khoảng 380,03 ha (năm 2100), trong khi ở kịch bản RCP 8.5, diện tích này tăng lên tới 562,19 ha. Tương tự, đất xây dựng bị ngập tăng từ 214 ha lên đến 349,65 ha trong cùng thời kỳ. Sự thay đổi này cho thấy rủi ro cao đối với tài sản, cơ sở hạ tầng và sinh kế của người dân vùng ven biển nếu không có các giải pháp quy hoạch sử dụng đất thích ứng. Kết quả này cũng phù hợp với kết quả nghiên cứu của Kulp và Strauss (2019) [18], theo đó các đô thị ven biển châu Á đang đối mặt với nguy cơ mất mát tài sản và hạ tầng ngày càng gia tăng do nước biển dâng.

Đối với lớp thảm thực vật (bao gồm thực vật dày và thực vật thưa), tổng diện tích bị ngập đạt hơn 150 ha vào năm 2100 theo kịch bản RCP 8.5. Mặc dù diện tích này không lớn, song tác động của nó đối với hệ sinh thái lại rất đáng kể. Việc mất đi thảm thực vật ven biển có thể gây ra những hệ quả gián tiếp như giảm khả năng chắn sóng, mất cân bằng sinh thái và suy giảm đa dạng sinh học, tương đồng với kết quả nghiên cứu của Voudoukas và cs (2020) [19] về tác động của nước biển dâng đối với các hệ sinh thái ven biển châu Á - Thái Bình Dương.

Ngoài ra, lớp đất trống - khu vực chưa sử dụng hoặc đang trong quá trình chuyển đổi - cũng ghi nhận sự gia tăng đáng kể diện tích bị ngập, từ 68,21 ha (RCP 2.6 - năm 2050) lên hơn 95,17 ha (RCP 8.5 - năm 2100). Điều này cảnh báo rằng, ngay cả các khu vực tiềm năng phát triển trong tương lai cũng đối mặt với rủi ro ngập cao nếu yếu tố nước biển dâng không được tích hợp vào quy hoạch.

Kết quả nghiên cứu khẳng định rằng, tác động của nước biển dâng đối với sử dụng đất tại tỉnh Thanh Hóa là rõ rệt, có xu hướng gia tăng theo thời gian và kịch bản phát thải. Do đó, việc xây dựng cơ sở dữ liệu và bản đồ nguy cơ ngập không chỉ có ý nghĩa trong việc nhận diện các vùng dễ bị tổn thương, mà còn là công cụ khoa học quan trọng hỗ trợ quy hoạch không gian và quản lý đất đai bền vững trong bối cảnh biến đổi khí hậu.

Các kết quả mô phỏng nước biển dâng không chỉ cung cấp bằng chứng khoa học về mức độ tổn thương của từng loại đất mà còn gợi mở nhiều giải pháp ứng dụng quan trọng nhằm nâng cao hiệu quả quản lý nhà nước về đất đai tại tỉnh Thanh Hóa. Việc diện tích ngập phân hóa rõ rệt theo các kịch bản và theo từng đơn vị hành chính cho thấy cần tích hợp bắt buộc dữ liệu mô phỏng vào công tác lập, điều chỉnh quy hoạch sử dụng đất, đặc biệt tại các vùng ven biển huyện Hoàng Hóa, Quảng Xương, thị xã Nghi Sơn và thành phố Sầm Sơn.

Trên cơ sở này, tỉnh có thể xây dựng các bản đồ nguy cơ ngập đa kịch bản phục vụ phân vùng sử dụng đất, xác định các khu vực hạn chế phát triển xây dựng, ưu tiên bố trí quỹ đất cho công trình phòng, chống thiên tai, hành lang thoát lũ và tăng diện tích đất phòng hộ ven biển. Đồng thời, các kết quả mô hình cho phép chính quyền đánh giá tính bền vững của các khu công nghiệp, khu đô thị và vùng nuôi trồng thủy sản hiện hữu, từ đó đề xuất các phương án như: Nâng nền xây dựng, chuyển đổi cơ cấu sản xuất nông nghiệp, thủy sản phù hợp với nguy cơ xâm nhập mặn, hoặc bố trí tái định cư có kiểm soát cho người dân trong vùng rủi ro cao.

Bên cạnh đó, việc ứng dụng mô hình vào hệ thống cơ sở dữ liệu đất đai số của tỉnh sẽ giúp giám sát biến động, cảnh báo sớm và hỗ trợ ra quyết định trong quản lý đất đai, góp phần tăng tính chủ động và khả năng thích ứng của địa

phương trước biến đổi khí hậu. Các giải pháp này không chỉ tăng mối liên hệ giữa mô hình khoa học và thực tiễn quản lý mà còn bảo đảm định hướng phát triển bền vững của tỉnh trong dài hạn.

4. KẾT LUẬN

Các bản đồ vùng nguy cơ ngập cho các mốc thời gian năm 2050, 2080, 2100 đã được xây dựng, cho thấy xu hướng gia tăng rõ rệt cả về diện tích lẫn mức độ ảnh hưởng theo thời gian và theo kịch bản phát thải. Tổng diện tích nguy cơ ngập toàn vùng nghiên cứu tăng từ 6.971,17 ha (RCP 2.6 - năm 2050) lên đến 8.933,40 ha (RCP 8.5 - năm 2100), tương ứng mức tăng gần 2.000 ha trong 50 năm nếu không có hành động giảm phát thải. Trong đó, huyện Hoàng Hóa là khu vực bị ảnh hưởng nặng nề nhất, với diện tích ngập có thể đạt đến 2.946,33 ha vào năm 2100 theo kịch bản RCP 8.5. Các huyện, thị xã ven biển khác như: Nghi Sơn, Quảng Xương và Hậu Lộc cũng có diện tích ngập vượt quá 1.000 ha trong các kịch bản nghiêm trọng. Bên cạnh đó, xét theo loại hình sử dụng đất, đất mặt nước là lớp bị ảnh hưởng lớn nhất, chiếm trên 7.700 ha ở kịch bản RCP 8.5 – năm 2100. Tuy nhiên, đất xây dựng và đất nông nghiệp cũng ghi nhận diện tích bị ngập tăng mạnh - lần lượt đạt 349,65 ha và 562,19 ha vào năm 2100 theo kịch bản RCP 8.5. Đây là những loại đất liên quan trực tiếp đến sinh kế và hạ tầng dân sinh - kinh tế, cho thấy mức độ tổn thất tiềm năng là rất lớn nếu không có giải pháp thích ứng kịp thời.

Kết quả nghiên cứu cho thấy rõ tính cấp thiết của việc tích hợp yếu tố nước biển dâng vào quy hoạch sử dụng đất và quản lý tài nguyên vùng ven biển. Đồng thời, cơ sở dữ liệu xây dựng từ nghiên cứu có thể sử dụng làm đầu vào cho các hệ thống quản lý sử dụng đất vùng ven biển tỉnh Thanh Hóa.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Pistone, I. (2025). The effects of climate change on contemporary urban coastlines. In *Urban coasts in socio-ecological transition: A methodological framework to support planning and management of the city-sea interface* (pp. 51 - 67). Cham: Springer Nature Switzerland.
2. Nicholls, R. J. & Lowe, J. A. (2004). Benefits of mitigation of climate change for

coastal areas. *Global environmental change*, 14(3), 229 - 244.

3. Nicholl, R. J. (2014). An analysis of the flood implications of the IPCC second assessment global sea-level rise scenarios. In *Floods*. Routledge. 148 - 162.

4. Siegert, M., Alley, R. B., Rignot, E., Englander, J. & Corell, R. (2020). Twenty-first century sea-level rise could exceed IPCC projections for strong-warming futures. *One Earth*, 3(6), 691 - 703.

5. Schmidt-Thome, P., Nguyen, T. H., Pham, T. L., Jarva, J., Nuottimäki, K., Schmidt-Thome, P., ... & Nuottimäki, K. (2015). Impacts of climate change on the Thanh Hoa province. *Climate Change adaptation measures in Vietnam: Development and Implementation*, 17 - 44.

6. Huong, D., Mui, T., Tuan, T., Vu, V., Thuy, H., Hoang, V., ... & Hanh, L. (2024). Assessing vulnerability to climate change in rice cultivation in Thanh Hoa province, Vietnam. *Applied Ecology & Environmental Research*, 22(6), 5719 - 5738.

7. Pourebrahim, S., Hadipour, M. & Mokhtar, M. B. (2011). Integration of spatial suitability analysis for land use planning in coastal areas; case of Kuala Langat district, Selangor, Malaysia. *Landscape and Urban Planning*, 101(1), 84 - 97.

8. Kotsoni, A., Dimelli, D. & Ragia, L. (2017). Land use planning for sustainable development of coastal regions. In *International Conference on Geographical Information Systems Theory, Applications and Management*. SciTePress. 2, 290 - 294.

9. Aliyu, A. A., Garkuwa, A. I., Singhry, I. M., Muhammad, M. S. & Baba, H. M. (2016). Impact of flooding on residential property values: A review and analysis of previous studies. In *Proceedings of the academic conference of nightingale publications and research international on sustainable development, Federal University of Technology, Minna, Education Resource Centre Conference Hall, Niger State, Nigeria*. Vol. 2.

10. Farr, T. G., Rosen, P. A., Caro, E., Crippen, R., Duren, R., Hensley, S., Kobrick, M., Paller, M., Rodriguez, E., Roth, L., Seal, D., Shaffer, S., Shimada, J., Umland, J., Werner, M., Oskin, M., Burbank, D. and Alsdorf, D. E. (2007). The shuttle radar topography mission. *Reviews of Geophysics*, v. 45, no. 2, RG2004, American Geophysical Union, <https://doi.org/10.1029/2005RG000183>.

11. Pörtner, H. O., Roberts, D. C., Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Tignor, M., Poloczanska, E., & Weyer, N. M. (2019). The ocean and cryosphere in a changing climate. *IPCC- Intergovernmental Panel on Climate Change, special report on the ocean and cryosphere in a changing climate*, 1155, 10 - 1017.

12. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2016). *Kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam*.

13. Karra, Kontgis, *et al.* (2021). Global land use/land cover with Sentinel-2 and deep learning. IGARSS 2021-2021 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium. *IEEE*.

14. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2021). *Kịch bản biến đổi khí hậu*. Nxb Tài nguyên - Môi trường và Bản đồ Việt Nam.

15. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2021). *Kịch bản biến đổi khí hậu*. <http://vnmba.gov.vn/upload/files/kich-ban-bien-doi-khi-hau-phiên-bản-cập-nhật-nam-2020.pdf>. Truy cập ngày 01/5/2025.

16. Trần Ngọc Trang, Nguyễn Hoàng Long, Nguyễn Xuân Hải (2014). Tác động nước biển dâng lên xu hướng mặn hóa đất trồng lúa thông qua nước tưới ở huyện Tiền Hải, Thái Bình. *Tạp chí Khoa học, Đại học Quốc gia Hà Nội: Các Khoa học Trái đất và Môi trường*, 30(2): 41 - 51.

17. Trần Quốc Đạt, Kanchit Likitdecharote, Nguyễn Hiếu Trung (2012). Mô phỏng xâm nhập mặn đồng bằng sông Cửu Long dưới tác động mực nước biển dâng và sự suy giảm lưu lượng từ thượng nguồn. *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ*, 21b, 141 - 150.

18. Kulp, S. A. & Strauss, B. H. (2019). New elevation data triple estimates of global

vulnerability to sea-level rise and coastal flooding. *Nature communications*, 10(1), 4844.

19. Vousdoukas, M. I., Ranasinghe, R., Mentaschi, L., Plomaritis, T. A., Athanasiou, P.,

Luijendijk, A. & Feyen, L. (2020). Sandy coastlines under threat of erosion. *Nature climate change*, 10(3), 260 - 263.

RESEARCH ON CONSTRUCTION OF SEA LEVEL RISE DATABASE TO SUPPORT LAND USE MANAGEMENT IN COASTAL AREAS OF THANH HOA PROVINCE

To Thi Phuong¹, Pham Thi Nguyet¹,

Nguyen Thi Thanh Thao¹, Nguyen Quang Thi²

¹*Thanh Dong University*

²*Thai Nguyen University of Agriculture and Forestry*

Abstract

Climate change and sea level rise pose serious challenges to coastal areas, especially in provinces with high population density and intensive economic activities such as Thanh Hoa province. In this context, the development of a sea level rise database is an essential foundation to support proactive and sustainable land management and planning. This study focuses on building a database of inundation risk caused by sea level rise for the coastal zone of Thanh Hoa province, based on DEM data, remote sensing and RCP climate scenarios. Land use data from the ESRI 10 m Land Cover dataset were integrated to analyze the degree of impact on each land use type at the time milestones of 2050, 2080, 2100. The results indicate that flood risk increases significantly over time and across emission scenarios, particularly affecting agricultural land, built-up areas and coastal forest zones. The generated inundation risk maps and quantitative statistics provide a scientific basis to support decision-making in land resource management and spatial planning in response to climate change.

Keywords: *Database, sea level rise, Thanh Hoa province, RCP.*

Ngày nhận bài: 9/9/2025

Ngày chuyển phản biện: 16/9/2025

Ngày thông qua phản biện: 21/10/2025

Ngày duyệt đăng: 20/11/2025