

Bài báo khoa học

Ứng dụng viễn thám và mô hình AHP đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến du lịch ven biển khu vực TP Sầm Sơn, tỉnh Thanh Hóa

Phạm Thị Làn¹, Lê Kim Dung^{2*}

¹ Đại học Mỏ - Địa chất; phamthilan@humg.edu.vn

² Đại học Hồng Đức; lekimdung@hdu.edu.vn

*Tác giả liên hệ: lekimdung@hdu.edu.vn; Tel.: +84-945516169

Ban Biên tập nhận bài: 12/11/2023; Ngày phản biện xong: 19/12/2023; Ngày đăng bài: 25/4/2024

Tóm tắt: Du lịch của Việt Nam là một ngành kinh tế chịu tác động trực tiếp hoặc gián tiếp bởi biến đổi khí hậu (BĐKH) vì hầu hết các hoạt động du lịch của Việt Nam được phát triển dựa vào nguồn lực tự nhiên và xã hội. Sự thay đổi nhiệt độ, lượng mưa và biến động đường bờ làm thay đổi việc lựa chọn địa điểm du lịch, làm hư hại cơ sở hạ tầng du lịch, cũng làm tăng thêm hoặc biến mất của một số loại hình du lịch. Nghiên cứu tác động của BĐKH đến du lịch biển Sầm Sơn là cơ sở cho việc xác định biện pháp thích ứng ngành du lịch Sầm Sơn nói riêng và du lịch biển Việt Nam nói chung trước tác động của BĐKH ngày một gia tăng. Bài báo này sử dụng ảnh viễn thám để xác định biến động xói lở, bồi tụ bãi biển Sầm Sơn. Các số liệu về biến đổi khí hậu như là tốc độ xói lở đường bờ, biến đổi nhiệt độ và biến đổi lượng mưa được không gian hóa theo cấp xã, phường. Bên cạnh đó, bài báo còn sử dụng mô hình AHP nhằm xác định trọng số ảnh hưởng của các yếu tố BĐKH đến hoạt động du lịch tại khu vực nghiên cứu. Kết quả bài báo chỉ ra rằng biến đổi khí hậu ảnh hưởng đến hoạt động du lịch tại TP Sầm Sơn ở mức thấp và trung bình, trong đó yếu tố có trọng số ảnh hưởng cao nhất là sự thay đổi lượng mưa trung bình năm (0,255), xói lở đường bờ (0,254) và nhiệt độ không khí trung bình năm có ảnh hưởng ít nhất (0,09). Mức độ ảnh hưởng trung bình thuộc phường Trường Sơn và phường Quảng Cư. Các xã/phường còn lại, hoạt động du lịch đều chịu ảnh hưởng ở mức thấp bởi BĐKH.

Từ khóa: Biến đổi khí hậu; Du lịch; Viễn thám; Mô hình AHP; Sầm Sơn.

1. Đặt vấn đề

Du lịch là một lĩnh vực kinh tế toàn cầu quan trọng, đang phát triển đáng kể ở các nước đang phát triển và được đề xuất là một trong những ngành kinh tế trọng điểm trong việc phát triển và giảm nghèo [1]. Tuy nhiên, ngày nay du lịch đang phải hứng chịu các thách thức như biến đổi khí hậu, bệnh dịch và an ninh, vấn đề môi trường, khía cạnh văn hóa xã hội, quản lý du lịch, chính sách... Trong đó, biến đổi khí hậu được xem xét là yếu tố tiên quyết gây ảnh hưởng đối với sự dễ tổn thương ngành du lịch. Phong cách sống, thu nhập, vấn đề sức khỏe và quyền lợi của chúng ta đều chịu tác động bởi biến đổi khí hậu [2]. Biến đổi khí hậu đang gây tác động toàn diện đến mọi khía cạnh của cuộc sống, trong đó bao gồm cả hoạt động du lịch [3], đặc biệt là du lịch ven biển. Một số nghiên cứu khẳng định rằng du lịch biển là lợi thế của các vùng ven biển, nhưng lại chịu tác động đáng kể bởi biến đổi khí hậu (BĐKH) [4-6] vì yếu tố khí hậu được coi là yếu tố đầu tiên khi khách du lịch lựa chọn điểm đến [7, 8]. BĐKH gây ra nhiều biến đổi về nhiệt độ [9], lượng mưa [10] và xói lở, bồi tụ bờ biển [11, 12]. Sự biến đổi về nhiệt độ làm cho một số điểm du lịch sẽ trở nên cạnh tranh hơn, trong khi

một số địa điểm khác sẽ ít hấp dẫn hơn [13, 14]. Bên cạnh đó, nghiên cứu [15] chỉ ra rằng sự thay đổi lượng mưa có ảnh hưởng tiêu cực đến số lượng du khách trong cả ngắn hạn và dài hạn. Cùng với tác động của sự biến thiên nhiệt độ và lượng mưa, sự xói lở, bồi tụ bờ biển cũng có tác động đáng kể lên hạ tầng du lịch như là tính tiện nghi, tính an toàn và sự hấp dẫn đối với khách du lịch [16]. Do vậy, cần có các phương pháp để đánh giá mối quan hệ giữa BĐKH với hoạt động du lịch.

Một số công trình nghiên cứu sử dụng phương pháp đánh giá tổng hợp từ các nhân chứng và tài liệu thu thập được qua nhiều năm để đánh giá những tác động của BĐKH đối với du lịch ven biển [5], cụ thể như phương pháp điều tra xã hội học [17]. Bên cạnh đó, phương pháp sử dụng chuỗi tác động (*Impact Chains*) được sử dụng như một công cụ hiệu quả trong việc đánh giá ảnh hưởng của BĐKH trong mọi lĩnh vực [18], bao gồm cả lĩnh vực du lịch ven biển. Chuỗi tác động là công cụ tích hợp cả yếu tố định tính và định lượng để xem xét tác động của BĐKH đến hoạt động du lịch một cách khách quan hơn, hệ thống hơn. Tuy nhiên, các phương pháp này gặp khó khăn trong việc không gian hóa mối quan hệ phức tạp giữa biến đổi khí hậu với hoạt động du lịch. Để khắc phục hạn chế này, công nghệ viễn thám và GIS đã được sử dụng hiệu quả trong một vài nghiên cứu. Nghiên cứu của (Sheker Nail, 2022) đã cho rằng công nghệ viễn thám và GIS là công cụ hiệu quả trong việc xây dựng bản đồ đánh giá tác động của các yếu tố lên hoạt động du lịch [19]. Bên cạnh đó, đánh giá du lịch biển Đà Nẵng bị tác động do BĐKH cũng được nghiên cứu bằng phương pháp viễn thám và mô hình AHP [20, 21].

Viễn thám với thông tin đa thời gian đã trở thành tư liệu hiệu quả trong việc quan trắc biến động tài nguyên - môi trường nói chung và tình trạng BĐKH, biến động cơ sở vật chất kỹ thuật ngành du lịch nói riêng. Trong bài báo này, ảnh Landsat được sử dụng để nghiên cứu xói lở - bồi tụ bờ biển. Bên cạnh đó, mô hình AHP đã được sử dụng giúp định lượng hóa mối quan hệ trong việc đánh giá tác động của một số yếu tố BĐKH đến hoạt động du lịch tại Sầm Sơn.

TP Sầm Sơn là một trong những địa điểm du lịch ven biển nổi tiếng của Việt Nam. Do đặc trưng về vị trí địa lý và điều kiện tự nhiên mà TP Sầm Sơn đã trở thành trọng điểm du lịch từ thời Pháp [22]. Đường bờ biển của Sầm Sơn dài hơn 15km, bãi cát phẳng, mịn, hải sản ngon là yếu tố cơ sở để phát triển ngành du lịch của địa phương. Cùng với điều kiện tự nhiên phù hợp cho phát triển du lịch, TP Sầm Sơn còn có các di tích lịch sử như đền Độc Cước, hòn Trống Mái..., cũng là các yếu tố thu hút khách du lịch. Tuy nhiên, TP Sầm Sơn chưa có những biện pháp hiệu quả trong phát triển du lịch bền vững nhằm ứng phó với những tác động của BĐKH [22].

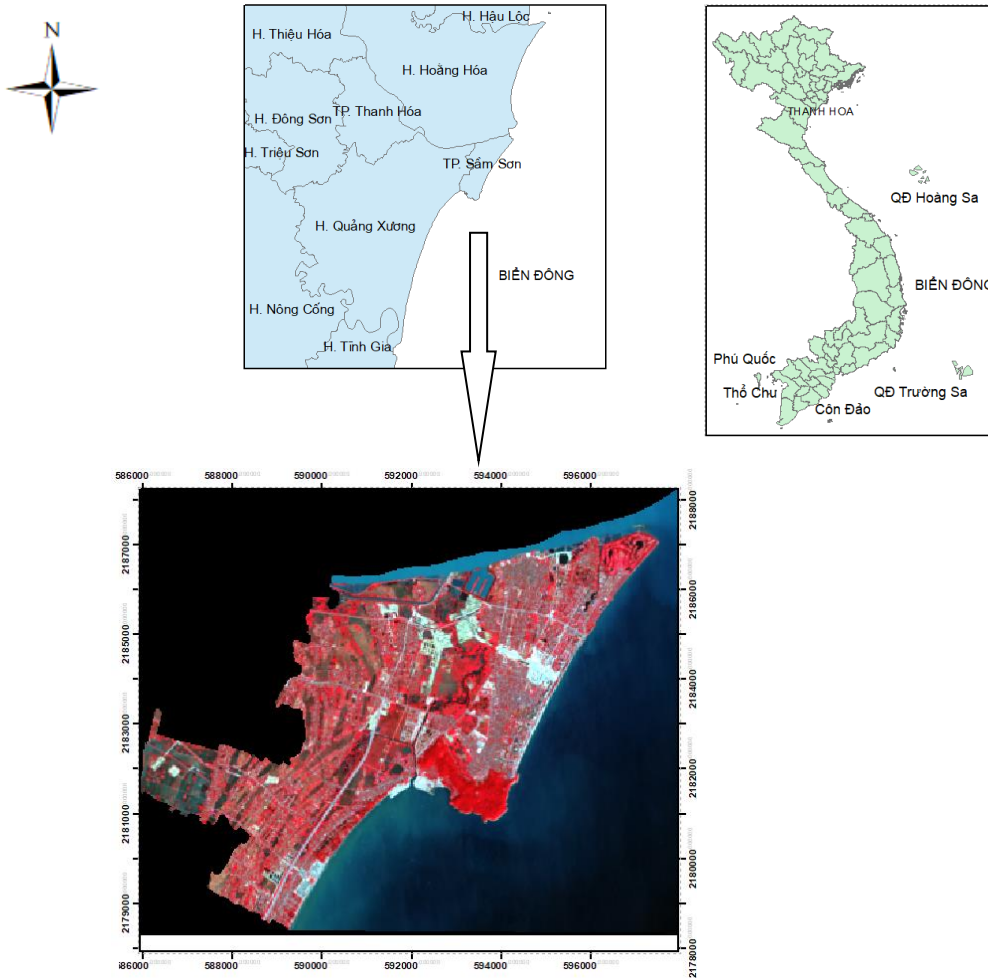
BĐKH ảnh hưởng đến hoạt động du lịch biển ở nhiều khía cạnh, bao gồm ảnh hưởng đến tài nguyên du lịch, quản lý cách khai thác du lịch; hạ tầng, cơ sở vật chất kỹ thuật, dịch vụ hỗ trợ cho hoạt động du lịch, cụ thể như số lượt khách du lịch, cơ sở du lịch, loại hình du lịch và số lượng các di tích. Nguy cơ mực nước biển dâng sẽ làm ngập lụt tài nguyên du lịch như Đền Tô Hiến Thành, hòn Trống Mái, chùa Làng Hội, chùa Thanh Khê, Đền Ngu Ông, làng nghề truyền thống về dệt lưới ở phường Quảng Cư, Quảng Tiến [22]. Cơ sở hạ tầng du lịch của Sầm Sơn cũng bị tác động bởi biến đổi khí hậu như bờ biển bị xói mòn nghiêm trọng ở Quảng Cư, Quảng Tiến.

Bài báo này đánh giá mức độ ảnh hưởng của hoạt động du lịch do tác động của biến đổi khí hậu khu vực TP Sầm Sơn. Viễn thám được sử dụng để xác định xói lở bờ biển trong 3 giai đoạn, từ 1989-2001; 2001-2013 đến giai đoạn 2013-2022. Bên cạnh đó, hệ số biến thiên được sử dụng để xác định độ biến thiên của các yếu tố nhiệt độ và lượng mưa. Để không gian hóa các yếu tố biến đổi khí hậu, bài báo sử dụng GIS nhằm biểu diễn sự phân bố của nhiệt độ và lượng mưa theo cấp xã/phường. Cuối cùng, mô hình AHP được sử dụng để tính toán trọng số của các yếu tố khí hậu ảnh hưởng đến hoạt động du lịch của TP Sầm Sơn.

2. Phương pháp nghiên cứu và dữ liệu

2.1. Giới thiệu khu vực nghiên cứu

TP Sầm Sơn nằm ở phía Đông của tỉnh Thanh Hoá, cách khoảng 13km về phía Tây Bắc so với trung tâm TP Thanh Hoá (Hình 1). Bờ biển của TP Sầm Sơn dài 15.3 km, thích hợp cho du lịch biển, có các bãi tắm A, B, C và D. Bên cạnh đó, TP Sầm Sơn còn có địa danh nổi tiếng là núi Trường Lệ với các di tích lịch sử như đền Độc Cước, hòn Trống Mái đã trở thành địa điểm hấp dẫn đối với khách du lịch. Nhờ có lợi thế về tài nguyên du lịch như điều kiện tự nhiên và di tích lịch sử, văn hóa mà trong nhiều năm qua ngành du lịch Sầm Sơn phát triển vượt bậc, giúp cho thành phố ven biển trở thành trung tâm kinh tế động lực của tỉnh Thanh Hóa [23].



Hình 1. Vị trí khu vực TP Sầm Sơn, tỉnh Thanh Hóa.

Bên cạnh những thuận lợi trong phát triển du lịch, TP Sầm Sơn cũng chịu tác động mạnh mẽ do biến đổi khí hậu. Những biểu hiện của biến đổi khí hậu có tác động rõ nét nhất lên hoạt động du lịch của TP Sầm Sơn, bao gồm: biến đổi nhiệt độ, biến đổi lượng mưa và biến động đường bờ biển.

2.2. Dữ liệu thu thập

Bài báo sử dụng các dữ liệu bao gồm: ảnh vệ tinh Landsat được sử dụng để xác định biến động đường bờ biển và số liệu thống kê về nhiệt độ, lượng mưa trung bình năm từ năm 1961 đến năm 2022 nhằm đánh giá hệ số biến thiên nhiệt độ và lượng mưa (Bảng 2).

Dữ liệu vệ tinh Landsat các năm 1989, 2001, 2013 và 2022 được tải về từ trang web của USGS (<https://earthexplorer.usgs.gov/>). Ảnh vệ tinh có hệ quy chiếu UTM, múi 48N và sử dụng hệ tọa độ WGS 84. Bảng 1 dưới đây là thông tin cụ thể của ảnh vệ tinh sử dụng trong bài báo này:

Bảng 1. Ảnh Landsat (L8 - Landsat 8; L5 - Landsat 5 TM).

Bộ cảm	Ngày chụp	Các kênh phổ	Mức thủy triều (m)
L8	17/10/2022	1,2,3,4,5,6,7,8	3,21
L8	27/12/2013	1,2,3,4,5,6,7	3,01
L5	29/09/2001	1,2,3,4,5,6,7	2,61
L5	23/11/1989	1,2,3,4,5,6,7	2,5

Bảng 2. Bảng số liệu biến thiên các yếu tố nhiệt độ và lượng mưa TP Sầm Sơn [24].

Các yếu tố khí hậu	Khu vực núi Trường Lệ		khu vực đồng bằng ven biển Sầm Sơn	
	Độ lệch chuẩn	Giá trị trung bình	Độ lệch chuẩn	Giá trị trung bình
Sự biến đổi nhiệt độ không khí trung bình năm	0,6965	23,5055	0,6965	23,9047
Sự thay đổi nhiệt độ tối cao TB năm	1,07726	37,9584	1,07726	38,3984
Sự thay đổi nhiệt độ tối thấp trung bình năm	1,6456	8,7213	1,6456	8,9613
Sự thay đổi lượng mưa trung bình năm	459,3976	1685,3799	431,6914	1602,7455

2.3. Xác định các yếu tố BDKH ảnh hưởng đến hoạt động du lịch TP Sầm Sơn

Ngành du lịch của Sầm Sơn đang tìm cách ứng phó với những thách thức của BDKH như sự gia tăng nhiệt độ, mực nước biển dâng và hiện tượng thời tiết cực đoan. Việc xác định cụ thể các yếu tố khí hậu nào phụ thuộc vào sự phân hóa về vị trí địa lý và đặc điểm địa hình của khu vực nghiên cứu. TP Sầm Sơn là một thành phố ven biển, địa hình có cả đồng bằng và đồi núi thấp. Do vậy, hiện tượng xói lở và bồi tụ là yếu tố BDKH tất yếu có tác động đến hoạt động du lịch. Bên cạnh đó, các yếu tố về nhiệt độ và lượng mưa sẽ phân hóa theo ngưỡng độ cao địa hình và cũng làm ảnh hưởng đến hoạt động du lịch của địa phương.

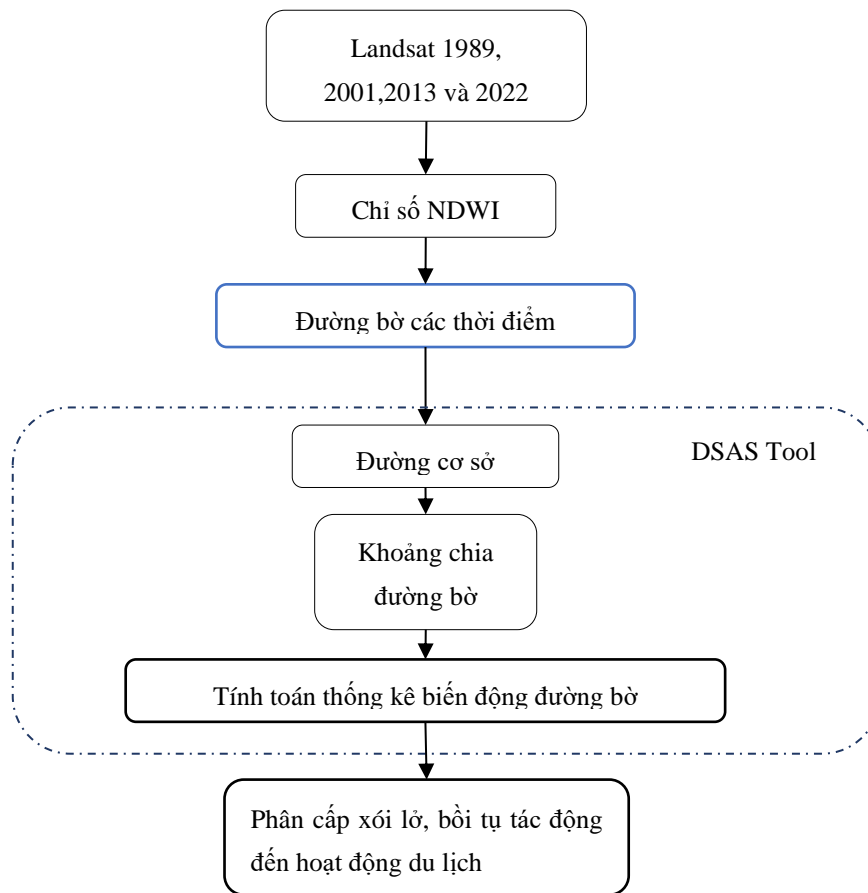
Bảng 3 sau đây là bảng các yếu tố BDKH có tác động đến hoạt động du lịch TP Sầm Sơn.

Bảng 3. Tiêu chí đánh giá ảnh hưởng của BDKH đến ngành du lịch ở TP Sầm Sơn.

Nhóm chỉ thị	Chỉ thị chính	Chỉ thị chi tiết	Đơn vị của các chỉ thị
Biến đổi khí hậu	Thiên tai	Tốc độ xói lở, bồi tụ đường bờ	m/năm
		Sự biến đổi của nhiệt độ không khí TB năm	°C
	Nhiệt độ	Sự thay đổi của nhiệt độ tối cao TB năm	°C
		Sự thay đổi của nhiệt độ tối thấp TB năm	°C

2.4. Xác định tốc độ xói lở, bồi tụ đường bờ

Một trong các chỉ thị của BĐKH là tốc độ xói lở và bồi tụ. Hình 2 thể hiện quy trình tổng quát trong việc xác định mức độ xói lở, bồi tụ đường bờ tại khu vực TP Sầm Sơn, tỉnh Thanh Hóa. Chỉ số NDWI được tính toán từ dữ liệu ảnh Landsat các thời điểm 1989, 2001, 2013 và 2022. Trên ảnh chỉ số NDWI thể hiện rõ sự tách biệt giữa nước với các đối tượng khác, đó là ranh giới đường bờ các thời điểm. Các đường bờ đa thời điểm được sử dụng làm đầu vào cho hệ thống phân tích đường bờ - *Digital Shoreline Analysis System (DSAS)* nhằm tính toán số liệu thống kê thay đổi đường bờ, cụ thể là tỷ lệ thay đổi đường bờ biển tại Sầm Sơn được phân tích bằng phương pháp tỷ lệ hồi quy tuyến tính (*LRR - Linear Regression Rate*).



Hình 2. Quy trình xác định biến động đường bờ ảnh hưởng đến hoạt động du lịch.

2.5. Xác định hệ số biến thiên và chuẩn hoá các chỉ thị về biến đổi khí hậu

Để xác định sự thay đổi các yếu tố về nhiệt độ và lượng mưa qua các năm, bài báo sử dụng hệ số biến thiên. Hệ số biến thiên được xác định theo tỉ lệ của độ lệch chuẩn (*standard deviation*) so với giá trị trung bình (*mean*). Hệ số biến thiên được cụ thể hóa theo công thức (1) sau đây:

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} \tag{1}$$

Trong đó σ là độ lệch chuẩn; μ là giá trị trung bình.

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i - \mu)^2} \tag{2}$$

Trong đó N tổng số năm khảo sát; X_i là giá trị của thời điểm thứ i

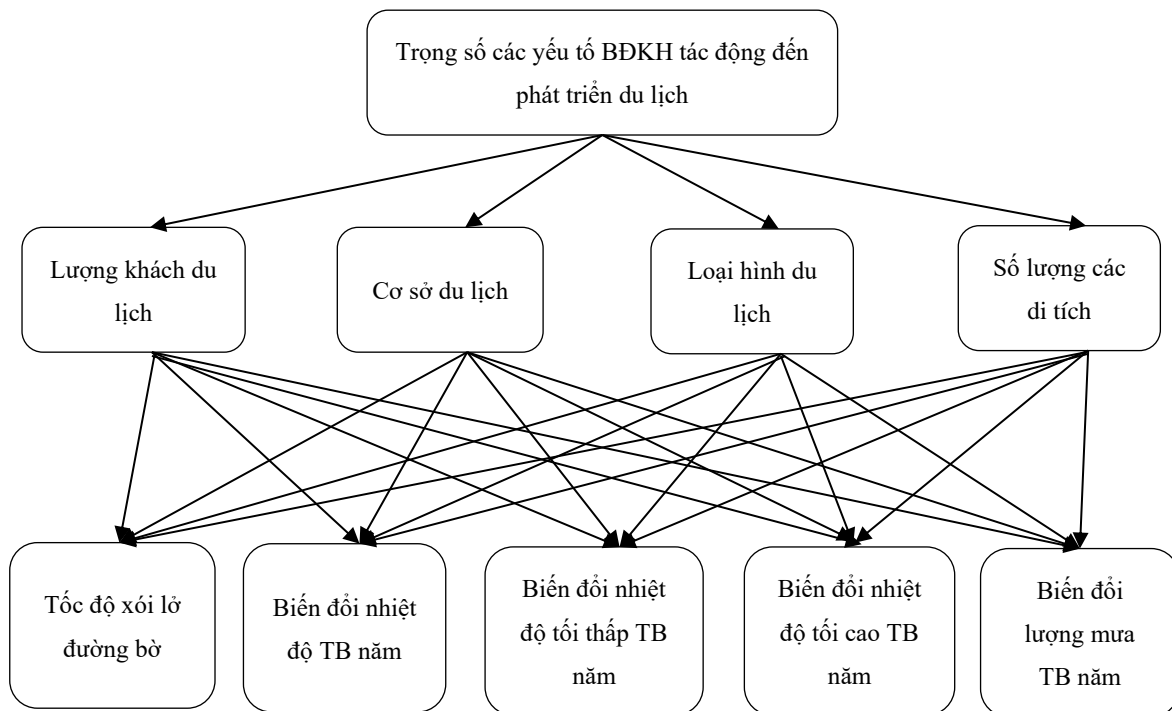
Bên cạnh đó, dữ liệu cần được chuẩn hóa với các yếu tố trên từng xã/phường. Giá trị thực của các yếu tố được chuẩn hóa cho tất cả các xã/phường theo công thức (3):

$$X_{ij} = \frac{X_{ij}(t) - \text{Min}X_{ij}}{\text{Max}X_{ij} - \text{Min}X_{ij}} \quad (3)$$

Trong đó X_{ij} là giá trị chuẩn hóa của yếu tố j tại xã/phường i ; $X_{ij}(t)$ là giá trị thực của yếu tố ij ; $\text{Min} X_{ij}$ là giá trị thực nhỏ nhất của yếu tố $ij(t)$ trong tất cả các xã/phường; $\text{Max} X_{ij}$ là giá trị thực lớn nhất của yếu tố $ij(t)$ trong tất cả các xã/phường.

2.6. Xác định trọng số các yếu tố BDKH

Việc tính trọng số các yếu tố BDKH tác động đến hoạt động du lịch là việc xác định mức độ ảnh hưởng ít hay nhiều của các yếu tố BDKH đến hoạt động du lịch. Các hoạt động du lịch trong nghiên cứu này được giới hạn với 4 yếu tố: lượng khách du lịch, cơ sở du lịch, loại hình du lịch và số lượng các di tích. Bài báo sử dụng mô hình phân cấp thứ bậc - AHP (*Analytic Hierarchy Process*) như Hình 3. Mô hình có 2 cấp độ: cấp 1 có mục tiêu là trọng số các yếu tố BDKH trong việc ảnh hưởng đối với hoạt động du lịch, cấp 2 là các tiêu chí về du lịch, và cấp 3 là các phương án về mức độ ưu tiên của yếu tố khí hậu ảnh hưởng đến du lịch



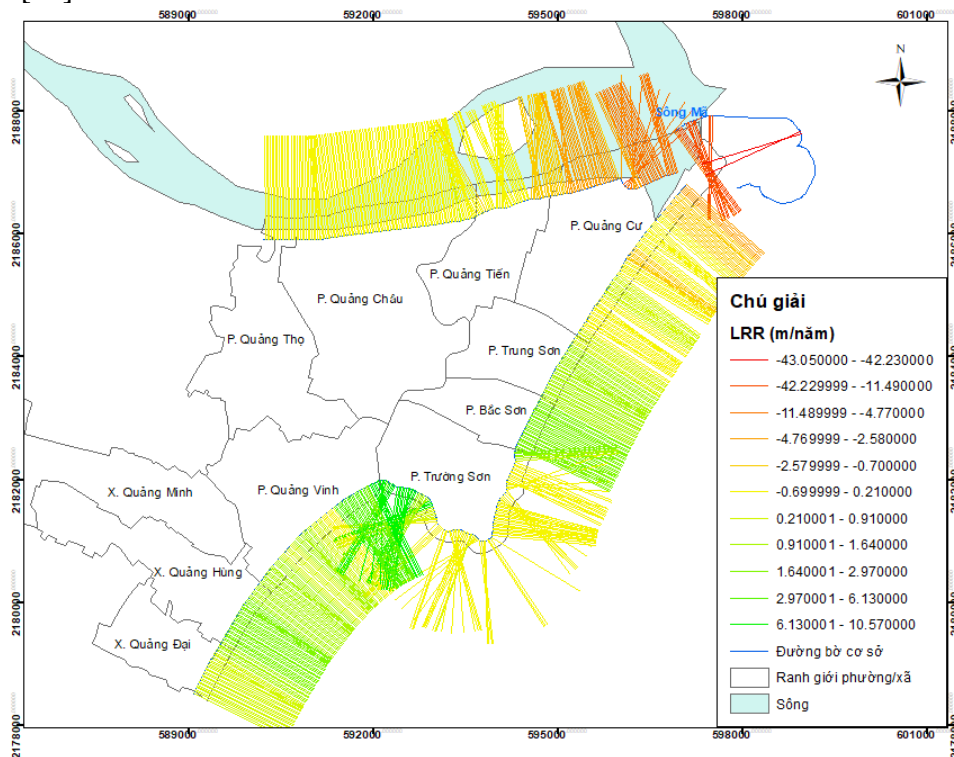
Hình 3. Mô hình phân cấp yếu tố biến đổi khí hậu ảnh hưởng đến hoạt động du lịch TP Sầm Sơn.

Mô hình AHP trong việc xác định trọng số các chỉ thị biến đổi khí hậu được thực hiện theo 3 giai đoạn: Giai đoạn 1. Xây dựng ma trận so sánh cặp. Dựa vào đánh giá mức độ ảnh hưởng hứng chịu theo BDKH, các tiêu chí du lịch được đánh giá độ quan trọng theo ma trận so sánh cặp; Giai đoạn 2. Tính toán trọng số của từng tiêu chí. Trọng số các yếu tố BDKH theo tiêu chí du lịch được tính cụ thể cho từng tiêu chí; Giai đoạn 3. Tính trọng số các yếu tố BDKH theo công thức: Trọng số = Trọng số các phương án theo tiêu chí \times Trọng số của các tiêu chí.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Đánh giá biến đổi khí hậu

Từ kết quả tính toán tốc độ biến động đường bờ theo tỉ lệ hồi quy tuyến tính (LRR) bằng hệ thống DSAS cho thấy bờ biển Sầm Sơn đã trải qua cả quá trình xói lở và quá trình bồi tụ (Hình 4). Tốc độ xói lở ở 521 vị trí khảo sát là từ -0,77 m/năm đến -43,05 m/năm, nơi xói lở mạnh nhất dài xấp xỉ 6 km ở khu khực phường Quảng Cư, tính từ khu vực cửa sông Mã đến đoạn đầu bãi tắm C [25]. Trong khi đó, tốc độ bồi tụ dọc theo bờ biển dao động từ 0,21 m/năm đến 10,57 m/năm. Ngoài ra, tốc độ biến động đường bờ theo tỷ lệ hồi quy tuyến tính (LRR) cho thấy các khu vực đường bờ biển ổn định và ít thay đổi tập trung ở các khu vực Trung Sơn, Quảng Vinh, Bắc Sơn, Quảng Hùng và Quảng Đại (Hình 4). Tuy nhiên, cho dù khu vực Quảng Hùng và Quảng Đại bờ biển ổn định nhưng vẫn có hiện tượng bồi tụ - xói lở theo mùa [26].



Hình 4. Tốc độ xói lở, bồi tụ theo tỉ lệ hồi quy tuyến tính (LRR).

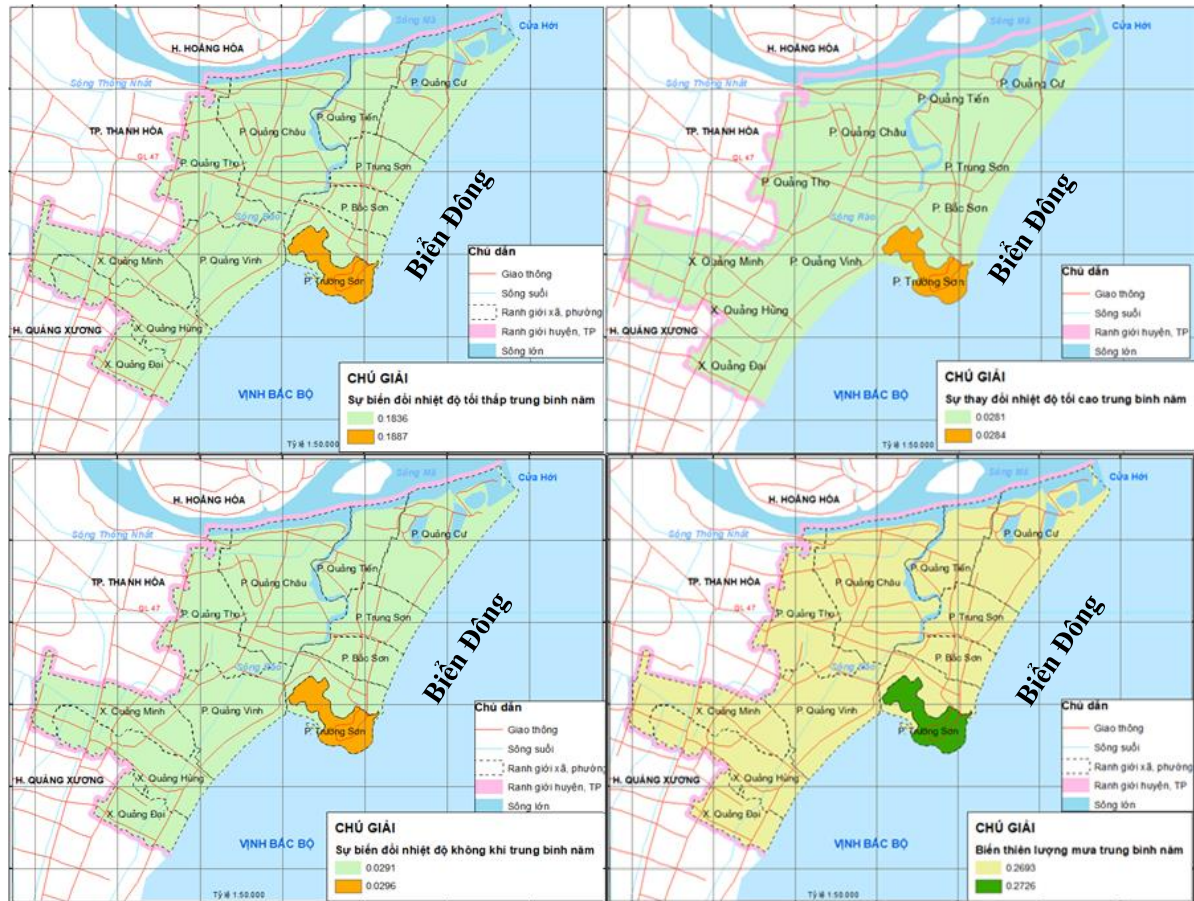
Căn cứ vào tốc độ xói lở và bồi tụ bờ biển có kết hợp với tham vấn ý kiến chuyên gia, mức độ xói lở bờ biển ảnh hưởng tới du lịch Sầm Sơn phân chia thành 3 cấp và được chuẩn hóa theo điểm số: không ảnh hưởng, ảnh hưởng trung bình và ảnh hưởng cao. (Bảng 4).

Bảng 4. Mức độ ảnh hưởng tới du lịch thành phố Sầm Sơn [24].

STT	Tên xã/phường	Tốc độ xói lở, bồi tụ (m/năm)	Mức độ ảnh hưởng tới du lịch	Điểm số
1	Phường Quảng Cư	-2,58 – -43,05	Ảnh hưởng cao	7
2	Phường Quảng Tiến	-0,07 – -2,57	Ảnh hưởng trung bình	3
3	Phường Quảng Châu	-0,07 – -2,57	Ảnh hưởng trung bình	3
4	Phường Quảng Thọ	-0,07 – -2,57	Ảnh hưởng trung bình	3
5	Phường Quảng Vinh	0,21 – 10,57	Không ảnh hưởng	0
6	Xã Quảng Minh	0,21 – 10,57	Không ảnh hưởng	0
7	Xã Quảng Hùng	0,21 – 10,57	Không ảnh hưởng	0
8	Xã Quảng Đại	0,21 – 10,57	Không ảnh hưởng	0
9	Phường Trường Sơn	-0,07 – -2,57	Ảnh hưởng trung bình	3

10	Phường Bắc Sơn	0,21 – 10,57	Không ảnh hưởng	0
11	Phường Trung Sơn	0,21 – 10,57	Không ảnh hưởng	0

Bên cạnh đó, dữ liệu biến đổi về nhiệt độ và lượng mưa của khu vực nghiên cứu được tính theo chỉ số biến thiên và được phân cấp theo tiểu vùng khí hậu, bao gồm: Khu vực núi Trường Lệ (địa phận thuộc núi Trường Lệ, tính từ nơi bắt đầu thay đổi độ cao của núi) với diện tích khoảng 170 ha và khu vực còn lại của thành phố. Hình sau đây là sự phân bố không gian của các chỉ thị biến đổi nhiệt độ và biến đổi lượng mưa tại trên địa bàn thành phố Sầm Sơn (**Error! Reference source not found.**). Trong đó, khu vực núi Trường Lệ có sự biến thiên về nhiệt độ và lượng mưa cao hơn khu vực còn lại của TP Sầm Sơn.



Hình 5. Phân bố hệ số biến thiên nhiệt độ và lượng mưa ở Sầm Sơn.

3.2. Kết quả xác định mức độ ảnh hưởng của BĐKH đến phát triển du lịch TP Sầm Sơn

Mức độ du lịch bị tổn thương do tác động của BĐKH được biểu thị bằng trọng số. Bảng 5 sau đây biểu thị trọng số của các chỉ thị BĐKH được tính bằng mô hình AHP.

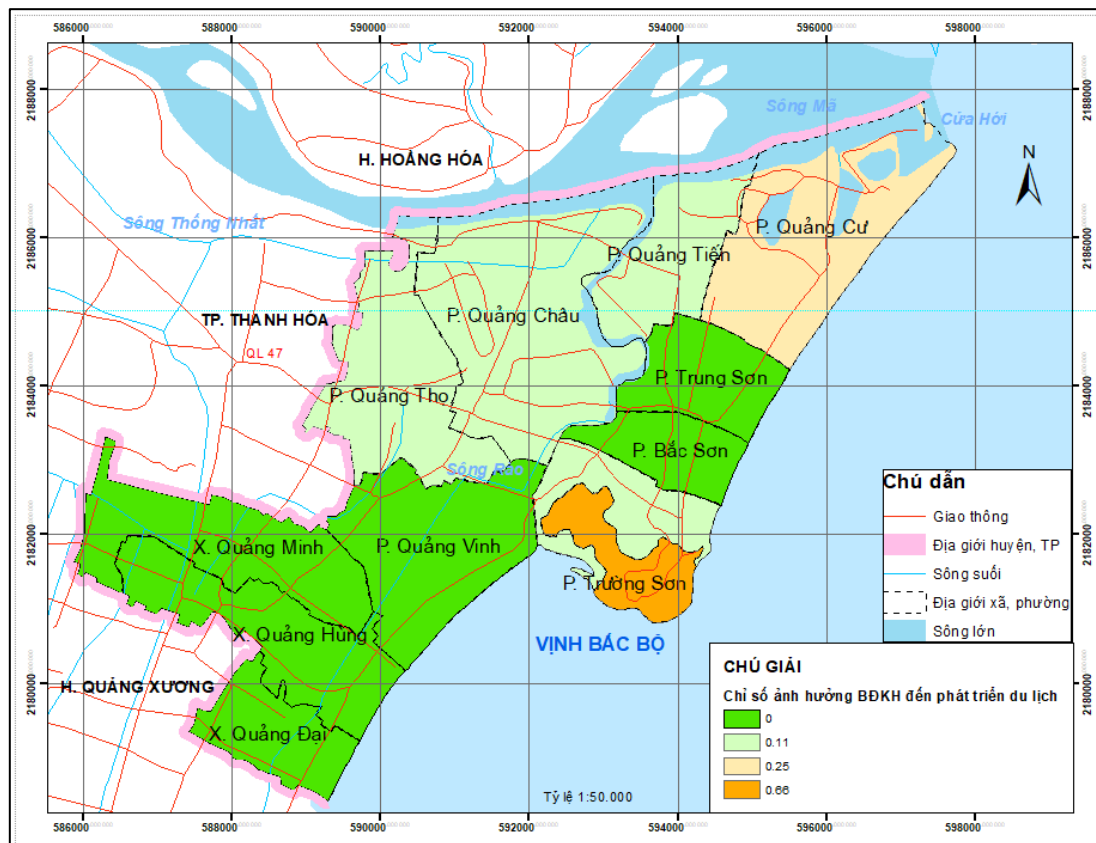
Bảng 5. Bảng trọng số các yếu tố BĐKH.

Các yếu tố biến đổi khí hậu	Trọng số
Tốc độ xói lở đường bờ	0,254
Sự biến đổi nhiệt độ không khí trung bình năm	0,096
Sự biến đổi nhiệt độ tối thấp trung bình năm	0,168
Sự biến đổi nhiệt độ tối cao trung bình năm	0,225
Sự thay đổi lượng mưa trung bình năm	0,255

Trọng số các chỉ thị BĐKH tác động đến hoạt động du lịch được không gian hóa trên từng xã/ phường như Bảng 6 và Hình 6.

Bảng 6. Kết quả tính chỉ số các chỉ thị BĐKH tác động đến hoạt động du lịch TP Sầm Sơn.

Xã/phường	Tốc độ xói lở đường bờ	Sự biến đổi nhiệt độ không khí TB năm	Sự thay đổi nhiệt độ tối cao TB năm	Sự thay đổi nhiệt độ tối thấp TB năm	Sự thay đổi lượng mưa TB năm	Chỉ số mức độ ảnh hưởng của BĐKH đến du lịch
Trọng số	0,255	0,096	0,17	0,23	0,26	
Phường Bắc Sơn	0	0	0	0	0	0
Phường Trường Sơn	KV núi					
	Trường Lê	0	0,10	1	1	0,66
	KV còn lại	0,428	0	0	0	0,11
Phường Trung Sơn	0	0	0	0	0	0
Phường Quảng Tiến	0,428	0	0	0	0	0,11
Phường Quảng Cư	1	0	0	0	0	0,25
Phường Quảng Thọ	0,428	0	0	0	0	0,11
Phường Quảng Châu	0,428	0	0	0	0	0,11
Xã Quảng Minh	0	0	0	0	0	0
Phường Quảng Vinh	0	0	0	0	0	0
Xã Quảng Hùng	0	0	0	0	0	0
Xã Quảng Đại	0	0	0	0	0	0



Hình 6. Bản đồ chỉ số mức độ ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến phát triển du lịch TP Sầm Sơn.

Hình 6 và Bảng 6 chỉ ra rằng hoạt động du lịch của Sầm Sơn chịu ảnh hưởng bởi BĐKH với các chỉ số khác nhau ở các xã/phường. Dựa vào tổng quan một số tài liệu [27, 28] và kết hợp với điều kiện thực tế của khu vực nghiên cứu, chỉ số mức độ tác động của BĐKH đối với du lịch được phân thành 3 cấp, cụ thể: 1) Mức độ ngành du lịch bị ảnh hưởng thấp bởi

BĐKH, chỉ số có giá trị từ 0,0-0,24; 2) Ngành du lịch chịu ảnh hưởng ở mức trung bình do BĐKH thì chỉ số trong khoảng 0,25-0,70; 3) Hoạt động ngành du lịch bị tác động do BĐKH ở mức cao, chỉ số có giá trị trong khoảng 0,71-1,0 (Bảng 7).

Bảng 7. Mức độ ảnh hưởng của các chỉ thị BĐKH đến ngành du lịch TP Sầm Sơn, tỉnh Thanh Hóa.

Xã/phường	Chỉ số mức tác động của BĐKH đến hoạt động du lịch	Mức độ ngành du lịch bị ảnh hưởng bởi BĐKH
Phường Bắc Sơn	0.00	Thấp
KV núi Trường Lệ		
Phường Trường Sơn	0.66	Trung bình
KV còn lại		
Phường Trung Sơn	0.11	Thấp
Phường Quảng Tiến	0.00	Thấp
Phường Quảng Cư	0.11	Thấp
Phường Quảng Thọ	0.25	Trung bình
Phường Quảng Châu	0.11	Thấp
Xã Quảng Minh	0.11	Thấp
Phường Quảng Vinh	0.00	Thấp
Xã Quảng Hùng	0.00	Thấp
Xã Quảng Đại	0.00	Thấp

Bảng 7 chỉ ra rằng TP Sầm Sơn có chỉ số mức độ tác động của BĐKH đến hoạt động du lịch TP Sầm Sơn nằm trong khoảng từ 0-0.66, tương ứng với mức độ ảnh hưởng từ thấp đến trung bình. Cụ thể, biến đổi khí hậu ảnh hưởng trực tiếp đến tài nguyên du lịch 20%; đến cơ sở hạ tầng du lịch 30%; đến hạ tầng kỹ thuật du lịch 15% và ảnh hưởng đến các khía cạnh còn lại khác của hoạt động du lịch là 35% [22].

Mức độ ảnh hưởng của BĐKH đến hoạt động du lịch ở mức thấp là chủ yếu với chỉ số có giá trị từ 0-0,25, phân bố ở 9/11 xã/ phường. Khu vực này có một số xã nằm trong đất liền và một số xã nằm sát biển nhưng bờ biển khá ổn định, địa hình không có sự thay đổi về độ cao nên ít có sự thay đổi về nhiệt độ trung bình năm, nhiệt độ tối cao, nhiệt tối thiểu và lượng mưa trung bình trong một năm.

Ngành du lịch chịu tác động do BĐKH ở mức trung bình, chỉ số có giá trị từ 0,26-0,66. Khu vực này phân bố tại khu vực núi Trường Lệ và địa phận phường Quảng Cư. Phường Quảng Cư cách trung tâm TP Sầm Sơn 4km về phía Bắc, thuộc hữu ngạn sông Mã, nơi cửa sông đổ ra biển. Do tác động tổng hợp của nhiều yếu tố, bao gồm: vận động kiến tạo hiện đại, sự ảnh hưởng của thủy triều, sóng biển và hệ thống hồ đập chứa nước ở thượng nguồn làm cho lòng Sông Mã bị xói lở mạnh.

Bên cạnh đó, khu vực núi Trường Lệ lại chịu tác động bởi sự thay lượng mưa và biến đổi nhiệt độ trung bình năm. Khu vực núi Trường Lệ, hay còn gọi là Dãy núi Trường Lệ, có diện tích khoảng 1,7 km² và có độ cao trung bình xấp xỉ 50 m. Đỉnh cao nhất của dãy núi đạt 76m, chạy theo hướng Tây Bắc-Đông Nam, nằm gần bờ biển. Cấu tạo của núi Trường Lệ chủ yếu là đá hoa cương. Trong mùa hè, khu vực này nhận gió Đông nam trực tiếp từ biển, điều này làm tăng cường sức gió và lượng mưa, đặc biệt là vào mùa mưa bão. Ngược lại, vào mùa đông, sườn đông nam của núi bị khuất gió Đông bắc, dẫn đến nhiệt độ cao hơn và ít mưa phùn hơn. Điều này tạo ra sự BĐKH đặc biệt trong khu vực, làm cho mùa hè và mùa đông có điều kiện thời tiết khác nhau.

4. Kết luận

Hoạt động du lịch của TP Sầm Sơn có mức độ ảnh hưởng từ thấp đến trung bình do BĐKH. Trong bối cảnh Việt Nam là một trong những nước chịu tác động mạnh mẽ ro BĐKH và mực nước biển dâng, việc nghiên cứu hoạt động du lịch biển trước tác động BĐKH của TP Sầm Sơn là quan trọng và cần thiết.

Kết quả bài báo này chỉ ra viễn thám và mô hình AHP là phương pháp hữu hiệu trong việc xác định một yếu tố BĐKH (xói lở, bồi tụ) và trọng số ảnh hưởng của BĐKH đến hoạt động du lịch tại TP Sầm Sơn, từ đó góp phần trợ giúp các nhà hoạch định chính sách đưa ra biện pháp phát triển du lịch biển bền vững tại khu vực nghiên cứu nói riêng và du lịch biển Việt Nam nói chung.

Bên cạnh kết quả đạt được, bài báo vẫn còn hạn chế về việc thiếu số liệu chỉ thị về mức độ ngập úng do mưa bão. Do vậy, việc thu thập đầy đủ số liệu về các chỉ thị BĐKH ở cấp độ nghiên cứu là Thành phố trong đánh giá tổn thương tổng hợp của du lịch là định hướng cần được xem xét nhằm quy hoạch phát triển du lịch bền vững ở TP Sầm Sơn.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: L.K.D., P.T.L.; Thu thập, xử lý số liệu: P.T.L., L.K.D.; Phân tích kết quả: P.T.L., L.K.D.; Viết bản thảo bài báo: P.T.L., L.K.D.; Chỉnh sửa bài báo: P.T.L., L.K.D.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Scott, D.; Gössling, S.; Hall, C.M. International tourism and climate change. *WIREs Clim. Change* **2012**, 3(3), 213–232.
2. UNWTO-OMT-IOHBTO, UNEP, and WMO. Climate Change and Tourism: Responding to Global Challenges, 2008, 1–20.
3. Thắng, N.V. Biến đổi khí hậu và tác động ở Việt Nam. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2011.
4. Ngọc, N.T.; Hà, N.T.T. Biến đổi khí hậu và tác động tới hoạt động khai thác du lịch biển, đảo tại khu vực Bắc Bộ. *Khoa học xã hội Việt Nam* **2022**, 9(177), 68–79.
5. Moreno, A.; Amelung, B. Climate change and coastal & marine tourism: Review and analysis. *J. Coastal Res.* **2009**, 56, 1140–1144.
6. Student, J.; Kramer, M.R.; Steinmann, P. Simulating emerging coastal tourism vulnerabilities: an agent-based modelling approach. *Ann. Tourism. Res.* **2020**, 85.
7. Rosyidie, A.; Adriyani, Y.; Suwanto, T. The influence of climate factors on tourism visits in pangandaran coastal tourism area. *ASEAN J. Hospitality. Tourism* **2009**, 9, 87–100.
8. Neth, A.; Mika, J. Climate as a risk factor for tourism. *AGD Landscape. Environ.* **2009**, 3(2), 113–125.
9. Siddiqui, S.; Imran, M. Impact of Climate Change on Tourism. Environmental Impacts of Tourism in Developing Nations. 2019, 68–83.
10. Klik, A.; Eitzinger, J. Impact of climate change on soil erosion and the efficiency of soil conservation practices in Austria. *J. Agric. Sci.* **2010**, 148(5), 529–541.
11. Sayers, P.; Walsh, C.; Dawson, R. Climate impacts on flood and coastal erosion infrastructure. *Infrastruct. Asset Manage.* **2015**, 2(2), 69–83.
12. Coelho, C.; Lima, M.; Alves, F.M.; Roebeling, P.; Pais-Barbosa, J.; Marto, M. Assessing Coastal Erosion and Climate Change Adaptation Measures: A Novel Participatory Approach. *Environments* **2023**, 10, 110. <https://doi.org/10.3390/environments10070110>.
13. Becken, S. The importance of climate and weather for tourism. Literature review, L.e.a. people, Editor. 2010.

14. Ngxong, N.A. The impact of climate change on visitor destination selection: A case study of the Central Drakensberg Region in KwaZulu-Natal. *J. Disaster Risk Stud.* **2021**, 13(1), 1–10.
15. Fauzel, S. The impact of changes in temperature and precipitation on tourists arrival: An ARDL analysis for the case of a SIDS. *Current Issues Tourism* **2019**, 23(19), 2353–2359.
16. Dung, L.K.; Pham, T.L. Shoreline changes and their impacts on tourism: a case study of Sam Son City, Thanh Hoa Province, Vietnam. *Eur. Geogr. Stud.* **2022**, 9(1), 12–20.
17. Friedrich, J.; Stahl, J.; Hoogendoorn, G.; Fitchett, J.M. Exploring climate change threats to beach tourism destinations: Application of the hazard–activity pairs methodology to South Africa. *Weather Clim. Soc.* **2020**, 12(3), 529–544.
18. Arabadzhyan, A.; Figini, P.; García, C.; González, M.M.; Lam-González, Y.E.; León, C.J. Climate change, coastal tourism, and impact chains - A literature review. *Current Issues Tourism.* **2020**, 24(16), 2233–2268.
19. Naik, S. Sustainable Coastal Tourism Development – A Geoinformatics Approach. *J. Res. Bus. Manage.* **2022**, 10(9), 224–231.
20. An, T.T.; et al. GIS-based Assessment of Coastal Tourism Vulnerability to Climate Change - Case Study in Danang City, Vietnam. Proceeding of the 42nd Asian Conference on Remote Sensing (ACRS2021). Can Tho University, Can Tho city, Vietnam, 2021.
21. Marzouk, M.; Attia, K.; Azab, S. Assessment of coastal vulnerability to climate change impacts using gis and remote sensing: A case study of Al-Alamein New City. *J. Cleaner Prod.* **2021**, 290, 125723.
22. XN, H. Sam Son Marine Tourism Adaptation to Climate Change. *J. Econ. Bus. Stud.* **2019**, 2(2), 1–6.
23. Duc, T.N.; Thuc, N.T.; Mai, H. Ecotourism in Thanh Hoa, Vietnam. *Int. Educ. Res. J.* **2021**, 7(8), 26–31.
24. Dung, L.K. Đánh giá ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến phát triển du lịch thành phố Sầm Sơn, tỉnh Thanh Hóa bằng công nghệ GIS. ĐH Hồng Đức. Mã số: B2021.HDU.04.TT. 2023:
25. Hùng, L.M.; Cường, H.V. Phân tích diễn biến sạt lở và xác định nguyên nhân gây biến động hình thái bờ biển Sầm Sơn, tỉnh Thanh Hóa. *Tap chí Khoa học và công nghệ Thủy Lợi* **2013**, 16, 119–126.
26. Trung, L.H.; Anh, N.Q.Đ.; Duy, N.T. *Khoa học kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường* **2023**, 85, 108–115.
27. Mùi, T.T. Đánh giá mức độ tổn thương ngành du lịch do tác động của biến đổi khí hậu tại tỉnh Nghệ An, in Khoa các Khoa học liên ngành. ĐH Quốc gia Hà Nội, 2017.
28. Bizikova, L.; et al. Vulnerability and Climate Change Impact Assessments for Adaptation, in an integrated environmental assessment and reporting training manual, I.T. Manual, Editor. 2009, IPCC.

Application of remote sensing and AHP to assess the impact of climate change on coastal tourism in Sam Son, Thanh Hoa province

Pham Thi Lan¹, Le Kim Dung^{2*}

¹ Hanoi University of Mining and Geology; phamthilan@humg.edu.vn

² Hong Duc University; lekimdung@hdu.edu.vn

Abstract: Vietnam's tourism is an economic sector directly or indirectly impacted to climate change because tourism activities are developed based on natural and social resources. Changes in temperature, rainfall, and coastal dynamics alter the choice of tourist destinations, causing damage to tourism infrastructure and affecting the existence or disappearance of certain types of tourism. The study investigating the effects of climate change on tourism at Sam Son beach provides essential insights for formulating adaptive strategies specific to Sam Son and, more broadly, for coastal tourism in Vietnam, considering the escalating influence of climate change. This paper utilizes satellite imagery to assess erosion and deposition of shoreline in Sam Son. Climate change indicators, such as shoreline erosion rates, temperature variations, and rainfall changes, are spatially analyzed at the commune and ward levels. Additionally, the paper employs the Analytic Hierarchy Process (AHP) model to determine the influence weights of climate change on tourism activities in the research area. The results indicate that climate change moderately influences tourism activities in Sam Son, with the factors most affecting being the average annual rainfall change (0.255), shoreline erosion (0.254), and the least affected being the average annual air temperature (0.09). The moderate impact level applies to Truong Son Ward and Quang Cu Ward, while the remaining communes/wards experience low impact from climate change on tourism activities.

Keywords: Climate change; Tourism; Remote sensing; AHP model; Sam Son.