

# Ứng dụng hệ thông tin địa lý đánh giá tính dễ bị tổn thương của các hệ sinh thái đới bờ biển thành phố Hải Phòng

Phạm Xuân Cảnh\*, Nguyễn Ngọc Thạch, Nguyễn Hiệu,  
Đoàn Thu Phương, Bùi Thị Hằng

*Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQGHN, 334 Nguyễn Trãi, Hà Nội, Việt Nam*

Nhận ngày 24 tháng 7 năm 2017

Chỉnh sửa ngày 31 tháng 7 năm 2017; Chấp nhận đăng ngày 22 tháng 9 năm 2017

**Tóm tắt:** Đới bờ biển thành phố Hải Phòng là nơi tập trung các hoạt động phát triển kinh tế với nhiều khu công nghiệp và cảng biển gây ảnh hưởng trực tiếp đến không gian và môi trường sống của các hệ sinh thái. Đặc biệt trong bối cảnh biến đổi khí hậu như gia tăng nhiệt độ và mực nước biển dâng thì các hệ sinh thái nơi đây là những đối tượng có nguy cơ bị tổn thương cao. Đánh giá tính dễ bị tổn thương của các hệ sinh thái có ý nghĩa quan trọng nhằm phát hiện ra nguy cơ suy giảm hệ sinh thái trong tương lai, từ đó đưa ra những giải pháp kịp thời để bảo tồn và phục hồi chúng.

Nghiên cứu đã xây dựng bộ chỉ số đánh giá tính dễ bị tổn thương của hệ sinh thái trên cơ sở nghiên cứu điều kiện tự nhiên, kinh tế - xã hội có ảnh hưởng mạnh đến môi trường sống của các hệ sinh thái, được chia thành ba nhóm chỉ số: độ nhạy cảm, độ phơi nhiễm và khả năng thích ứng. Các chỉ số này được chuẩn hóa, tính toán thông qua các công cụ GIS để thành lập bản đồ đánh giá tính dễ bị tổn thương của các hệ sinh thái, từ đó xác định được không gian phân bố mức độ tổn thương của các hệ sinh thái được chia thành năm mức: rất thấp, thấp, trung bình, cao, rất cao.

*Từ khóa:* Tính dễ bị tổn thương, độ nhạy cảm, độ phơi nhiễm, khả năng thích ứng, hệ sinh thái.

## 1. Mở đầu

Với lợi thế nguồn tài nguyên phong phú và đa dạng, cùng hệ thống hạ tầng giao thông thuận tiện, đới bờ biển đã được con người khai phá từ lâu, trở thành nơi có mật độ dân số cao [1]. Cùng với đó, đới bờ biển cũng là nơi chứa đựng các hệ sinh thái (HST) có năng suất và độ đa dạng sinh học cao như hệ sinh thái rừng ngập mặn, hệ sinh thái thảm cỏ biển, hệ sinh thái rạn san hô... Các hệ sinh thái này có ý nghĩa quan trọng đối với môi trường và con

người như điều hòa vi khí hậu, cung cấp được liệu, gỗ, cung cấp nguồn thủy hải sản, và là nơi cư trú của nhiều loài chim, thú và các loài động vật quý hiếm...[2].

Khu vực ven biển thành phố Hải Phòng có nhiều hệ sinh thái chịu ảnh hưởng trực tiếp của vùng cảng Hải Phòng, đó là các hệ sinh thái nông nghiệp, hệ sinh thái đô thị hay các hệ sinh thái biển như rừng ngập mặn, cỏ biển, rạn san hô...

Các hệ sinh thái trong lục địa ở đới bờ biển thành phố Hải Phòng biến động nhanh do phát triển kinh tế và đô thị hóa, phản ánh sự tăng trưởng kinh tế của Hải Phòng. Hệ sinh thái rừng ngập mặn phân bố ở vùng cửa sông hình phễu

\*Tác giả liên hệ. ĐT.: 84-948989688.

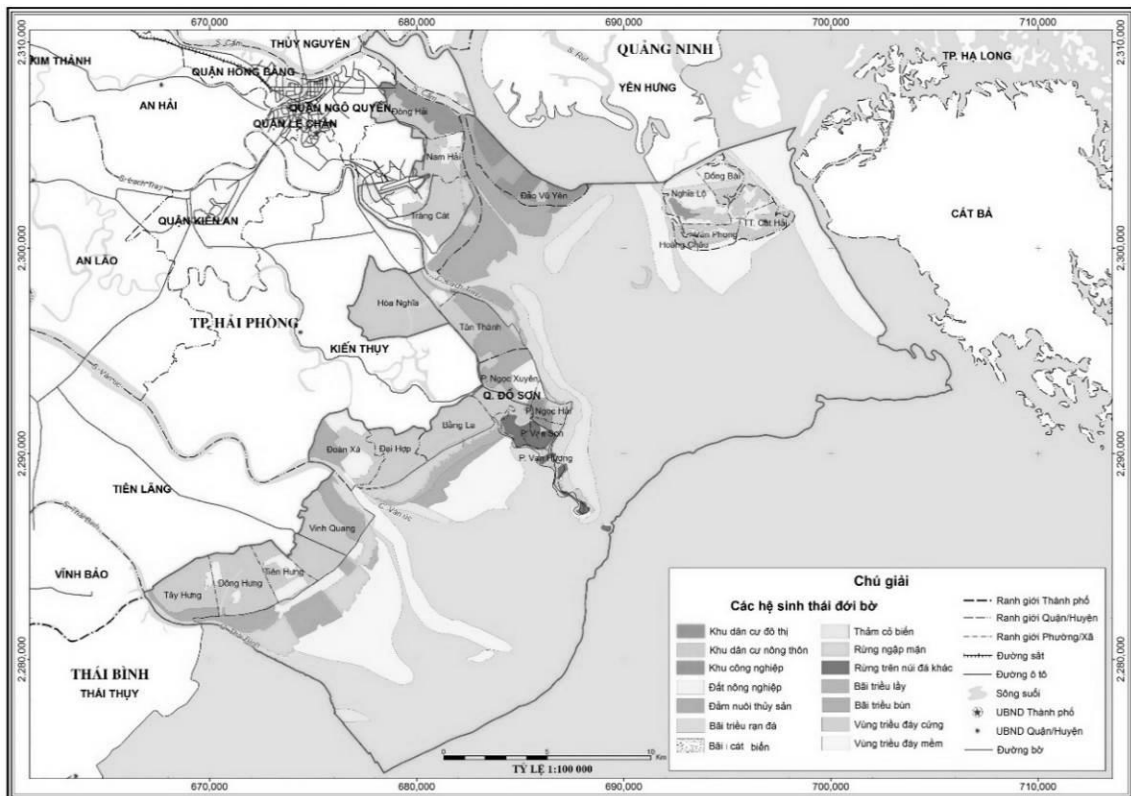
Email: phamxuancanh@hus.edu.vn

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4115>

Bạch Đằng, bãi triều Phù Long, Cát Hải và Đồ Sơn [3] với diện tích lớn nhưng khoảng 1.000ha đã bị phá hủy để phát triển nông nghiệp. Hiện tại, tổng diện tích rừng ngập mặn ở Hải Phòng vào khoảng 600ha, trong đó có 200ha ở huyện Cát Hải [4]. Hệ sinh thái cỏ biển có 4 loài ưu thế tập trung trên diện tích lớn ở Cát Hải, Đình Vũ và Tràng Cát. Tuy nhiên, hầu hết các thảm cỏ biển ở Đình Vũ đã bị phá hủy nhường chỗ cho các hoạt động xây dựng cơ sở hạ tầng. Hệ sinh thái đáy biển bùn cát gồm các vùng dưới triều và vùng triều không có rừng ngập mặn với tổng diện tích 73.320 ha [5]. Đây là bãi giống tôm, ghe, và nhiều loài cá biển cũng đang bị suy giảm nghiêm trọng về cả số lượng và chất lượng. Vì vậy, việc nghiên cứu đánh giá tính dễ bị tổn thương của các hệ sinh thái ở đới bờ biển Thành phố Hải Phòng là cần thiết nhằm phát hiện ra nguy cơ suy giảm hệ sinh thái trong

tương lai, từ đó đưa ra những giải pháp kịp thời để bảo tồn và phục hồi chúng.

Trên cơ sở tham khảo các hệ thống phân chia các HST ở các quy mô từ lớn đến nhỏ của các tổ chức và cá nhân như: Cục Khảo sát Địa chất Hoa Kỳ USGS, Tổ chức Giáo dục, Khoa học và Văn hóa của Liên hiệp quốc UNESCO (1973), Phân loại Thảm thực vật Quốc gia Hoa Kỳ, phân loại đất ngập nước theo Công ước RAMSAR, các hệ thống phân loại của Nguyễn Chu Hồi (2012), Vũ Trung Tạng (2004) [6], nhóm nghiên cứu đã xác định các tiêu chí phù hợp để phân chia các HST trong khu vực. Các tiêu chí theo thứ tự ưu tiên đó là: 1. Ảnh hưởng của thủy triều (không ngập triều/có ngập triều); 2. Thực vật phủ (bề mặt có lớp phủ thực vật/không có lớp phủ thực vật); 3. Đặc điểm nền trầm tích (sét, bùn, cát, rạn đá). Dựa trên các tiêu chí đã chọn, đới bờ biển thành phố Hải Phòng được xác định có 14 HST (hình 1).



Hình 1. Bản đồ phân bố các hệ sinh thái đới bờ biển thành phố Hải Phòng.

## 2. Cơ sở khoa học và phương pháp đánh giá tính dễ bị tổn thương

### 2.1. Khái niệm và hợp phần của tính dễ bị tổn thương

Từ năm 1979 đến nay, định nghĩa về tính dễ bị tổn thương đã được nghiên cứu và phát triển bởi như tác giả tiêu biểu như: Gabor (1979) [7], Timmerman (1981) [8], Alexander (1991) [9], Watt và Bohle (1993) [10], Cutter et al. (2000) [11], Downing (2001) [12], Fekete (2009) [13], Joanne Linnerooth Bayer (2010) [14]. Mặc dù có rất nhiều cách tiếp cận khác nhau trong nghiên cứu tính dễ bị tổn thương, nhưng điểm chung giữa chúng là: tính dễ bị tổn thương thường được định nghĩa là sự cấu thành của 3 thành tố: độ phơi nhiễm, độ nhạy cảm với các sức ép bên ngoài, và khả năng thích ứng.

Hiện nay, có rất nhiều nghiên cứu sử dụng khái niệm tính dễ bị tổn thương của Ủy ban Liên chính phủ về Biến đổi Khí hậu (IPCC) [15-17]. Khái niệm này phù hợp trong bối cảnh biến đổi khí hậu toàn cầu và được công thức hóa như sau:

$$V = f(E, S, AC) \quad (1)$$

Trong đó:

- Độ phơi nhiễm (E) có thể được hiểu là những hiểm họa trực tiếp (ví dụ như sức ép), bản chất và quy mô của các thay đổi của các dao động khí hậu của một vùng (ví dụ như nhiệt độ, lượng mưa, các hiện tượng thời tiết cực đoan...)

- Độ nhạy cảm (S) thể hiện điều kiện môi trường xã hội có thể làm cho các tai biến trở nên trầm trọng hơn hoặc làm giảm nhẹ nó.

- Khả năng thích ứng (AC) thể hiện khả năng áp dụng các giải pháp thích ứng giúp ngăn chặn các tác động tiềm tàng.

### 2.2. Phương pháp đánh giá tính dễ bị tổn thương

#### a. Cách tiếp cận



Hình 2. Mô hình tổn thương theo tiếp cận không gian [15-17].

Nghiên cứu này sử dụng cách tiếp cận theo không gian (spatial approach) với sự trợ giúp của hệ thống tin địa lý (GIS). Nghĩa là tất cả các loại số liệu thống kê về định lượng hoặc định tính được thể hiện và biểu diễn bằng không gian trên bản đồ (các loại số liệu về tự nhiên, kinh tế - xã hội)

Tính dễ bị tổn thương được xác định thông qua các tiêu chí như: độ phơi nhiễm, tính nhạy cảm, khả năng chống chịu phản ánh các đặc tính tự nhiên, kinh tế - xã hội hoặc chi tiết đến các yếu tố phản ánh tình trạng tổn thương trong các lĩnh vực công nghiệp, nông nghiệp, lâm nghiệp, thủy sản...

#### b. Phương pháp chuẩn hóa các biến

Các biến giá trị được hiểu là một đại lượng được đưa vào trong một công thức toán học để tính toán cho một giá trị cần tìm. Việc lựa chọn các biến trong việc đánh giá tính dễ bị tổn thương phụ thuộc vào lý thuyết và phương pháp tiếp cận kết hợp với ý kiến chuyên gia. Các biến chọn khác nhau sẽ cho kết quả khác nhau.

Đối với mỗi một biến, do được đo lường bằng các đại lượng khác nhau (ví dụ: biến nhiệt độ được đo bằng độ C, mức độ ảnh hưởng; hoặc chỉ số AC được đo bằng các yếu tố về kinh tế xã hội). Vì vậy, để có thể đánh giá được ta phải đưa các đại lượng về một trục (cùng một đơn vị). Đơn vị ở đây chính là chỉ số đánh giá. Vì vậy, ta áp dụng công thức (2) để chuẩn hóa các chỉ số.

$$Z_{ij} = \frac{X_{ij} - X_{i \text{ Min}}}{X_{i \text{ Max}} - X_{i \text{ Min}}} \times 100 \quad (2)$$

Trong đó:

- $Z_{ij}$ : Giá trị được chuẩn hóa ở loại  $i$  của vùng  $j$ ;
- $X_{ij}$ : Giá trị chưa được chuẩn hóa ở loại  $i$  của vùng  $j$ ;
- $X_{i \text{ Max}}$ : Giá trị lớn nhất của chỉ số (của lớp thông tin);
- $X_{i \text{ Min}}$ : Giá trị nhỏ nhất của chỉ số;

### c. Quy trình nghiên cứu

Trên cơ sở tổng hợp các phương pháp đánh giá tính dễ bị tổn thương của hệ sinh thái trên thế giới và ở Việt Nam kết hợp với việc xác lập các cơ sở khoa học cho đánh giá tính dễ bị tổn thương của các hệ sinh thái ở đới bờ biển Thành phố Hải Phòng tỷ lệ 1:100.000, quy trình nghiên cứu được xác định như hình 3.

### 3. Cơ sở tài liệu phục vụ nghiên cứu

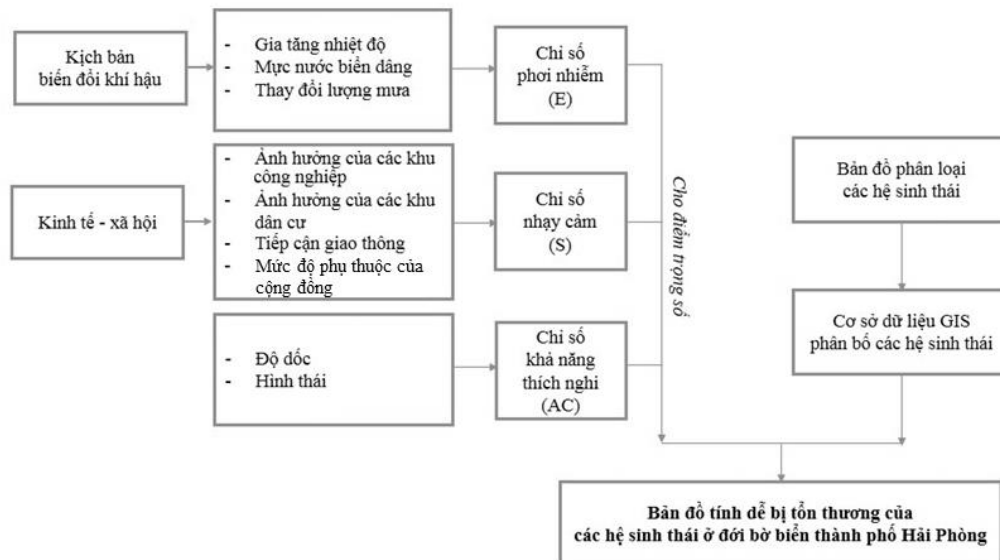
Dữ liệu phục vụ cho việc nghiên cứu đánh giá tính dễ bị tổn thương của các hệ sinh thái ở

đới bờ biển Thành phố Hải Phòng gồm có: 1) Các tài liệu, công trình khoa học, bài báo công bố trong nước và quốc tế có nội dung liên quan đến đánh giá tính dễ bị tổn thương, đặc biệt là đánh giá tính dễ bị tổn thương của các hệ sinh thái; 2) Kịch bản biến đổi khí hậu của khu vực Hải Phòng đến năm 2050 do bộ Tài nguyên và Môi trường - Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi Trường xây dựng và công bố năm 2012 [18]; 3) Bản đồ địa hình tỷ lệ 1:50.000 và bản đồ đường đẳng sâu tỷ lệ 1:25.000, do bộ Tài nguyên và Môi trường - Cục đo đạc và bản đồ xây dựng. 4) Số liệu tổng cục thống kê. 5) Bản đồ quy hoạch phát triển không gian Thành phố Hải Phòng đến năm 2020 do Thành phố Hải Phòng công bố.

### 4. Kết quả nghiên cứu

#### 4.1. Xác định các chỉ số trong đánh giá tổn thương hệ sinh thái

Để đánh giá tính dễ bị tổn thương, nghiên cứu đã xác định các chỉ số chính S, E, AC và nhóm các chỉ số phụ tương ứng (Bảng 1).



Hình 3. Sơ đồ quy trình nghiên cứu.

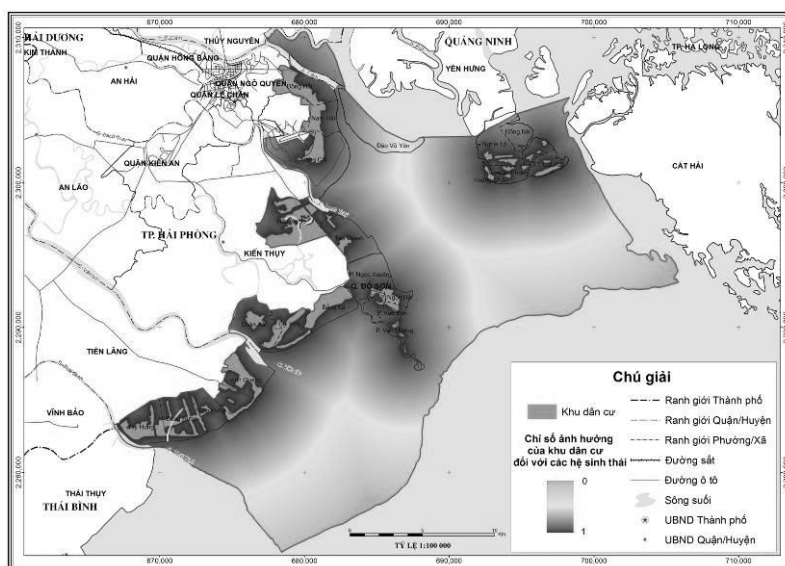
Bảng 1. Các chỉ số trong đánh giá tổn thương HST

STT	Chỉ số chính	Chỉ số phụ	Ý nghĩa
1		Chỉ số tiếp cận giao thông	Chỉ số này thể hiện càng gần hệ thống giao thông, hệ sinh thái càng dễ nhạy cảm
2	Chỉ số nhạy cảm S (Sensitivity)	Ảnh hưởng của các khu dân cư	Chỉ số xác định: càng gần khu dân cư đô thị HST càng dễ nhạy cảm
3		Ảnh hưởng của các khu công nghiệp	Thể hiện mức độ nhạy cảm của các hệ sinh thái đối với việc phát triển các khu công nghiệp (Càng gần các khu công nghiệp chỉ số nhạy cảm càng cao)
4		Mức độ phụ thuộc của cộng đồng	Thể hiện mức độ phụ thuộc trong sinh kế đối với HST và tài nguyên (Chỉ số được xác định từ số lao động nông, lâm, ngư/tổng dân số)
5	Chỉ số phơi nhiễm E (Exposure)	Nước biển dâng đến 2050	Xác định mức độ ảnh hưởng của nước biển dâng đối với các HST
6		Biến đổi nhiệt độ đến 2050	Xác định mức độ ảnh hưởng của nhiệt độ đối với các HST
7	Chỉ số khả năng thích ứng AC (Adaptive capacity)	Độ dốc	HST của những khu vực có độ dốc càng cao càng có khả năng thích ứng
8		Hình thái	HST có cấu trúc dài và phân mảnh có khả năng thích ứng kém hơn những vùng lõi tập chung

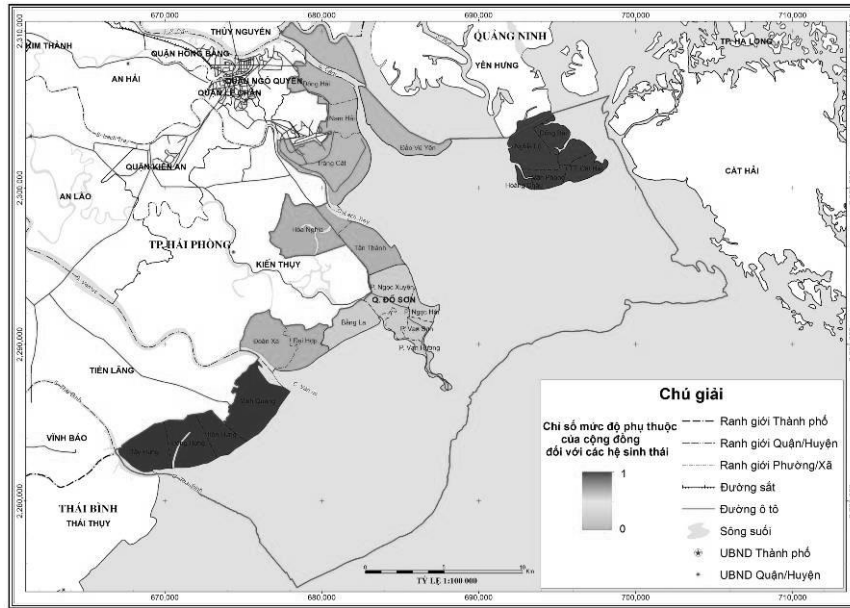
4.2. Chuẩn hóa chỉ số sử dụng công cụ GIS

**Chỉ số nhạy cảm S:** Chỉ số nhạy cảm thể hiện mức độ nhạy cảm của hệ sinh thái đối với các tiêu chí đưa ra. Những khu vực có chỉ số của các tham số càng cao thể hiện tác động tiêu

cực đến hệ sinh thái càng lớn. Chỉ số nhạy cảm được tính từ các biến bao gồm: Khoảng cách ảnh hưởng của giao thông, Khoảng cách ảnh hưởng của khu dân cư, Khoảng cách ảnh hưởng của khu công nghiệp, Mức độ phụ thuộc của cộng đồng (hình 4, 5).



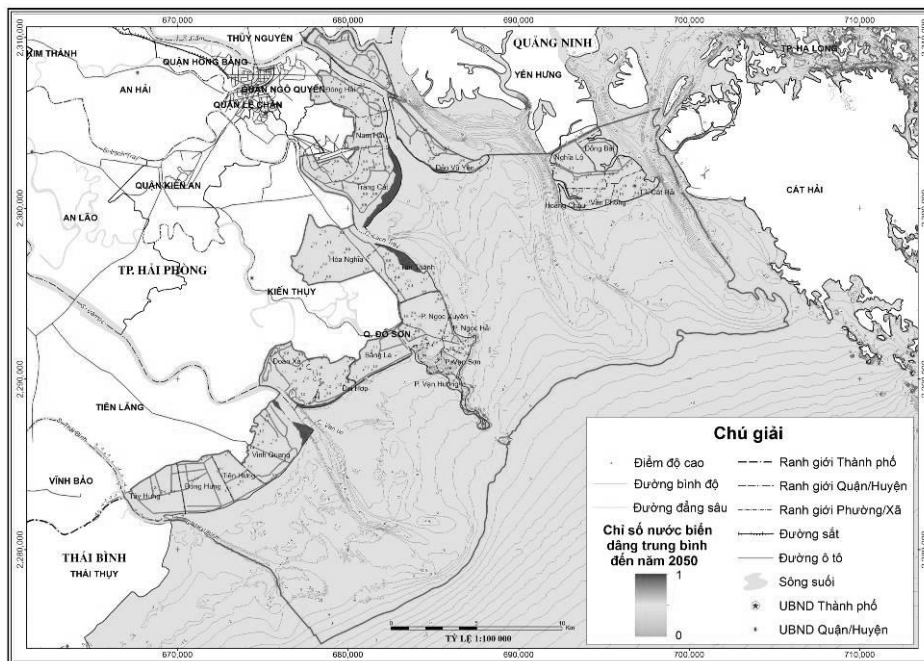
Hình 4. Chỉ số ảnh hưởng của khu dân cư.



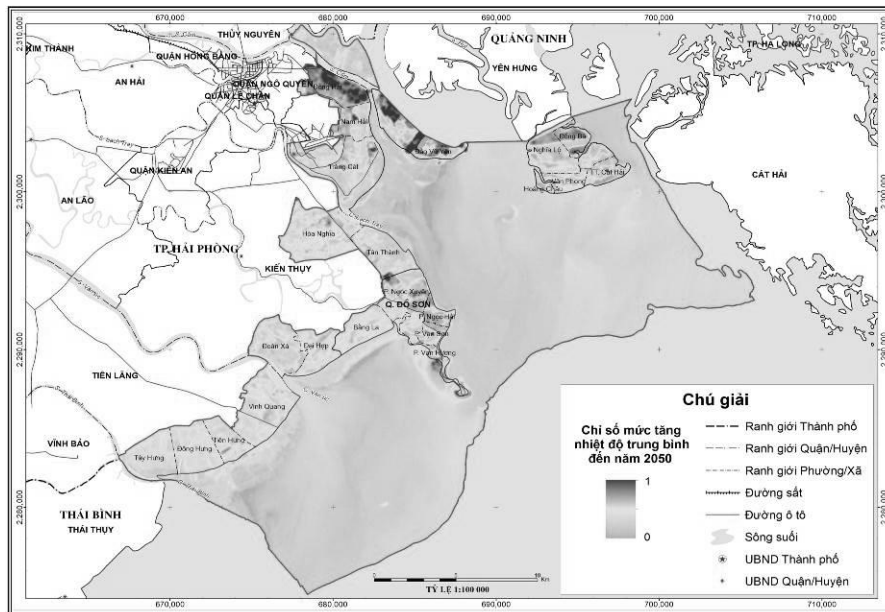
Hình 5. Chỉ số mức độ phụ thuộc của cộng đồng.

**Chỉ số phơi nhiễm E:** Nghiên cứu đã đưa hai chỉ số chính mực nước biển dâng, mức tăng nhiệt độ so với thời kỳ 1980 - 1999 theo kịch bản phát thải trung bình (B2) vào để đánh giá

tính dễ bị tổn thương. Chỉ số phơi nhiễm tính từ các biến: Mực nước biển dâng TB đến năm 2050, Mức tăng nhiệt độ TB đến năm 2050 (hình 6, 7).



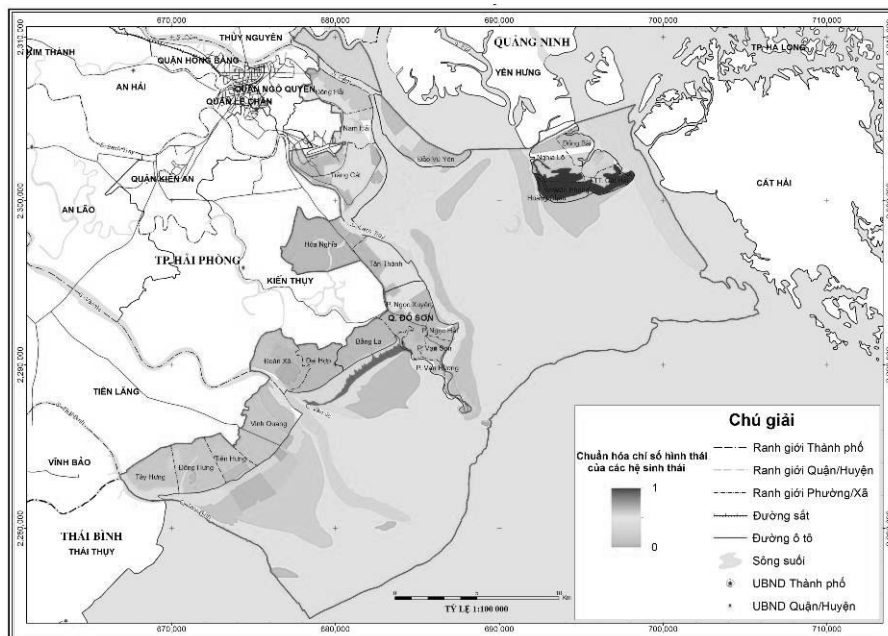
Hình 6. Chỉ số mực nước biển dâng TB đến năm 2050.



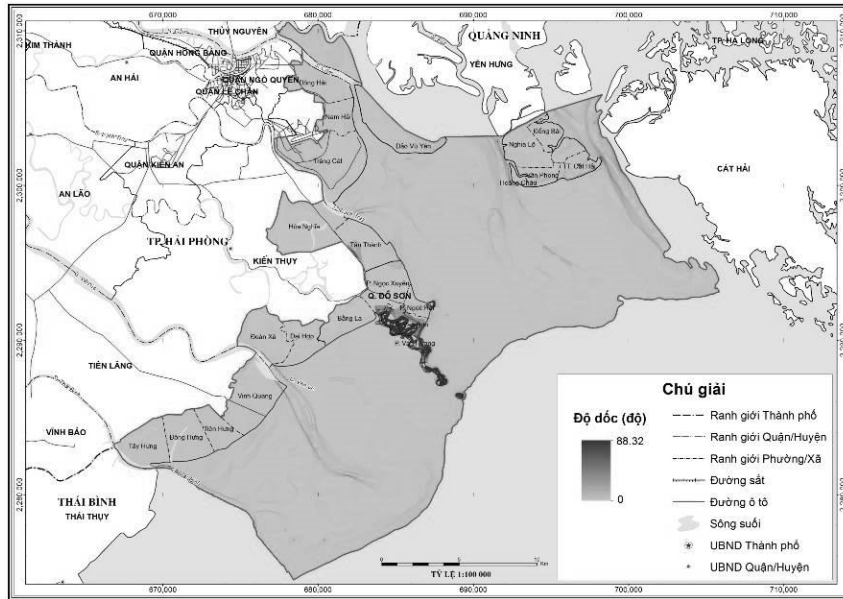
Hình 7. Chỉ số mức tăng nhiệt độ TB đến năm 2050.

**Khả năng thích ứng AC:** Khả năng thích ứng của hệ sinh thái càng lớn thì càng ít bị dễ tổn thương. Nghiên cứu áp dụng chỉ số *Area-Weighted Mean Shape Index* (AWMSI) để tính chỉ số hình thái của các hệ sinh thái. AWMSI

bằng trung bình “chỉ số hình dạng” của các HST có hình dạng tương ứng với mỗi chỉ số hình dạng. Chỉ số AWMSI càng lớn thể hiện hình dạng của HST càng dài, càng dễ tổn thương (hình 8).



Hình 8. Chỉ số hình thái.



Hình 9. Chỉ số độ dốc.

Bước tiếp theo, nhóm nghiên cứu tính trọng số cho các chỉ số phụ, xếp hạng trọng số theo ý kiến của chuyên gia. Kết quả tính trọng số được xác định theo công thức của WWF (2013) [19].

$$W = \frac{X_i}{\sum_{i=1}^n X_i} \quad (3)$$

Trong đó:

- W : Trọng số của các chỉ số phụ
- n : Các chỉ số
- X<sub>i</sub> : Xếp hạng theo ý kiến chuyên gia (i=1; 2...n)

Bảng 2. Đánh giá trọng số cho các chỉ số phụ của chỉ số nhạy cảm S

STT	Chỉ số	Xếp hạng	Trọng số
1	Chỉ số tiếp cận giao thông	2	0,125
2	Ảnh hưởng của các khu dân cư	5	0,3125
3	Ảnh hưởng của các khu công nghiệp	4	0,25
4	Mức độ phụ thuộc của cộng đồng	5	0,3125

Bảng 3. Đánh giá trọng số cho các chỉ số phụ của chỉ số phơi nhiễm

STT	Chỉ số	Xếp hạng	Trọng số
1	Nước biển dâng đến năm 2050	3	0,5
2	Biến đổi nhiệt độ đến năm 2050	3	0,5

Bảng 4. Đánh giá trọng số cho các chỉ số phụ của chỉ số khả năng thích ứng (AC)

STT	Chỉ số	Xếp hạng	Trọng số
1	Độ dốc	4	0,44
2	Hình thái	5	0,56

Bảng 5. Đánh giá trọng số cho chỉ số tính dễ bị tổn thương (V)

STT	Chỉ số	Xếp hạng	Trọng số
1	Chỉ số nhạy cảm S (Sensitivity)	3	0,3
2	Chỉ số phơi nhiễm E (Exposure)	4	0,4
3	năng thích ứng AC (Adaptive capacity)	3	0,3



Sau khi xác định được trọng số của các chỉ số phụ, chỉ số chính được xác định theo công thức (4) [18].

$$\text{Chỉ số chính} = \frac{\sum_{i=1}^n W_i A_i}{n} \quad (4)$$

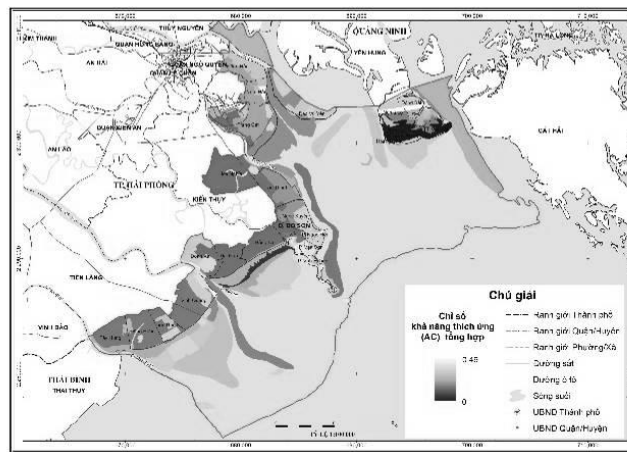
Trong đó:

- $W_i$ : là trọng số thứ  $i$  đã được tính toán của các chỉ số phụ.
- $A_i$ : là giá trị của các chỉ số phụ thứ  $i$  đã chuẩn hóa.
- $n$ : là tổng số các chỉ số phụ.

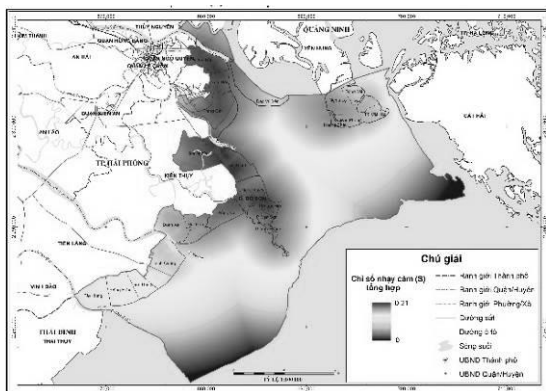
Nghiên cứu thu được các bản đồ các chỉ số chính tổng hợp sau (Hình 10).

Bản đồ các biên (tiêu chí) dễ bị tổn thương cho thấy:

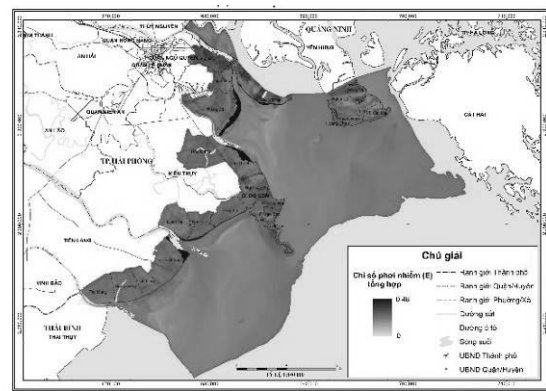
- Theo bản đồ chỉ số nhạy cảm, giá trị chỉ số càng lớn thì mức độ nhạy cảm càng cao. Ở phía Bắc khu vực nghiên cứu tập trung nhiều khu công nghiệp, các cảng biển lớn như Đình Vũ, Nam Triệu... ngoài ra, khu vực quận Đồ Sơn có khu công nghiệp Đồ Sơn, bãi tắm cũng gây tác động tiêu cực đến các hệ sinh thái lân cận nên chỉ số nhạy cảm rất cao. Càng ra xa, mức độ nhạy cảm càng giảm.



Chỉ số khả năng thích ứng AC tổng hợp

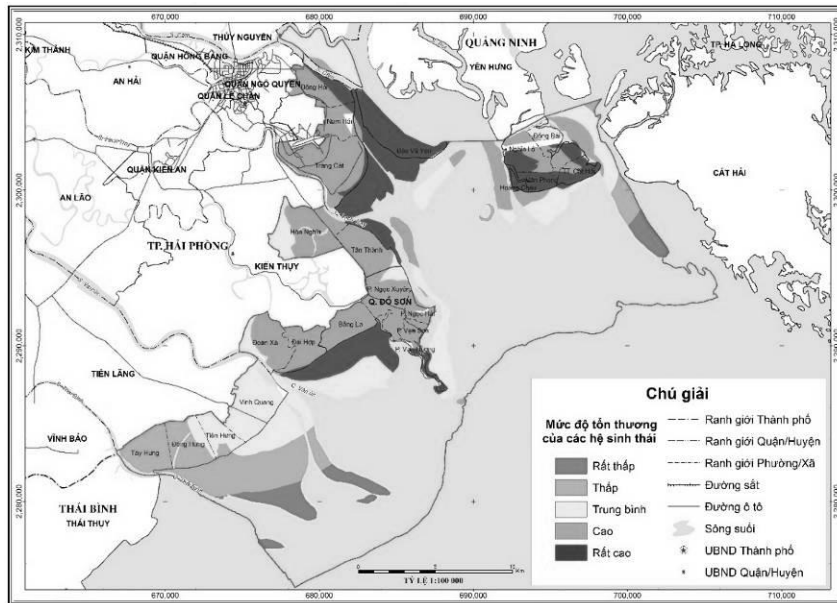


Chỉ số nhạy cảm S tổng hợp



Chỉ số phơi nhiễm E tổng hợp

Hình 10. Các chỉ số AC, S, E tổng hợp.



Hình 11. Bản đồ đánh giá tính dễ bị tổn thương của các hệ sinh thái ở đới bờ biển Thành phố Hải Phòng.

- Theo bản đồ chỉ số độ phơi nhiễm, giá trị chỉ số càng lớn thể hiện mức độ phơi càng cao. Chỉ số phơi nhiễm tổng hợp từ hai chỉ số phụ là chỉ số mực nước biển dâng và mức tăng nhiệt độ đến năm 2050. Với giả thiết nhiệt độ tăng đồng đều trong cả khu vực nên độ phơi nhiễm của các hệ sinh thái với yếu tố tăng nhiệt độ được coi là như nhau, vì vậy mực nước biển dâng là yếu tố quan trọng quyết định đến chỉ số phơi nhiễm tổng hợp. Lý do là mực nước biển dâng làm mất dần diện tích cư trú của các hệ sinh thái ven biển như: rừng ngập mặn, bãi triều lầy, bãi cát biển.

- Theo bản đồ khả năng thích ứng, giá trị chỉ số càng nhỏ thì khả năng thích ứng càng cao. Các hệ sinh thái có hình dạng dài và mảnh có khả năng thích ứng kém hơn các hệ sinh thái có hình dạng khối. Giá trị chỉ số khả năng thích ứng đa phần cao ở khu vực đới bờ biển Thành phố Hải Phòng.

Nghiên cứu này đã ứng dụng hệ thống tin địa lý (GIS) chồng xếp trung bình hóa các lớp chỉ số tổng hợp để thu được bản đồ đánh giá tính dễ bị tổn thương của các hệ sinh thái ở đới bờ biển Thành phố Hải Phòng (Hình 11).

## 5. Kết luận

Cho đến nay, việc đánh giá tính dễ bị tổn thương của các hệ sinh thái còn gặp nhiều khó khăn do hai yếu tố nhạy cảm (S) và khả năng thích ứng (AC) trong nhiều trường hợp rất khó nhận diện một cách chính xác, có những chỉ số phụ có thể được sử dụng trong cả hai yếu tố. Tuy nhiên, dù nhìn nhận ở khía cạnh nào thì kết quả của chỉ số tổn thương V không thay đổi (giá trị của S nghịch đảo với giá trị của AC).

Nghiên cứu đã xác định được các biến chính và phụ đưa vào tính toán đánh giá tính dễ bị tổn thương của các hệ sinh thái trong bối cảnh biến đổi khí hậu. Thông qua việc chuẩn hóa và tích hợp có trọng số các biến bằng công cụ GIS đã xác định được mức độ và không gian phân bố tổn thương của các hệ sinh thái đới bờ biển Thành phố Hải Phòng.

Kết quả đánh giá tính dễ bị tổn thương của các hệ sinh thái ở đới bờ biển Thành phố Hải Phòng cho thấy: các hệ sinh thái rừng ngập mặn, đầm nuôi tôm có mức độ dễ bị tổn thương mức 4 (cao), đặc biệt là các hệ sinh thái gần khu công nghiệp, các khu dân cư thì mức độ tổn

thương được đánh giá ở mức 5 (rất cao). Đây sẽ là cơ sở để có thể đưa ra các biện pháp bảo tồn và phục hồi các hệ sinh thái khu vực này.

### Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Khoa học Tự nhiên trong đề tài mã số TN.16.16.

### Tài liệu tham khảo

- [1] Nguyễn Hiệu (2002), Nghiên cứu biến động địa hình khu vực cửa sông Ba Lạt và lân cận phục vụ quản lý đê điều, Luận văn thạc sĩ khoa học mã 01 07 03.
- [2] Vũ Trung Tạng (1994), Các hệ sinh thái cửa sông Việt Nam, NXB Khoa học Kỹ thuật, Hà Nội, 279 trang.
- [3] Phan Nguyễn Hồng (1999), Rừng ngập mặn Việt Nam, NXB Nông nghiệp, Hà Nội.
- [4] Đặng Ngọc Thanh, Phan Nguyễn Hồng, Nguyễn Huy Yết và nnk (2004), "Chuyên khảo biên Việt Nam, tập IV, Nguồn lợi sinh vật và các hệ sinh thái biển", NXB Trung tâm khoa học tự nhiên và công nghệ quốc gia.
- [5] Nguyễn Đức Cự (2011), Nghiên cứu đánh giá tác động của các công trình hồ chứa thượng nguồn đến diễn biến hình thái và tài nguyên - môi trường vùng cửa sông ven biển đồng bằng Bắc Bộ, Báo cáo tổng hợp Đề tài độc lập cấp Nhà nước (Mã số: ĐTDL. 2009T/05).
- [6] Vũ Trung Tạng (2004), Sinh học và sinh thái học biển, Nhà xuất bản Đại học quốc gia Hà Nội.
- [7] Gabor, T. and T.K.Griffith (1979), The assessment of community vulnerability to acute hazardous materials incidents. Unpublished paper for emergency planning research conference, arnprior?, Ontario, June 29-31, 1979
- [8] Timmerman, P. 1981, Vulnerability, Resilience and the collapse of the society, Environmental monograph 1, Toronto: Institute of Environmental Studies, University of Toronto.
- [9] Alexander D. (1991), "Natural disasters", A framework for research and teaching disaster, 15(3), p 209-226
- [10] Watts M.J. and Bohle H.G. (1993), "The space of vulnerability: the causal structure of hunger and famine", Progress in Human Geography 17, p.43-67.
- [11] Cutter, S. L., J. T. Mitchell and M. S. Scott (2000). "Revealing the vulnerability of people and places: a case study of Georgetown County, South Carolina." Annals of the Association of American Geographers 90(4): 713-737.
- [12] Downing, TE, Butterfield, R, Cohen, S, Huq, S, Moss, R, Rahman, A, Sokona, Y and Stephen (2001), "Vulnerability Indices: Climate Change Impacts and Adaptation", UNEP Policy Series, UNEP, Nairobi.
- [13] Fekete A. (2009), "Assessment of Social Vulnerability for River-Floods in Germany", Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Grades DoktorIngenieur (Dr. -Ing.) der Hohen Landwirtschaftlichen Fakultät der Rheinischen Friedrichs Wilhelm - Universität zu Bonn. 2009
- [14] Joanne Linnerooth-Bayer (2010), "Risk and Vulnerability Program". Research Plan 2006-2010".
- [15] Laura Tremblay-Boyer and Eric Ross Anderson, PANAMA
- [16] Quantitative assessment of Vulnerability to Climate Change (Computation of Vulnerability Indices)
- [17] IPCC (2001) Climate change 2001: impacts, adaptations and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assesment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge.
- [18] Bộ Tài nguyên & Môi trường - Viện khoa học khí tượng thủy văn và Môi Trường (2012), Kịch bản biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam.
- [19] WWF (2013), Đánh giá tính dễ tổn thương trước biến đổi khí hậu của các hệ sinh thái tại Việt Nam.

## Applying GIS for Vulnerability Assessment of Coastal Ecosystems in Hai Phong City

Pham Xuan Canh, Nguyen Ngoc Thach, Nguyen Hieu,  
Doan Thu Phuong, Bui Thi Hang

*VNU University of Science, 334 Nguyen Trai, Hanoi, Vietnam*

**Abstract:** Economic developments in coastal zone in Hai Phong city such as industrial zones, seaports have significant impacts on living space and environment of ecosystems. Especially in climate change theme as the rising of average temperature and global mean sea level, the ecosystems here are at high risk of vulnerability. Vulnerability assesment of ecosystems is very important to detect the risk of future ecosystem degradation, which helps to define the timely measures to preserve and restore them.

Based on the study of natural and socio-economic conditions affecting the environment of ecosystem, the research developed indicators to evaluate the vulnerability of ecosystems which are divided into three groups: sensitivity, exposure, and adaptive capacity. These indicators after normalization are the inputs for mapping vulnerability assessment of ecosystems through GIS tools. The vulnerability are divided into five levels: very low, low, medium, high and very high.

*Keywords:* Vulnerability, sensitivity, exposure, adaptive capacity, coastal ecosystem.