

ĐÁNH GIÁ NGUY CƠ TAI BIẾN VEN BỜ KHU VỰC CÔN ĐẢO, TỈNH BÀ RỊA - VŨNG TÀU SỬ DỤNG CÔNG NGHỆ GIS VÀ VIỄN THÁM

NGUYỄN QUỐC PHI^(1,2), VŨ THỊ PHƯƠNG THẢO^(1,2), PHAN THỊ MAI HOA^(1,2)
NGUYỄN THỊ ÁNH NGUYỆT⁽³⁾, ĐỖ THỊ THANH BÌNH⁽⁴⁾

⁽¹⁾Trường Đại học Mở - Địa chất

⁽²⁾Nhóm nghiên cứu Quản lý Tài nguyên và môi trường (iNREM)

⁽³⁾Viện Địa chất và Địa vật lý Biển, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

⁽⁴⁾Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu

Tóm tắt:

Khu vực vùng biển quần đảo Côn Đảo thuộc tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu được đánh giá là nơi có vị trí cực kỳ quan trọng trong việc phát triển kinh tế và đảm bảo an ninh quốc phòng. Tuy nhiên, do nằm trong khu vực mà các hoạt động địa chất cũng như các hoạt động nhân sinh luôn diễn ra mạnh mẽ trên các đảo, các dạng tai biến khu vực ven bờ như hiện tượng trượt đất, đổ lở quanh các đảo, hiện tượng xói lở - bồi tụ đường bờ luôn có nguy cơ xảy ra. Bên cạnh đó, do tác động của biến đổi khí hậu và mực nước biển dâng, nguy cơ các dạng tai biến trên sẽ có thể diễn ra với tần suất và cường độ ngày càng gia tăng. Bài báo này sử dụng kết hợp phương pháp phân tích ảnh viễn thám đánh giá diễn tiến đường bờ theo thời gian và mô hình hồi quy logistic đánh giá nguy cơ xảy ra tai biến. Kết quả phân vùng cho phép chỉ ra các khu vực xói lở - bồi tụ khác nhau và nguy cơ xảy ra tai biến từ thấp đến cao, góp phần cung cấp thông tin về các điều kiện tai biến tự nhiên phục vụ cho công tác quản lý và bảo vệ môi trường cũng như góp phần quan trọng trong việc quy hoạch, phát triển kinh tế xã hội khu vực biển - đảo và bảo vệ chủ quyền lãnh hải.

Từ khóa: Tai biến ven bờ, hồi quy logistic, viễn thám, quần đảo Côn Đảo.

1. Giới thiệu chung

Trong những năm gần đây, các dạng tai biến ở khu vực ven bờ các đảo diễn ra ngày càng phức tạp, với tần suất, cường độ và mức độ tàn phá của chúng ngày càng cao, gây thiệt hại lớn về cả người và tài sản của nhân dân. Các quá trình tai biến thường là kết quả tổ hợp của nhiều yếu tố về nền địa chất, các hoạt động kiến tạo, các điều kiện địa hình, địa mạo, điều

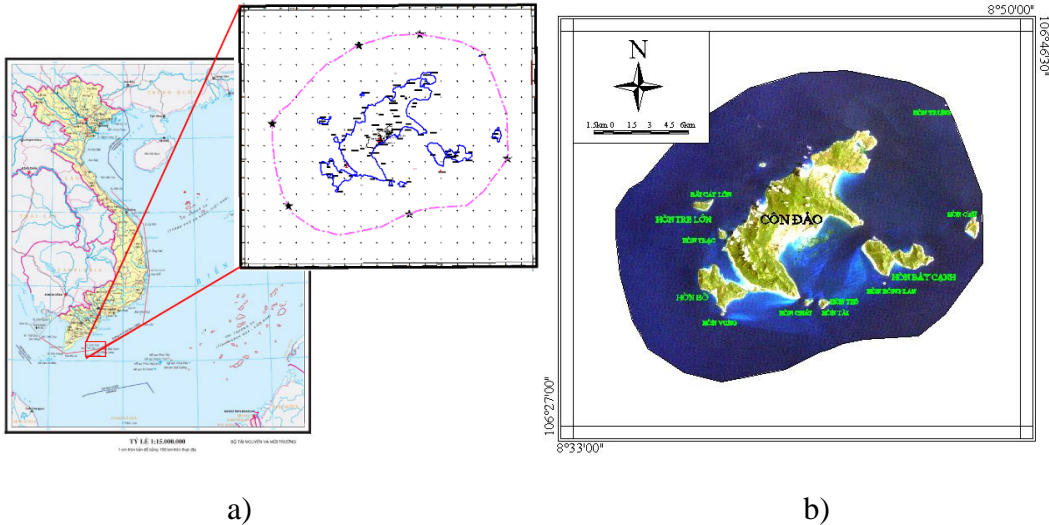
kiện khí tượng thủy văn cũng như các hoạt động của con người (Fell et al, 2008; Nguyễn Quốc Phi, 2015). Vùng đất ven bờ của các đảo thường là nơi duy nhất thích hợp cho việc phát triển kinh tế - xã hội, cũng là nơi sinh sống chủ yếu của nhân dân địa phương. Tuy nhiên, đây là những khu vực hoàn toàn nằm trong đới tương tác và chịu ảnh hưởng trực tiếp của các quá trình tự nhiên (hiện tượng xói lở, bồi tụ,

Ngày nhận bài: 1/10/2023, ngày chuyển phản biện: 5/10/2023, ngày chấp nhận phản biện: 9/10/2023, ngày chấp nhận đăng: 18/10/2023

lũ lụt, trượt lở, nước biển dâng, xói lở ngầm...) ở đới gần bờ. Hơn nữa, các vùng đất ven bờ thường là phân đất dễ bị phá huỷ bởi các quá trình tự nhiên và nhân tạo, có thể gây ra những mối đe dọa cho môi trường như gây nguy cơ ô nhiễm môi trường nước, trầm tích và cường hóa các tai biến thiên nhiên.

Vùng biển khu vực quần đảo Côn Đảo không những có ý nghĩa quan trọng trong việc phát triển kinh tế biển đảo, phát triển du lịch mà còn có vị trí quan trọng về an ninh quốc phòng và bảo vệ đất nước. Với các vai trò nổi bật như trên, nhiệm vụ hoạch định các chính sách về phát triển kinh tế, xã hội, an ninh - quốc phòng cho các đảo

và cụm đảo là nhiệm vụ rất cấp bách, cần phải được thực hiện một cách nhanh chóng, chính xác và hiệu quả. Để thực hiện được nhiệm vụ hoạch định chính sách đó cần phải có một hệ thống thông tin đầy đủ, chính xác về điều kiện tự nhiên, tài nguyên và môi trường tại các khu vực này. Do đó nghiên cứu này sử dụng kết hợp ảnh viễn thám và mô hình hồi quy logistic chỉ ra các khu vực xói lở - bồi tụ khác nhau và nguy cơ xảy ra tai biến từ thấp đến cao, góp phần cung cấp thông tin về các điều kiện tai biến tự nhiên phục vụ cho công tác quản lý và bảo vệ môi trường cũng như góp phần quan trọng trong việc quy hoạch, phát triển kinh tế xã hội khu vực biển - đảo và bảo vệ chủ quyền lãnh hải của Việt Nam.



Hình 1: Vị trí khu vực quần đảo Côn Đảo, tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu (a) và khu vực nghiên cứu năm 2020 trên ảnh tổ hợp các kênh RGB432 (Landsat 8 OLI) (b)

2. Nguồn tài liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Tài liệu nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu được giới hạn từ $08^{\circ}33'00''$ đến $08^{\circ}50'00''$ vĩ độ Bắc và từ $106^{\circ}27'00''$ đến $106^{\circ}46'30''$ kinh độ Đông. Tại khu vực nghiên cứu, các tai biến ven bờ có nguy cơ cao nhất là quá trình xói lở - bồi tụ bờ biển, hiện tượng trượt đất, đổ lở trên các đảo nổi và nguy cơ trượt lở ngầm tại các trũng sâu

quanh đảo, các tai biến động lực nội sinh có nguy cơ không cao, tuy nằm trong đới ảnh hưởng của một số hệ thống đứt gãy song theo các nghiên cứu có trước (Cao Đình Triều, 2005; Vũ Thanh Ca, 2008). Nguồn ảnh viễn thám tại khu vực nghiên cứu sử dụng cảnh ảnh 124/54 (Path/Row) từ các vệ tinh Landsat 5 (TM), Landsat 7 (ETM+), Landsat 8 (OLI) và Landsat 9 (OLI+), sau đó được gán với tọa độ thực theo các đảo và độ phân giải góc 30m

được đưa về 10 m cho tương đồng với nguồn dữ liệu nền địa hình của khu vực.

Bên cạnh đó, sử dụng kết quả phân tích đứt gãy từ các nghiên cứu có trước sử dụng tài liệu địa vật lý kết hợp tài liệu địa chất và viễn thám với 03 hệ thống đứt gãy phương Tây Bắc - Đông Nam, Đông Bắc - Tây Nam và á kinh tuyến.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phân tích biến động đường bờ sử dụng tư liệu viễn thám

Việc phân tích quá trình biến động đường bờ dựa trên nguồn tư liệu viễn thám được thực hiện thông qua các chỉ số khác biệt mặt nước (Normalized Difference Water Index - *NDWI*). Việc tính toán các chỉ số khác biệt mặt nước đã được nhiều nhà nghiên cứu (McFeeters, 1996; Rogers and Kearney, 2004; Xu, 2006) đưa ra như:

$$NDWI = \frac{\rho_{Green} - \rho_{NIR}}{\rho_{Green} + \rho_{NIR}}$$

Trong đó: *NDWI* - Chỉ số khác biệt mặt nước chuẩn hóa

ρ_{Green} , ρ_{Red} , ρ_{NIR} , ρ_{MIR} - Lần lượt là các kênh màu xanh lục, đỏ, cận hồng ngoại và hồng ngoại sóng trung

Các kênh cận hồng ngoại và hồng ngoại sóng ngắn thường được sử dụng để tách ranh giới mặt nước do các kênh này có khả năng phân biệt được cả đường bờ có thực vật (hoặc khu vực có hàm lượng chất lơ lửng cao), tách biệt rõ ràng đối tượng nước, rừng, khu vực trồng trọt; còn các kênh màu xanh lục và màu đỏ lại nhạy cảm với sự thay đổi độ đục của nước.

2.2.2. Mô hình hồi quy logistic

Hiện nay, việc phân vùng dự báo nguy cơ xảy ra tai biến với sự trợ giúp của công nghệ thông tin đã trở nên dễ dàng hơn và đạt độ tin

cây cao bằng việc sử dụng khối lượng lớn các dữ liệu liên quan (Nguyễn Quốc Phi và nnk, 2010; Quoc Phi Nguyen và nnk, 2015). Nội dung chính của việc đánh giá nguy cơ tai biến là việc là khoanh định những khu vực có mức độ rủi ro theo mức độ, nguồn gốc và theo các cơ chế khác nhau. Phương trình hồi quy logistic (logistic regression) có dạng đơn giản nhất như sau:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n \quad (1)$$

Trong đó: *Y* là kết quả hay biến phụ thuộc

X_i là các yếu tố ảnh hưởng

b_i là các hệ số liên quan của từng yếu tố

Mối quan hệ giữa xác suất xảy ra tai biến và các yếu tố ảnh hưởng có thể được biểu diễn bằng công thức:

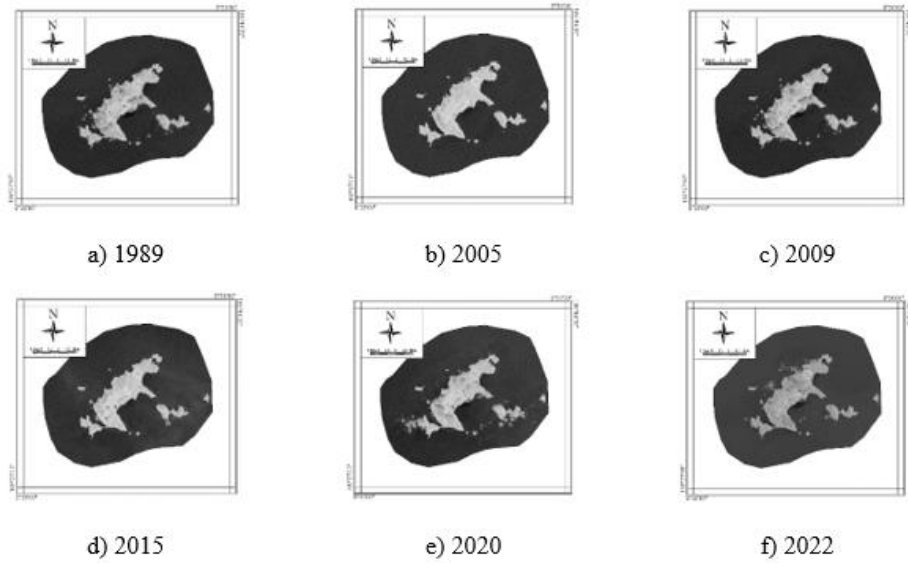
$$P = \frac{1}{1 + e^{-Y}} \quad (2)$$

Trong đó: *P* là xác suất xảy ra tại một vị trí nhất định.

3. Kết quả đánh giá nguy cơ xảy ra tai biến tại khu vực nghiên cứu

3.1. Nguy cơ xói lở - bồi tụ khu vực ven biển

Dựa trên việc nghiên cứu các chỉ số khác biệt mặt nước chuẩn hóa (*NDWI*), ranh giới bờ và nước có thể được xác định một cách khá rõ ràng mặc dù khu vực quần đảo Côn Đảo có một số cảnh ảnh bị phủ mây khá lớn. Các kết quả phân tích cụ thể từ năm 1989 đến 2022 tại khu vực nghiên cứu cho thấy ranh giới đường bờ (*NDWI₃*) dựa trên sự kết hợp giữa các kênh ảnh màu xanh lục (*VIS_{Green}*) và hồng ngoại sóng trung (*Mid-Infrared*) là rõ nét nhất.



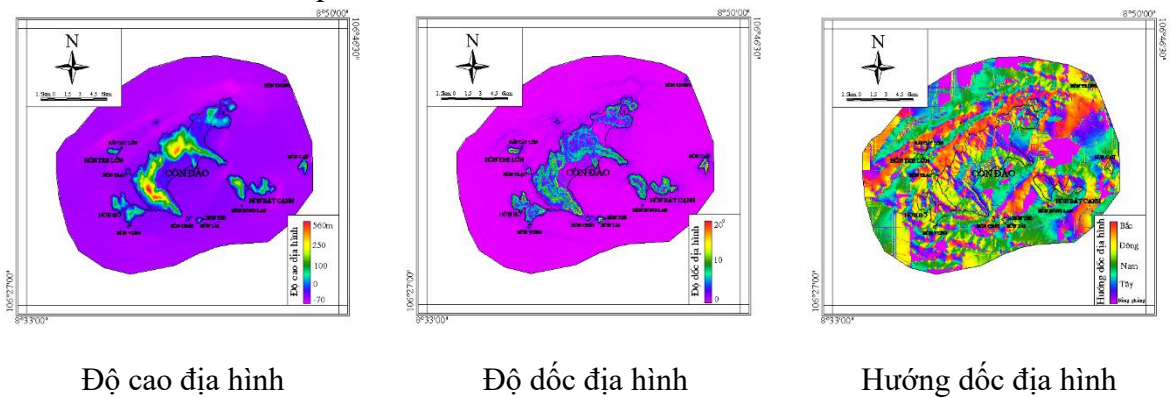
Hình 2: Ranh giới đường bờ sử dụng các chỉ số NDWI qua các năm

Tổng hợp diễn biến qua các năm cho phép phân chia đường bờ khu vực quần đảo Côn Đảo thành các khu vực có xói lở mạnh đến rất mạnh, các khu vực xen kẽ xói lở - bồi tụ và khu vực đường bờ tích tụ vẫn đóng vai trò chủ đạo.

3.2. Nguy cơ trượt lở, đổ lở tại khu vực nghiên cứu

Kết quả phân tích đặc điểm địa hình địa mạo khu vực nghiên cứu và kết quả khảo sát sơ bộ từ các nghiên cứu có trước cho thấy cấu tạo của các sườn trên các đảo bao gồm các khối tảng lớn, là sản phẩm của quá trình đổ lở trên các đá trầm tích bị đập vỡ mạnh mẽ. Cấu

tạo khu vực đới bờ chủ yếu là các dạng đổ lở - mài mòn với quá trình mài mòn thể hiện không rõ chứng tỏ đặc điểm địa hình đới bờ quanh đảo còn rất trẻ do quá trình lục địa hoá mạnh mẽ với quá trình chủ yếu là đổ lở tạo nên một đới bờ và sườn bờ ngầm dốc, lờm chờm, gồ ghề dễ xảy ra dòng xoáy và xói ngầm mạnh khi có động lực biển mạnh. Xác suất trượt lở cho khu vực Côn Đảo được tính toán bằng hàm hồi quy logistic với các lớp thông tin cơ bản như thành phần thạch học, mật độ và đứt gãy, điều kiện địa hình, độ dốc, hướng dốc...



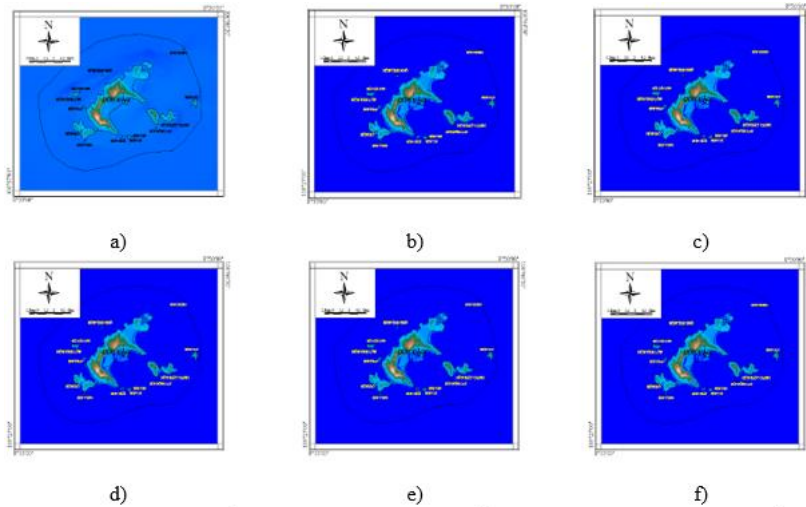
Hình 3: Điều kiện địa hình tại khu vực nghiên cứu

3.3. Nguy cơ ngập lụt do nước biển dâng

Theo kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng do Bộ Tài nguyên và Môi trường

cập nhật và công bố năm 2020 cho thấy vùng biển từ mũi Kê Gà (Bình Thuận) đến mũi Cà Mau có mức nước biển dâng ở 3 kịch bản sẽ gây ra nguy cơ ngập khá lớn cho biển thuộc các đảo trong khu vực nghiên cứu. Cụ thể vào cuối thế kỷ 21, mực nước biển dâng ở trong khoảng từ 26 - 66 cm, trung bình 44 cm với kịch bản RCP2.6, từ 32 - 77 cm, trung bình 53 cm với kịch bản RCP4.5 và từ 48 - 105 cm,

trung bình 73 cm với kịch bản RCP8.5. Khu vực vùng biển Côn Đảo có thể có nước dâng tối đa tới khoảng 1 m. Kết quả xác định vùng có nguy cơ bị ngập theo các mực nước biển dâng cho thấy với mực nước biển dâng 1 m, diện tích có nguy cơ bị ngập là khoảng 1,575 km² (~2%) diện tích đảo nổi, gần tương đương 2 lần diện tích Hòn Tre Lớn.



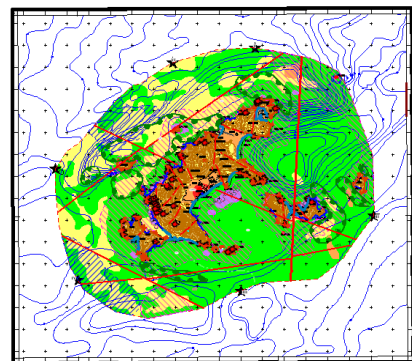
Hình 4: Khu vực vùng biển Côn Đảo với mực nước biển hiện tại (a) và các mực nước biển dâng 0,5 m (b); 1 m (c); 1,2 m (d); 1,5 m (e) và 2 m (f)

3.4. Kết quả phân vùng nguy cơ xảy ra tai biến

Sau khi xác định mức độ nguy hiểm của các dạng tai biến và ước lượng theo trọng số, kết quả cho phép chia khu vực các đảo và vùng ven biển thành 4 vùng có nguy cơ tai biến khác nhau bao gồm:

Vùng có nguy cơ tai biến rất cao, chiếm diện tích nhỏ nhất trong khu vực nghiên cứu khoảng 2,2 km² (chiếm 0,46% diện tích). Tập trung chủ yếu ở phần địa hình thấp quanh thị trấn nơi có nguy cơ ngập lụt rất cao và các vị trí sườn quanh đảo có năng lượng địa hình lớn, độ dốc cao, hướng phơi sườn thường xuyên chịu ảnh hưởng của mưa bão và các hoạt động xói lở, trượt lở theo các hướng khác nhau. Vùng có nguy cơ tai biến cao, có diện tích vào

khoảng 12,92 km² chiếm 2,70% diện tích khu vực nghiên cứu, phân bố chủ yếu ở phần địa hình thấp của đảo lớn Côn Lôn, nơi có nguy cơ ngập lụt cao khi nước biển dâng và phần sườn của các đảo, cũng như các thành tạo có khả năng tàng trữ độc tố cao như bùn.



Hình 5: Sơ đồ nguy cơ xảy ra tai biến địa chất của khu vực nghiên cứu

Vùng có nguy cơ tai biến trung bình với diện tích khoảng 164,45 km², chiếm 34,40% diện tích toàn vùng, phân bố chủ yếu trong vùng sườn cao của các đảo và vùng biển nơi có các thành tạo địa chất có khả năng tàng trữ độc tố trung bình. Vùng này chịu ảnh hưởng của các tai biến bão, tiềm năng ô nhiễm kim loại và nguy cơ động đất. Vùng có nguy cơ tai biến thấp chiếm diện tích lớn nhất, khoảng 298,43 km², chiếm 62,43% diện tích toàn vùng, tập trung chủ yếu ở vùng biển ven bờ nơi có các thành tạo địa chất có khả năng tàng trữ độc tố thấp. Đặc trưng của vùng là nơi tập trung các hoạt động đánh bắt thủy hải sản của ngư dân, ít chịu ảnh hưởng của các tai biến, chủ yếu là bão và nguy cơ động đất.

4. Kết luận

Khu vực vùng biển Côn Đảo là khu vực có khả năng chịu ảnh hưởng của các dạng tai biến ven bờ, chủ yếu là quá trình xói lở - bồi tụ bờ biển và hiện tượng trượt đất, đổ lở trên các đảo nổi, chịu ảnh hưởng chủ yếu do tác động của sóng, gió, bão và dao động mực nước biển. Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng các yếu tố ngoại sinh là nguyên nhân chính chi phối quá trình sạt lở bờ biển. Các hoạt động tân kiến tạo và kiến tạo hiện đại có ảnh hưởng không đáng kể do các hoạt động này diễn ra hết sức chậm chạp và lâu dài. Các hoạt động nhân sinh như đào đắp các công trình, xây dựng nhà cửa, đường xá, cầu cảng... thường xảy ra ở quy mô vừa phải song cũng góp phần rất lớn làm cho hiện tượng trượt lở, xói lở bờ diễn ra ngày càng mạnh mẽ. Các yếu tố chính quyết định tới tai biến địa chất vùng biển Côn Đảo là: Các yếu tố nội sinh (cấu trúc địa chất, hệ thống đứt gãy), các yếu tố ngoại sinh (điều kiện địa hình, địa mạo, khí hậu, chế độ mưa, chế độ gió, chế độ hải văn - thủy văn) và các hoạt động nhân sinh (Các hoạt động đánh bắt

thủy sản và dịch vụ nghề cá, hoạt động giao thông thủy, du lịch).

Kết quả tính toán sử dụng mô hình hàm hồi quy logistic cho thấy các khu vực được khoanh vùng có nguy cơ xảy ra tai biến cao và rất cao chiếm khoảng 3,16 km², tương đương với 15,12% diện tích vùng nghiên cứu. Bên cạnh đó, khu vực nghiên cứu còn chịu tác động lớn của biến đổi khí hậu và mực nước biển dâng, dẫn đến nguy cơ các dạng tai biến sẽ diễn ra với cường độ và tần suất ngày càng tăng. Kết quả phân tích đến cuối thế kỷ này, khu vực có nguy cơ bị ngập úng với mực nước biển dâng 1m là khoảng 1,575 km², chiếm ~2% diện tích các đảo nổi. Dựa theo cường độ, tần suất xuất hiện và phạm vi ảnh hưởng của các tai biến xuất hiện trong vùng thì tai biến xói lở - bồi tụ là tai biến có mức độ nguy hiểm nhất, tiếp theo là tai biến ngập lụt và nước biển dâng, nguy cơ ô nhiễm môi trường và cuối cùng là nguy cơ trượt lở ngầm, động đất, sóng thần. ○

Lời cảm ơn

Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn các thành viên nhóm nghiên cứu Quản lý tài nguyên và môi trường (*iNREM*), trường ĐH Mỏ - Địa chất, đã giúp đỡ trong quá trình thu thập và phân tích dữ liệu ảnh viễn thám.

Tài liệu tham khảo

[1]. Vũ Thanh Ca (chủ biên), 2008. Xây dựng bản đồ cảnh báo nguy cơ sóng thần cho các vùng bờ biển Việt Nam. Báo cáo tổng kết Đề tài cấp Bộ Tài nguyên và Môi trường. Lưu trữ Bộ Tài nguyên và Môi trường, Hà Nội.

[2]. Nguyễn Quốc Phi, Nguyễn Phương, Nguyễn Kim Long, Nguyễn Thị Cúc, Hồ Tiến Chung, 2010. Nghiên cứu ứng dụng mô hình hồi quy logic và mạng nơron nhân tạo trong đánh giá tai biến địa chất môi trường. Hội nghị Khoa học trường ĐH Mỏ-Địa chất, Hà Nội, p.242-250.

[3]. Nguyễn Quốc Phi (chủ biên), 2015. Báo cáo chuyên đề “Lập bản đồ hiện trạng địa chất tai biến và dự báo tai biến vùng biển cụm đảo Côn Đảo, tỷ lệ 1:50.000”. Trung tâm Điều tra tài nguyên - môi trường biển, Tổng cục Biển và Hải đảo Việt Nam, Hà Nội.

[4]. Cao Đình Triều (chủ biên), 2005. Báo cáo thành lập bản đồ đứt gãy Biển Đông và vùng phụ cận, tỷ lệ 1:1.000.000. Lưu trữ Viện Vật lý Địa cầu, Hà Nội.

[5]. Fell R., Corominas J., Bonnard C., Cascini L., Leroi E. and Savage W.Z., 2008. Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning. *Engineering Geology* 102, 85-98.

[6]. McFeeters S. K., 1996. The use of Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing* 17, 1425-1432.

Summary

Assesment of coastal hazards in Con Dao archipelago, Ba Ria - Vung Tau province using GIS and remote sensing

The coastal area of Con Dao archipelago in Ba Ria - Vung Tau province is considered having an extremely important location in economic development and the national security. However, the islands locate in a zone where several geological, hydrometeorological and human activities could affect their borders. Coastal hazards such as landslides on islands and erosion at the shorelines are always at high risk. In addition, due to the impact of climate change and sea level rise, the risk of the above hazards will probably occur with increasing frequency and intensity. This research uses a combination of remote sensing image analysis to calculate shoreline evolution over time and logistic regression model to evaluate the likelihood of the above hazards. The zonation of coastal hazards in the islands shows different erosion - deposition areas and the susceptibility of hazards from high to low. The final risk map provides information about natural hazard conditions for environmental management and protection works, contributing to the socio-economic development of the areas and maritime sovereignty of our nation.○

Keywords: Coastal hazards, logistic regression, remote sensing, Con Dao archipelago.

[7]. Quoc Phi Nguyen, Truong Thanh Phi, Anh Nguyet Nguyen, Van Anh Lam, 2015. Landslide susceptibility zonation - A comparison of natural and cut slopes using statistical models. *Proceedings of VietRock 2015 International Symposium*, Hanoi, Vietnam, p.252-258. ISBN: 978-604-913-372-5.

[8]. Rogers A. S. and Kearney M. S., 2004. Reducing signature variability in unmixing coastal marsh Thematic Mapper scenes using spectral indices. *International Journal of Remote Sensing* 25, 2317-2335.

[9]. Xu H., 2006. Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *International Journal of Remote Sensing* 27, 3025-3033.○