



Original Article

## Coastal Vulnerability Assessment in Son Tra – Cua Dai Region

Dang Kinh Bac\*, Ngo Chi Cuong, Ngo Van Liem, Dang Van Bao

*VNU Hanoi University of Sciences, Vietnam National University, Hanoi,  
334 Nguyen Trai, Thanh Xuan, Hanoi, Vietnam*

Received 23 August 2021

Revised 08 December 2021; Accepted 14 December 2021

**Abstract:** The coastal erosion due to storm surge and unsustainable urban development in the central region of Vietnam has become increasingly frequent in the last decade. It requires accurate coastal vulnerability assessments. The aim of this study is to propose i) a new approach to classify the coasts; and ii) the selection of appropriate criteria to assess the Coastal Vulnerability Index (CVI) at the regional scale. Accordingly, the study has calculated CVI for the coastal area of Son Tra - Cua Dai region based on 12 variables related to coastal characteristics, coastal dynamics and economic-social variables. The CVI index is used to divide the coast with 5 different levels of vulnerability from little, low, moderate, high to very high. The results show that more than 15% of the coastline of the study area has very high CVI values, especially in the coastal area of Hoi An. The coastal landscape with residential and tourist sites near beaches without protection forests in the research area will be more likely to be strongly affected by storm erosion.

**Keywords:** Erosion, coast, sandy shore, Da Nang, Quang Nam.

\* Corresponding author.

*E-mail address:* [dangkinhbac@hus.edu.vn](mailto:dangkinhbac@hus.edu.vn)

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4842>

# Đánh giá mức độ dễ bị tổn thương bờ biển Sơn Trà – Cửa Đại

Đặng Kinh Bắc<sup>1\*</sup>, Ngô Chí Cường<sup>1</sup>, Ngô Văn Liêm<sup>1</sup>, Đặng Văn Bào<sup>1</sup>

*Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội,  
334 Nguyễn Trãi, Thanh Xuân, Hà Nội, Việt Nam*

Nhận ngày 23 tháng 8 năm 2021

Chỉnh sửa ngày 08 tháng 12 năm 2021; Chấp nhận đăng ngày 14 tháng 12 năm 2021

**Tóm tắt:** Hiện tượng xói lở bờ biển do nước biển dâng trong bão và sự phát triển đô thị không bền vững tại khu vực miền Trung Việt Nam ngày càng rõ rệt trong thập kỷ vừa qua. Điều này đòi hỏi những đánh giá chính xác về tính dễ bị tổn thương bờ biển. Nghiên cứu này đề xuất i) cách tiếp cận mới để phân loại các bờ biển; và ii) lựa chọn các tiêu chí phù hợp để đánh giá chỉ số tổn thương bờ biển (Coastal Vulnerability Index – CVI) ở quy mô khu vực. Trên cơ sở đó, nghiên cứu đã tính toán được chỉ số CVI cho khu vực bờ biển Sơn Trà – Cửa Đại thông qua 12 biến số liên quan đến đặc trưng bờ biển, động lực bờ biển và kinh tế - xã hội. Chỉ số CVI được sử dụng để phân chia bờ biển với 5 mức độ tổn thương khác nhau từ ít, thấp, trung bình, cao đến rất cao. Kết quả cho thấy hơn 15% đường bờ biển khu vực nghiên cứu có mức độ dễ bị tổn thương rất cao, đặc biệt ở khu vực bờ biển Hội An. Cảnh quan ven biển với các khu đất dân cư và du lịch gần các bãi biển không có rừng phòng hộ đã bị ảnh hưởng mạnh bởi hiện tượng xói lở trong bão.

*Từ khóa:* Chỉ số tổn thương bờ biển, bờ cửa sông, bờ biển, bờ cát, Đà Nẵng, Quảng Nam.

## 1. Mở đầu

Vùng đất thấp ven biển là khu vực sinh sống thường xuyên và năng động nhất của hơn 200 triệu người dân trên thế giới [1]. Trong những năm gần đây, biến đổi khí hậu toàn cầu và khu vực đang làm tăng tần suất và cường độ của các thiên tai trên các bờ biển, đặc biệt là xói lở do nước biển dâng trong bão gây nên. Trên toàn cầu, 70% bãi biển đã và đang bị xói lở. Diện tích các bờ biển bị xói lở trên toàn thế giới đã tăng thêm 28.000 km<sup>2</sup> từ năm 1984 đến năm 2015 [2]. Tại Việt Nam, hiện tượng biến đổi đường bờ biển đã được xác định trên khoảng 920 km. Theo Vũ Văn Phái (2009) [1], trong những năm qua, Việt

Nam mất khoảng 1.480 ha ở phần bờ biển phía Bắc (từ Quảng Ninh đến Ninh Bình) do xói lở; miền Trung khoảng 9.758 ha và miền Nam khoảng 13.690 ha. Mặc dù không có thiệt hại đáng kể về người, nhưng xói lở bờ biển đã gây ra nhiều thiệt hại về tài sản, tương đương 1,5% GDP hàng năm [3]. Chính phủ Việt Nam đã phải chi hàng trăm tỷ đồng để tu bổ đê chống xói lở bờ biển [4]. Nhiều điểm du lịch được xây dựng sát biển Hội An (Quảng Nam) và Lăng Cô (Thừa Thiên Huế), làm giảm diện tích rừng phòng hộ ven biển và kéo theo sự gia tăng xói lở đến hơn 15-20 m/năm [3].

Thành phố Đà Nẵng và tỉnh Quảng Nam là hai trong số 28 tỉnh, thành phố ven biển của cả

\* Tác giả liên hệ.

Địa chỉ email: dangkinhbach@hus.edu.vn

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4842>

nước, nằm trong Vùng kinh tế trọng điểm miền Trung. Khu vực có lợi thế đường bờ biển dài, nhiều bãi tắm đẹp như bãi biển Mỹ Khê, Non Nước, Bắc Mỹ An, An Bàng, Cửa Đại,... cộng thêm cơ sở hạ tầng, giao thông được đầu tư. Tuy nhiên, đường bờ biển từ Đà Nẵng đến Quảng Nam cũng là khu vực hứng chịu nhiều ảnh hưởng của thiên tai, đặc biệt là bão, lũ [5]. Các hoạt động xói lở ở Mỹ Khê (Quận Sơn Trà), hay một số bãi biển ở Quận Ngũ Hành Sơn (Đà Nẵng),... vào năm 2017 và 2018 chính là những đợt xói lở bờ biển tệ nhất trong lịch sử từ trước đến nay. Sự xói lở đó cũng làm hư hại nghiêm trọng các bãi biển ở khu vực Hội An (Quảng Nam) cụ thể là khu vực Cửa Đại và dọc lên phía Bắc [6]. Mặc dù việc đánh giá mức độ xói lở bờ biển khu vực này đã được quan tâm nghiên cứu trong thời gian gần đây, các nghiên cứu chưa thực sự quan tâm đến đánh giá mức độ tổn thương do xói lở bờ biển gây ra.

Chỉ số tổn thương bờ biển (CVI) đã được sử dụng để đánh giá mức độ dễ bị tổn thương của một khu vực ven biển đối với xói lở bờ biển và triều cường dưới tác động của bão và mực nước biển dâng [7-9]. Một số nghiên cứu đánh giá mức độ dễ bị tổn thương ven biển ở Việt Nam do tác động của biến đổi khí hậu và nước biển dâng, ví dụ: [4, 10] ước tính CVI tự nhiên cho khu vực phía Nam Việt Nam, với việc sử dụng sáu thông số bao gồm: i) Địa mạo; ii) Tộ dốc (%); iii) Tốc độ nước biển dâng (mm/năm); iv) Tốc độ của sự thay đổi đường bờ biển hoặc bồi tụ/xói lở (m/năm); v) Chiều cao thủy triều (m); và vi) Chiều cao sóng trung bình (m). Đào Đình Châm (2020) [11] đã sử dụng ba thành phần là mức độ phơi lộ, độ nhạy và khả năng thích ứng; và 48 chỉ số liên quan để đánh giá mức độ dễ bị tổn thương do biến đổi khí hậu ở phá Tam Giang - Cầu Hai, tỉnh Thừa Thiên Huế và một số xã ven biển ở tỉnh Quảng Bình và Quảng Trị. Bằng cách này, chỉ số CVI là một công cụ chung góp phần ra quyết định trong việc sử dụng bền vững tài nguyên ven biển, lập kế hoạch các dự án phát triển và quản lý tổng hợp vùng bờ.

Mục đích chung của nghiên cứu này là i) Cung cấp các bảng tiêu chí tốt nhất để đánh giá tính dễ bị tổn thương của bờ biển do xói lở ở quy

mô khu vực; và ii) Tính toán chỉ số CVI với các loại cảnh quan ven biển khác nhau tại khu vực nghiên cứu. Trong nghiên cứu này, nhiều phương pháp khác nhau được khai thác để cung cấp dữ liệu đầu vào cho các đánh giá tính dễ bị tổn thương ven biển. Các cảnh quan ven biển ở quy mô khu vực được phân loại dựa trên sự phân bố sử dụng/điện tích đất từ bờ biển đến các khu vực nội địa (Mục 3.1). Tiếp đó, chỉ số CVI được tính dựa trên tất cả các đặc điểm ven biển cần thiết, thủy triều, bão, xói lở và dữ liệu kinh tế xã hội của khu vực Sơn Trà – Cửa Đại (Mục 3.2 và 3.3).

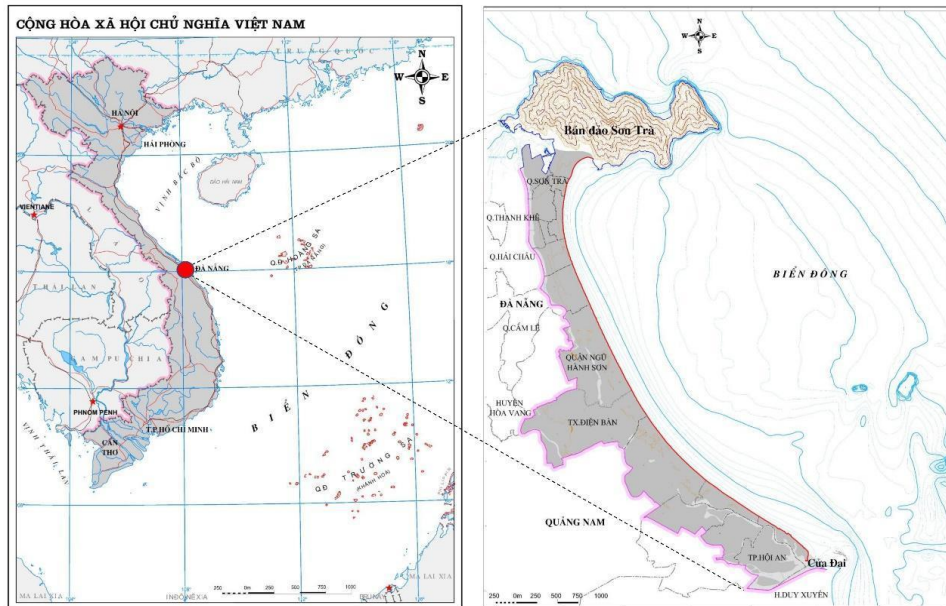
## 2. Khu vực nghiên cứu

Sơn Trà - Cửa Đại nằm trong chuỗi đô thị ven biển của vùng duyên hải Trung bộ; với vị trí địa lý thuận lợi, giao thông phát triển và quan hệ liên vùng, phía bắc của khu vực nghiên cứu là khu kinh tế Chân Mây - Lăng Cô (Thừa Thiên Huế), phía nam là khu kinh tế mở Chu Lai và khu công nghiệp Dung Quất. Đây là cơ sở quan trọng để thiết lập và mở rộng các liên kết kinh tế giữa các quận, huyện và các tỉnh/thành phố trong khu vực [12]. Phạm vi không gian nghiên cứu kéo dài khoảng 33 km, thuộc ranh giới về phía lục địa từ phía nam bán đảo Sơn Trà (thành phố Đà Nẵng) đến khu vực Cửa Đại (thành phố Hội An, tỉnh Quảng Nam) chịu ảnh hưởng của sóng bão và mực nước biển dâng (Hình 1). Phạm vi thời gian được xác định theo tài liệu xói lở bờ biển từ năm 1965 đến nay.

Ngô Văn Liêm và nnk (2020) [13] đã tính toán chi tiết mức độ biến động đường bờ biển khu vực Sơn Trà – Cửa Đại giai đoạn 1965 đến 2019. Theo đó, bờ biển khu vực này được phân thành 30 đoạn bờ trong 8 nhóm xói lở/bồi tụ khác nhau, gồm i) Bồi tụ; ii) Ít biến động, iii) Xói lở bồi tụ đan xen; iv) Xói lở yếu; v) Xói lở trung bình; vi) Xói lở mạnh; vii) Xói lở rất mạnh; và viii) Xói lở siêu mạnh (có thể trở thành thảm họa). Theo đó, đoạn bờ bồi tụ chiếm ưu thế với ~16,5 km, chiếm 49,4%; tiếp đến là đoạn bờ có hoạt động xói lở, bồi tụ đan xen với chiều dài ~5 km chiếm 15%; đoạn bờ xói lở yếu với chiều dài ~4,2 km, chiếm 12,6%; đoạn bờ xói lở trung

bình  $\sim 2,3$  km, chiếm  $\sim 6,9\%$ ; đoạn bờ ít biến động dài khoảng 2,1 km, chiếm khoảng 6,3%; các đoạn bờ có nguy cơ xói lở mạnh, rất mạnh

đến siêu mạnh có tổng chiều dài  $\sim 3,3$  km và chiếm khoảng  $\sim 9,9\%$  tổng chiều dài bờ biển trong khu vực.



Hình 1. Vị trí khu vực nghiên cứu.

### 3. Phương pháp nghiên cứu

Nhằm tính toán CVI chính xác, các biến tự nhiên và kinh tế - xã hội ảnh hưởng đến tính dễ bị tổn thương ven biển được làm rõ trong mục này. Việc định lượng các biến này thường dựa trên phương pháp bán định lượng theo thang điểm 1 (ít ảnh hưởng tới tính dễ bị tổn thương) đến 5 (mức độ ảnh hưởng cao tới tính dễ bị tổn thương) [14]. Các biến được thống nhất lại trên một thang đo, trước khi dùng để tính toán chỉ số CVI. Cuối cùng, các giá trị CVI sẽ được phân loại thành n nhóm khác nhau (thường là 4 hoặc 5) [7, 8]. Mặc dù được sử dụng rộng rãi, hạn chế lớn nhất của công thức CVI là không giải quyết các khía cạnh mất mát của kinh tế - xã hội (chẳng hạn như số người bị ảnh hưởng, cơ sở hạ tầng có khả năng bị hư hại và chi phí kinh tế). Do đó, nghiên cứu này đề xuất đánh giá theo các kiểu bờ biển khác nhau, trước khi tiến tới lựa chọn các biến và tính toán chỉ số CVI. Điều này sẽ giúp

việc phân hạng những mất mát về mặt kinh tế - xã hội trở nên rõ ràng hơn theo từng kiểu sử dụng đất ven biển.

#### 3.1. Phân kiểu bờ biển Sơn Trà - Cửa Đại

Trong khu vực Sơn Trà - Cửa Đại, kiểu bờ biển được phân chia bởi 4 nhóm tiêu chí chính gồm: i) Địa chất - địa mạo; ii) Lớp phủ và loại hình sử dụng đất chiếm ưu thế; iii) Hoạt động sinh kế người dân ven biển; và iv) Vị trí của đối tượng dân cư phân bố ven biển. Bốn tiêu chí này được lựa chọn đại diện cho tất cả các đặc trưng tự nhiên và nhân tác ven biển, gồm thành phần thạch học, địa hình, thổ nhưỡng, lớp phủ, tác động ngoại sinh và hoạt động nhân sinh.

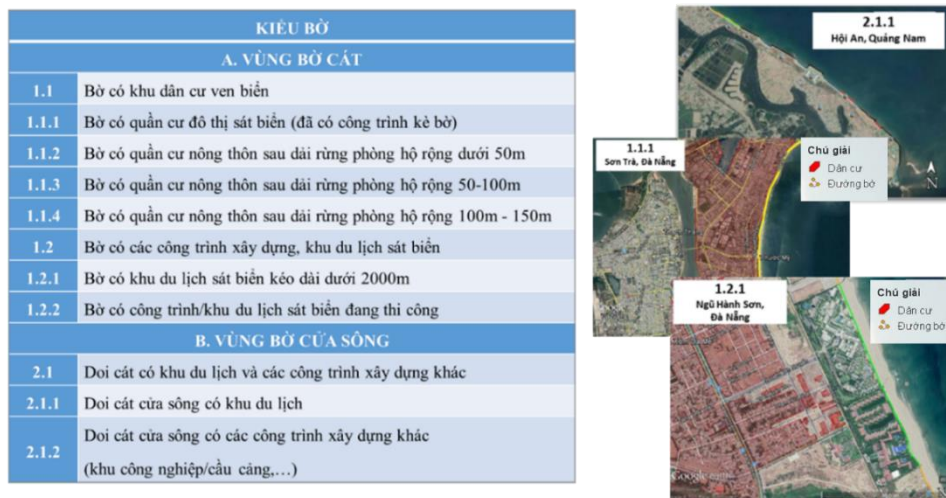
Trước tiên, tiêu chí phân chia kiểu bờ theo địa chất - địa mạo được ưu tiên để tách vùng bờ biển tự nhiên ra 2 nhóm chính gồm vùng bờ cát và vùng bờ cửa sông như sau:

a) Kiểu vùng bờ cát thường có độ dốc dưới 10%, trung bình chỉ khoảng 3% và độ rộng bãi

biển giao động từ 20 m đến hơn 100 m. Điều kiện sóng dọc bờ có thể tạo nên các doi cát rộng chạy song song với bờ biển. Thành phần trầm tích chủ yếu là cát hạt mịn, hình thành nên các đụn cát phôi thai và tiền tiêu ven biển.

b) Vùng bờ cửa sông là nơi chuyển tiếp vật liệu từ đất liền ra biển, có mức độ biến động địa hình cao tùy thuộc vào dòng chảy sông, sóng và thủy triều [14, 15]. Tùy thuộc vào động lực dòng chảy từ biển hay lục địa, địa hình sẽ có tính chất

bồi tụ và xói lở khác nhau; khác với vùng bờ cát – chỉ chịu tác động của sóng biển. Đặc biệt, nhiều khu vực có sự bồi tụ của sóng dọc bờ và phù sa ven biển tạo nên nhiều doi cát rộng trước cửa sông. Nhiều vùng trải qua thời kỳ ổn định lâu dài, tạo điều kiện cho người dân sinh sống ổn định cũng được xét vào trong nhóm vùng bờ cửa sông. Tuy nhiên trong giới hạn khu vực nghiên cứu, vùng bờ tự nhiên chỉ bao gồm vùng bờ cát và vùng bờ cửa sông (Hình 2).



Hình 2. Các kiểu bờ biển Sơn Trà - Cửa Đại.

Tiêu chí thứ 2 được xét đến trong việc phân chia kiểu bờ là loại hình lớp phủ/sử dụng đất ven biển chiếm ưu thế. Nhằm đánh giá giá trị của các hệ sinh thái ven bờ mang lại cho người dân bản địa, nghiên cứu tách ra 3 nhóm sử dụng đất chính gồm: i) Đất rừng; ii) Đất dân cư ven biển; và iii) Đất dùng cho công trình xây dựng và khu du lịch sát biển. Bên trong từng loại sử dụng đất này, nhóm tác giả chi tiết hóa từng loại sử dụng đất tùy thuộc vào độ phủ, và đặc điểm sinh kế người dân ven biển - tiêu chí thứ 3 trong phân chia kiểu bờ. Ví dụ như, đất phủ rừng được tách ra rừng có độ phủ cao, thấp, và rất thấp (trên vùng bờ cát) hoặc theo chức năng của rừng là phòng hộ, đặc dụng, và sản xuất. Liên quan đến sinh kế người dân ven biển, đất dân cư được chia ra theo mục đích sử dụng cho phát triển nông nghiệp, công nghiệp, cầu cảng hay du lịch. Việc đưa tiêu chí 2 và 3 vào trong phân loại kiểu bờ trong nghiên

cứu này nhằm đánh giá sự mất mát về lợi ích kinh tế dưới tác động của sóng và mực nước biển dâng trong bão. Khu vực có hoạt động sinh kế người dân ven biển dưới ảnh hưởng của tai biến thiên nhiên ven bờ luôn khiến mức độ tổn thương bờ biển tăng cao.

Cuối cùng, vị trí của những điểm định cư và phát triển kinh tế của người dân đối với các công trình phòng hộ ven biển sẽ quyết định các điểm đó có chịu tổn thương trực tiếp hay gián tiếp bởi tác động của các tai biến sạt lở ven bờ. Qua khảo sát thực địa, người dân bản địa định cư dọc ven biển Việt Nam đã có thói quen thích nghi với tác động của sóng và bão. Nhà cửa và hoạt động sinh kế luôn được đặt phía sau ít nhất một đến vài hàng cây phòng hộ ven biển, ví dụ như các hàng cây phi lao - tương ứng với bề rộng từ 50 đến 150 m từ biển vào đất liền.

Bảng 1. Tiêu chí đánh giá tính dễ bị tổn thương bờ biển Sơn Trà - Cửa Đại (tham khảo và chỉnh sửa từ kết quả đề tài KC.09.17/16-20)

Mã	Tiêu chí	Đơn vị	Phân cấp chỉ số tổn thương bờ biển					Dữ liệu sử dụng
			Rất thấp	Thấp	Trung bình	Cao	Rất cao	
A Tiêu chí liên quan đến đặc trưng bờ biển								
1	Cấu trúc địa chất/thành phần vật chất cấu tạo bờ	-	Đá magma axit (granit, riolit)	Đá biến chất thấp, magma bazơ, cát/cuội kết	Đá trầm tích hạt nhỏ - mịn	Trầm tích hạt thô dính kết kém	Trầm tích hạt mịn, đồng nhất	Bản đồ địa chất tỷ lệ 1:50.000 (Nguồn: Cục Địa chất và Khoáng sản)
2	Độ dốc trung bình	%	> 12	9 - 12	6 - 9	3 - 6	< 3	Địa hình, ALOS, NOAA
3	Độ rộng bãi biển	m	> 300	150 - 300	75 - 150	25 - 75	< 25	Bản đồ hiện trạng + Google Earth + khảo sát
4	Mức độ bảo vệ chống lại năng lượng sóng thịnh hành	-	Khuất gió đảo lớn, mũi đất kéo dài đối diện với hướng sóng tới	Khuất gió của mũi đất, doi đất nhiều đá hoặc bán đảo	Được che chắn chống lại năng lượng sóng ngoài khơi	Trực tiếp tiếp xúc với sóng, khúc xạ nhẹ từ ngoài khơi	Trực tiếp tiếp xúc với sự tác động của sóng vùng sóng đổ hẹp	Bản đồ trường sóng + Bản đồ địa mạo (Nguồn: đề tài KC.09.17/16-20)
B Tiêu chí liên quan đến động lực bờ biển								
1	Biên độ triều cao nhất	cm	< 90	90 - 130	130 - 170	170 - 200	> 200	Kịch bản biến đổi khí hậu, 2012 [9]
2	Tần suất bão	Con/năm	< 0,9	0,9 - 1,3	1,3 - 1,7	1,7 - 2,1	> 2,1	
3	Tốc độ biến đổi đường bờ (xói/bồi)	m/năm	> 0 (bồi tụ)	-1 đến 0	-3 đến -1	-5 đến -3	< -5	Kết quả tính toán biến động bờ biển
C Tiêu chí liên quan đến kinh tế - xã hội								
1	Mật độ dân số (xã/phường)	Người/km <sup>2</sup>	< 100	100 - 200	200 - 400	400 - 600	> 600	Niên giám thống kê
2	Lớp phủ bề mặt phía sau bãi biển	%	Rừng (bao gồm cả rừng ngập mặn)	Thực vật mặt đất hay khu vực canh tác	Không có thảm thực vật, quần cư nông thôn	Các khu vực nông thôn bị đô thị hóa	Các khu vực đô thị, công nghiệp, du lịch ven biển	Bản đồ hiện trạng + Google Earth + khảo sát
3	Khoảng cách từ bờ đến công trình dân	m	> 600	200 - 600	100 - 200	50 - 100	< 50	
4	Công trình phòng vệ ven biển (đê/kè)	%	Rất kiên cố	Kiên cố	Bán kiên cố	Đê/kè tạm	Không có đê kè	

Đặc biệt tại khu vực Sơn Trà - Cửa Đại, nhiều vùng có dân cư nằm sát bờ biển (hoặc độ rộng rừng phòng hộ dưới 20 m). Hệ thống rừng phòng hộ ven bờ bị phá hủy hoàn toàn, khiến người dân luôn chịu ảnh hưởng trực tiếp bởi sóng, gió và nước biển dâng trong bão vào tháng 9 đến 11 hàng năm. Qua phỏng vấn người dân ven biển, nhận thấy khu dân cư sau rừng cây rộng dưới 50m là đối tượng chịu ảnh hưởng của nước biển dâng và gió trong bão cao. Đặc biệt, những trận bão thế kỷ có thể ảnh hưởng sâu tới người dân trong bán kính 50 m đến 100 m trong đất liền. Do vậy, giới hạn tác động sâu nhất của sóng và bão ven biển được đặt trong nghiên cứu này là 150 m.

Dân cư phía sau hệ thống rừng phòng hộ rộng hơn 150 m sẽ được đảm bảo không chịu tác động của sóng và nước biển dâng trong bão. Thêm vào đó, hệ thống các công trình nhà nước nằm dọc sát biển thường cũng không được bảo vệ bởi thực phủ tự nhiên. Mặc dù vậy, các công trình này đều được thiết kế riêng, giúp chống chịu tác động của các tai biến ven bờ.

### 3.2. Lựa chọn các tiêu chí đánh giá CVI theo nhóm kiểu bờ biển

Đối với khu vực Sơn Trà - Cửa Đại, việc lựa chọn các tiêu chí gắn liền với việc phân chia các đoạn bờ theo sự phân bố các đối tượng lớp phủ/sử dụng đất từ bờ biển vào trong đất liền. Theo đó, mỗi đoạn bờ sẽ có sự đồng nhất về các tiêu chí liên quan đến đặc trưng bờ biển (từ A1 đến A4, Bảng 1) và kinh tế - xã hội (từ C1 đến C4, Bảng 1). Bằng cách này, sự phân bố các đối tượng lớp phủ/sử dụng đất từ bờ biển vào trong đất liền được lượng hóa thành các giá trị cụ thể, thay vì định tính/mô tả như các nghiên cứu trước đây [16]. Việc phân chia ngưỡng các chỉ số định lượng dựa vào hàm phân phối chuẩn sau khi tính toán giá trị cho khu vực nghiên cứu. Đối với các chỉ số liên quan đến độ rộng bãi biển được phân loại sau quá trình phỏng vấn và thực địa (mục 3.1). Các chỉ số liên quan đến động lực bờ biển được phân loại dựa trên các nghiên cứu biến động bờ hoặc kịch bản biến đổi khí hậu.

Ngoài mục tiêu phát triển du lịch, kinh tế và xã hội, độ rộng bãi biển lớn sẽ giúp giảm động

lực của sóng vào bờ, đại diện cho các khu vực bờ thoải, có tích tụ trầm tích dọc bờ [17]. Đặc biệt, việc tạo điều kiện hình thành các đụn cát tiên tiêu và phôi thai tự nhiên dọc bờ biển được nhiều nước trên thế giới áp dụng nhằm làm giảm sự ảnh hưởng của sóng, bão hằng năm. Thông thường, hệ thống lớp phủ thưa thớt mọc trên các bề mặt đụn cát này như phi lao, muống biển, dứa dại và cá cùm, nhưng có hệ thống rễ mọc chắc, bám chặt vào bề mặt đụn cát; giúp các chúng trụ vững dưới tác động của sóng, bão nhẹ. Thực địa khảo sát cho thấy nhiều đụn cát tiên tiêu và phôi thai tại bờ biển tại Sơn Trà - Cửa Đại đã bị phá hủy, thay thế bởi đường bao biển, hoặc các khu resort nghỉ dưỡng. Do vậy, việc đưa thêm các tiêu chí A2, A3, A4, C2 và C3 (Bảng 1) vào đánh giá tính dễ bị tổn thương CVI cho khu vực Sơn Trà - Cửa Đại sẽ giúp xác định hiệu quả thực trạng quy hoạch, sử dụng đất ven biển khu vực này.

### 3.3. Phương pháp đánh giá tổn thương đường bờ

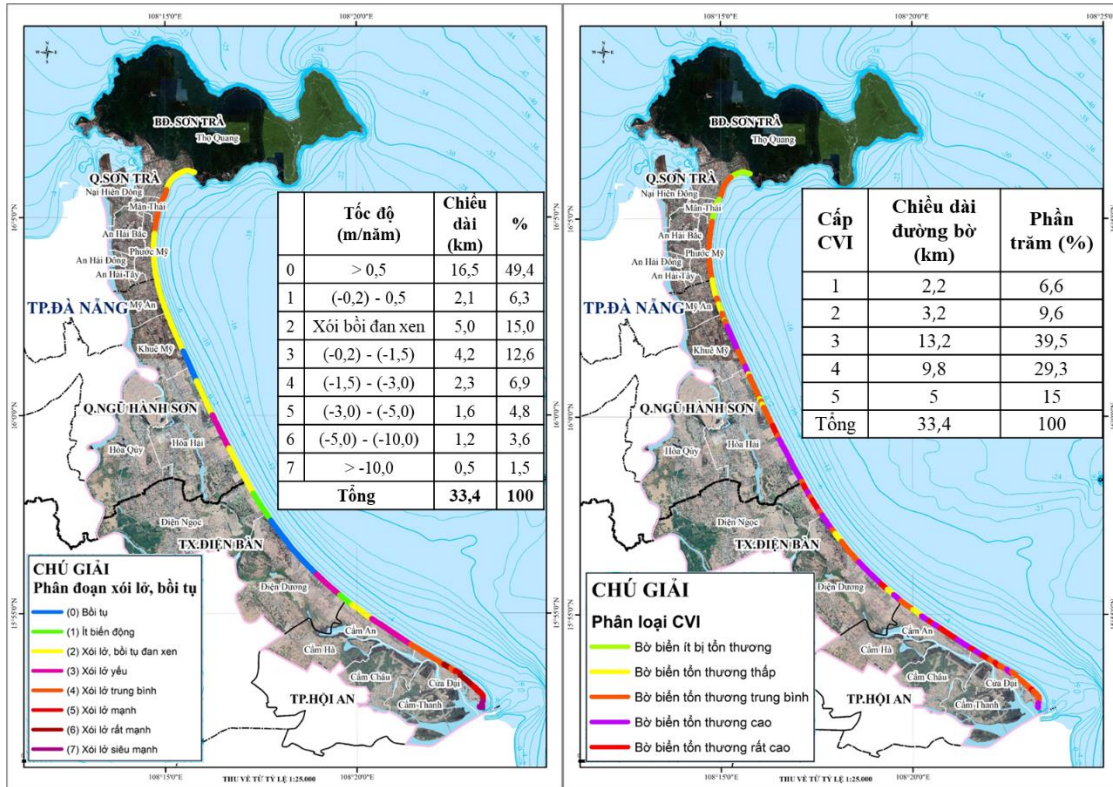
Một số phương pháp đã được sử dụng để làm trọng số hệ thống chỉ số dễ bị tổn thương ven biển chủ yếu như quy trình phân tích thứ bậc (AHP), trọng số entropy và các phương pháp có trọng số bằng nhau [18-20]. Mỗi phương pháp có ưu điểm và nhược điểm riêng. Nghiên cứu này sử dụng cách tiếp cận trọng số bằng nhau dựa trên các nghiên cứu trước đây [19, 20]. Trong phương pháp GIS, các giá trị số cho các biến CVI được tổng hợp và kết quả sau đó được chuẩn hóa bằng cách đo lường kết quả theo tỷ lệ của điểm tối đa và tối thiểu có thể [14]. Theo đó, chỉ số CVI tổng hợp cho các đoạn bờ sẽ được tính theo công thức (1) dưới đây:

$$CVI = 100 * \left[ \frac{\sum (V_i) - n_i}{5 * n_i - n_i} \right] \quad (1)$$

“ $V_i$ ” và “ $n_i$ ” là giá trị trọng số của biến và số lượng biến tương ứng trong nhóm CVI. Công thức đã được nhiều tác giả sử dụng trên thế giới [14, 21]. Với 11 biến tính toán (4 biến đặc trưng bờ biển, 3 biến động lực bờ biển và 4 biến kinh tế - xã hội), nếu như tính toán theo công thức cộng trọng số thông thường, chỉ số ban đầu của CVI thay đổi từ 5 đến 55, với điểm tiềm năng cao nhất là 55 và thấp nhất là 5. Với công thức (1),

chỉ số CVI sẽ được đưa về ngưỡng 0,1 đến 5, tiếp cận gần hơn với người sử dụng. Theo đó, kết quả được phân theo 5 ngưỡng đánh giá tổn thương, từ ( $\leq 1$ ) ít bị tổn thương, (1 đến  $\leq 2$ ) là mức độ tổn

thương thấp, (2 đến  $\leq 3$ ) là tổn thương trung bình, (3 đến  $\leq 4$ ) là tổn thương cao và (4,1 đến  $\leq 5$ ) là tổn thương rất cao.



Hình 3. Sơ đồ phân đoạn bờ xói lở, bồi tụ (hình trái) và phân bố các mức độ dễ bị tổn thương (hình phải) bờ biển Sơn Trà - Cửa Đại.

#### 4. Kết quả nghiên cứu

##### 4.1. Đánh giá thực trạng tổn thương bờ biển Sơn Trà - Cửa Đại

Kết quả tính toán CVI được chia thành 5 cấp mức độ dễ bị tổn thương bờ biển Sơn Trà - Cửa Đại, từ ít bị tổn thương, thấp, trung bình cao đến rất cao (Hình 3). Về tổng thể, toàn khu vực được chia ra 79 đoạn bờ có mức độ tổn thương bờ phần lớn dao động từ trung bình đến rất cao.

Các đoạn bờ tại quận Sơn Trà và một số bãi biển thuộc quận Ngũ Hành Sơn (hay vùng phía bắc khu vực nghiên cứu, chiếm 15/79 đoạn bờ và dài hơn 5 km) có mức độ tổn thương thấp. Tại

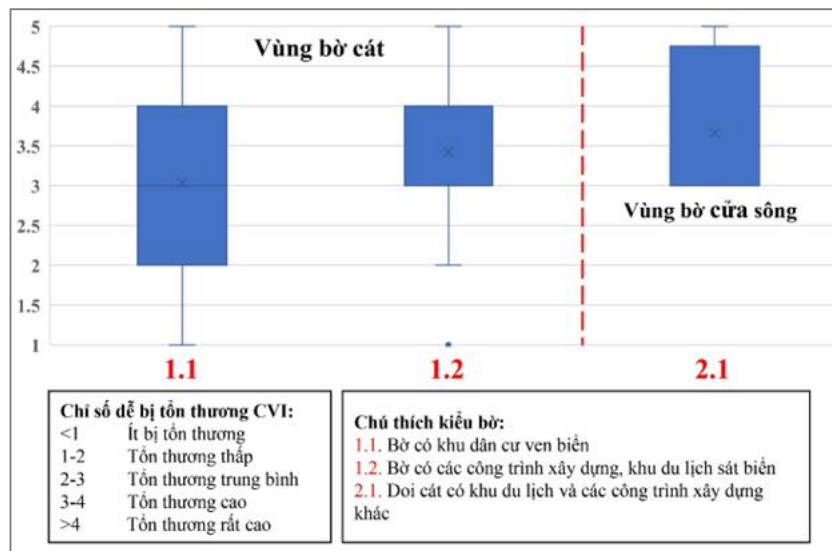
khu du lịch thuộc phường Khuê Mỹ, quận Ngũ Hành Sơn vẫn có mức độ tổn thương cao do đây là khu vực được san ủi làm khu du lịch kéo dài dọc ven biển. Hệ thống rừng phòng hộ tự nhiên nơi đây cũng đã được chuyển đổi sử dụng sang mục đích du lịch. Các đoạn bờ có mức độ tổn thương trung bình đến cao tập trung từ phía nam khu vực nghiên cứu, tại quận Ngũ Hành Sơn đến Hội An. Tổng số có 33/79 đoạn có mức độ tổn thương cao đến rất cao, chiếm gần 15 km bờ biển (khoảng 45% chiều dài bờ biển). Thực trạng này cũng diễn ra tương tự đối với vùng bờ biển cửa sông, đặc biệt là những khu vực không có kè hoặc có kè nhưng đã bị sóng phá hủy.



#### 4.2. Mức độ tổn thương CVI trên các loại cảnh quan bờ biển khác nhau

Trên cơ sở tính toán chỉ số CVI cho bờ cát thuộc vùng biển Sơn Trà – Cửa Đại (Hình 4), vùng bờ có các công trình xây dựng và khu du lịch sát biển được đánh giá là có mức độ dễ bị tổn thương cấp cao (cấp 4), kể đến là các khu dân cư ven biển (cấp 3). Vùng bờ cửa sông có mức

độ dễ bị tổn thương cao nhất (cấp 5 – cấp rất cao). Đặc biệt, mặc dù chỉ số CVI của vùng bờ cửa sông ở mức trung bình chỉ ngang vùng bờ cát (ngưỡng 4), khu vực Cửa Đại (Hội An) vẫn xuất hiện nhiều đoạn có mức độ tổn thương rất cao (ngưỡng 5). Vùng bờ cửa sông có mức độ biến động (sạt lở và bồi tụ) phức tạp do mật độ dân số thưa và các doi cát chưa ổn định, cùng với nền kinh tế chưa phát triển khiến mức độ CVI thấp.



Hình 4. Biểu đồ phân bố CVI theo nhóm kiểu bờ biển Sơn Trà - Cửa Đại. Vạch đứng màu đỏ phân tách 2 kiểu vùng bờ cát và vùng bờ cửa sông.

Đối với các kiểu bờ doi cát cửa sông có khu dân cư đông đúc, hoạt động nông nghiệp, khu du lịch và các công trình xây dựng khác ghi nhận mức độ CVI cao hơn. Tương tự như đối với vùng bờ cát, hệ thống doi cát này là những nơi được người dân bản địa thích nghi và sống lâu đời. Khu dân cư thường lùi sâu vào trong đất liền từ 100-150 m, giảm thiểu được những tác động do sóng và nước biển dâng trong bão gây nên. Mặc dù vậy, vùng doi cát cửa sông là nơi chuyển tiếp giữa sông và biển, khả năng ngập và sạt lở được tính toán đều trên 5-8 m/năm. Do đó, vùng doi cát này có chỉ số CVI cao hơn các bờ cát ven biển. Đặc biệt với khu vực đang xây dựng và khu du lịch được đánh giá có mức độ CVI cao nhất do độ rộng rừng phòng hộ phía trước bị phá hủy, thay thế bởi cảnh quan cây xanh du lịch.

## 5. Thảo luận

Dựa vào kết quả tính toán, những kiểu bờ biển có hoạt động sinh kế của người dân như làng chài, nông nghiệp hoặc đầm nuôi ven biển đều đã được xây dựng lùi về phía sau bờ biển đều có mức độ CVI trung bình đến thấp. Phía trước các lớp phủ này luôn có một lớp phủ rừng rộng trên 100 m. Điều này đã cho thấy đời sống người dân ven biển đã thích nghi với những tác động từ sóng và bão từ nhiều đời nay. Về bản chất, những khu tập trung đông dân cư nông thôn cũng có đặc điểm tương tự. Phần lớn khu vực đất nông thôn đều nằm cách bờ biển trên 100 m, được bảo vệ bởi nhiều hàng cây phi lao và đụn cát tiền tiêu bên ngoài. Người dân địa phương cũng khẳng định sóng và nước biển dâng chỉ dừng ở rìa ngoài

của hàng cây phi lao, rất ít khi ảnh hưởng tới nhà dân bên trong, chỉ trừ các trận bão thế kỷ. Điều này là phù hợp với kết quả tính toán CVI khu vực ở giá trị tổn thương thấp đến trung bình.

Chỉ số CVI cao được tính toán chủ yếu tại nhiều đoạn bờ đã được quy hoạch, xây dựng lại nhằm mục tiêu phát triển kinh tế và du lịch, ví dụ như khu du lịch Ngũ Hành Sơn (Đà Nẵng), Hội An (Quảng Nam). Thảm thực vật rễ chùm bám chặt vào tầng cát ven biển, giúp ổn định các đụn cát tiền tiêu. Một khi bờ biển mất đi hệ thống rừng phòng hộ tự nhiên này, đới sóng vỡ sẽ tiến sâu vào đất liền, mực nước biển dâng trong bão, kết hợp với sóng sẽ phá hủy sâu vào các đụn cát tiền tiêu không còn lớp phủ bề mặt. Đây là điều kiện thuận lợi cho sóng và bão đi sâu vào đất liền, làm mất đất và ảnh hưởng tới sinh kế người dân bên trong. Điều này phản ánh đúng với kết quả tính CVI ở đây nằm trong ngưỡng tổn thương cao/rất cao. Khu vực Sơn Trà - Cửa Đại là điển hình về việc cải tạo đất ven biển, phục vụ phát triển kinh tế và du lịch. Khu vực bờ cát hoàn toàn không còn đất rừng phòng hộ tự nhiên, trong khi nhiều nơi trong khu vực có mức độ sạt lở trên 10 m/năm. Khu vực phía bắc từ phường Thọ Quang đến Ngũ Hành Sơn thường bị tác động của sóng mùa mưa bão gây ngập đường ven biển. Hệ thống đường ven biển được xây cao, hạn chế đáng kể tác động của quá trình sạt lở bờ. Tuy nhiên, dải phía nam khu vực Cửa Đại, Hội An, tỉnh Quảng Nam - thường xuyên bị sạt lở, đặc biệt là khu du lịch Hội An. Nhiều khu du lịch như tại Victoria Hoi An Beach Resort, Golden Sand Resort And Spa Hoi An, Sunrise Premium Resort Hoi An và Vinpearl Resort & Spa Hội An đều phải xây dựng riêng hệ thống kè ven biển, nhằm giảm thiểu thiệt hại do sóng và mực nước biển dâng trong bão hàng năm.

## 6. Kết luận

Nghiên cứu đã đưa ra 12 tiêu chí đánh giá mức độ tổn thương bờ biển cho khu vực Sơn Trà – Cửa Đại, phân thành 3 nhóm liên quan đặc trưng bờ biển, động lực bờ biển và tiêu chí kinh tế - xã hội. Trên cơ sở đó, bờ biển Sơn Trà – Cửa Đại được chia ra 79 đoạn bờ với 5 cấp chỉ số CVI

khác nhau (ít bị tổn thương, tổn thương thấp, trung bình, cao và rất cao). Về tổng thể, vùng phía bắc của khu vực nghiên cứu có giá trị CVI thấp. Trong khi đó, vùng phía nam có giá trị CVI dao động cao đến rất cao. Các cấp tổn thương trên thể hiện rõ ràng khả năng chống chịu của tự nhiên và con người dưới tác động của nước biển dâng trong bão. Với hoạt động xói lở bồi tụ đan xen, rừng phòng hộ phía trước bờ biển khu vực nghiên cứu bị phá hủy, thay thế bởi cảnh quan cây xanh du lịch là yếu tố quan trọng làm ra tăng chỉ số CVI. Do đó, kết quả nghiên cứu sẽ trở thành thông tin hữu ích cho các nhà quản lý bờ biển Sơn Trà – Cửa Đại trong công tác ra quyết định quy hoạch sử dụng bờ trong tương lai.

## Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tiến hành trong khuôn khổ đề tài mã số QG.21.17 tiêu đề: “Phát triển mô hình học máy sâu trong giám sát biến động bờ biển Trung Bộ” của Đại học Quốc gia Hà Nội. Nhóm nghiên cứu xin chân thành cảm ơn.

## Tài liệu tham khảo

- [1] V. P. Vu, Research on Vietnam Coastal Erosion and Global Climate Change, Environment and Sustainable Development in the Context of Climate Change., Vol. 1, 2009, pp. 233-240 (in Vietnamese).
- [2] E. H. Boak, I. L. Turner, Shoreline Definition and Detection: A Review, J. Coast. Res., Vol. 214, 2005, pp. 688-703, <https://doi.org/10.2112/03-0071.1>.
- [3] V. C. Nguyen, P. H. Tien, Coastal Erosion in Central Vietnam, Science and Technology Publishing House, Hanoi, 2003 (in Vietnamese).
- [4] T. N. Mai, D. Q. Tran, T. H. H. Nguyen, V. D. Luu, V. T. Hoang, T. T. Bui, M. Q. Pham, T. L. Tran, H. Q. Nguyen, T. N. Le, T. L. Nguyen, T. T. T. Vu, T. T. Pham, Vulnerability Assessment of Environment and Natural Resources in Vietnam Coastal Zone for Sustainable Use of Natural Resources, Environment Protection and Adaptation to Climate Change (Case Study the Red River Delta Coastal Zone), VNU J. Sci. Earth Sci., Vol. 27, 2011, pp. 161173, <https://js.vnu.edu.vn/EES/article/view/1513>.

- [5] H. Takagi, N. D. Thao, M. Esteban, T. Mikami, L. V. Cong, V. T. Ca, Coastal Disasters in Vietnam, Elsevier Inc., 2015, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801060-0.00012-5>.
- [6] K. B. Dang, V. B. Dang, T. T. H. Dang, C. C. Ngo, Assessments of Sand Dune Ecosystem Service Potential from Son Tra (Da Nang) to Tam Ky (Quang Nam), VNU J. Sci. Earth Environ. Sci., Vol. 36, No. 3, 2020, pp. 81-92, <https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4645> (in Vietnamese).
- [7] G. Özyurt, A. Ergin, Improving coastal vulnerability assessments to sea-level rise: A new indicator-based methodology for decision makers, J. Coast. Res., Vol. 26, No. 2, 2010, pp. 265–273, <https://doi.org/10.2112/08-1055.1>.
- [8] A. I. A. Hamid, A. H. M. Din, N. Yusof, N. M. Abdullah, A. H. Omar, M. F. Abdul Khanan, Coastal Vulnerability Index Development: a Review, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci. - ISPRS Arch., Vol. 42, 2019, pp. 229-235, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-W16-229-2019>.
- [9] Ministry of Natural Resources and Environment – Institute of Meteorology, Hydrology and Environment, Climate change and sea level change scenarios in Vietnam, 2012 (in Vietnamese).
- [10] I. Boateng, GIS Assessment of Coastal Vulnerability to Climate Change and Coastal Adaption Planning in Vietnam, J. Coast. Conserv., Vol. 16, No. 1, 2012, pp. 25-36, <https://doi.org/10.1007/s11852-011-0165-0>.
- [11] D. D. Cham, H. S. Nguyen, K. A. Nguyen, Coastal Vulnerability Assessments Due to Climate Change In Coastal Sand-bar in Quang Binh, Quang Tri, Thua Thien Hue to Propose Sustainable Likelihood, Science and Technics Publishing House, Hanoi, 2020 (in Vietnamese).
- [12] GSO, Statistical Yearbook of Tam Ky Community, Quang Nam Province, the People Committee of Tam Ky Community, Quang Nam Province, Vietnam, Quang Nam Province, 2016 (in Vietnamese).
- [13] V. L. Ngo, V. B. Dang, K. B. Dang, C. C. Ngo, T. P. N. Pham, B. Benjamin, T. K. C. Giap, Assessment of Shoreline Changes for Setback Zone Establishment from Son Tra (Da Nang City) to Cua Dai (Hoi An City), Vietnam, Vietnam J. Earth Sci., Vol. 42, No. 4, 2020, pp. 363-383, <https://doi.org/10.15625/0866-7187/42/4/15410>.
- [14] C. H. Nguyen, K. B. Dang, V. L. Ngo, V. B. Dang, Q. H. Truong, D. H. Nguyen, T. L. Giang, T. P. N. Pham, C. C. Ngo, T. T. Hoang, New Approach to Assess Multi-Scale Coastal Landscape Vulnerability to Erosion in Tropical Storms in Vietnam, Sustainability, Vol. 13, No. 2, 2021, pp 24-38, <https://doi.org/10.3390/su13021004>.
- [15] N. C. Tuan, N. Y. Nhu, T. M. Ngoc, Applying LITPACK Model in Researching Shape Change of Cua Tung Coast, VNU J. Sci. Earth Environ. Sci., Vol. 33, No. 3, 2014, pp. 49-54, <https://js.vnu.edu.vn/EES/article/view/769> (in Vietnamese).
- [16] V. C. Huu, D. V. Uu, Calculation of Wave Regime and Longshore Sediment Transport in Nha Trang Bay, Khanh Hoa Province, VNU J. Sci. Earth Environ. Sci., Vol. 32, No. 3S, 2016, pp. 122-129, <https://js.vnu.edu.vn/EES/article/view/3646> (accessed: August 20<sup>th</sup>, 2021) (in Vietnamese).
- [17] N. T. Mai, Forecasting the Fluctuation of Riverbed and Shoreline While Dredging to through Flows in Anchoring Areas of Boats to Storm Shelter in Water front of Phan Ri, VNU J. Sci. Earth Environ. Sci., Vol. 32, No. 3, 2014, pp. 49-58, <https://js.vnu.edu.vn/EES/article/view/2377> (in Vietnamese).
- [18] N. Ahmed, N. Howlader, M. A. A. Hoque, B. Pradhan, Coastal Erosion Vulnerability Assessment Along the Eastern Coast of Bangladesh Using Geospatial Techniques, Ocean Coast. Manag., Vol. 199, 2021, pp. 105408-105425, <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105408>.
- [19] N. T. Son, N. C. Tuan, N. Q. Hung, P. N. Thang, Mapping Vulnerable Properties and Solutions Limited Flood Damage on the Ben Hai - Thach Han River Basins, VNU J. Sci. Earth Environ. Sci., Vol. 32, No. 3S, 2016, pp. 175-183, <https://js.vnu.edu.vn/EES/article/view/3661> (accessed: August 20<sup>th</sup>, 2021) (in Vietnamese).
- [20] P. Yin, X. Duan, F. Gao, M. Li, S. Lü, J. Qiu, L. Zhou, Coastal Erosion in Shandong of China: Status and Protection Challenges, China Geol, Vol. 1, No. 4, 2018, pp. 512-521, <https://doi.org/10.31035/cg2018073>.
- [21] Z. T. Zhu, F. Cai, S. L. Chen, D. Q. Gu, A. P. Feng, C. Cao, H. S. Qi, G. Lei, Coastal Vulnerability to Erosion Using a Multi-Criteria Index: a Case Study of the Xiamen Coast, Sustain., Vol. 11, No. 1, 2018, pp. 93-110, <https://doi.org/10.3390/su11010093>.