

ĐÁNH GIÁ RỦI RO NGẬP LỤT CỦA DI SẢN VĂN HÓA THẾ GIỚI: ỨNG DỤNG TẠI THÀNH PHỐ HỘI AN

NGUYỄN THỊ DIỄM MY⁽¹⁾, ĐỖ THỊ NHUNG⁽¹⁾, PHẠM VĂN MẠNH⁽¹⁾
ĐẶNG ĐỖ LÂM PHƯƠNG⁽¹⁾, TRẦN QUỐC TUẤN⁽²⁾, NGHIÊM VĂN TUẤN⁽³⁾

⁽¹⁾Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội

⁽²⁾Viện Bảo tồn Di tích, Bộ Văn hóa, Thể thao và Du lịch

⁽³⁾Cục Viễn thám Quốc gia, Bộ Tài nguyên và Môi trường

Tóm tắt:

Rủi ro lũ lụt là quá trình tương tác trực tiếp giữa biến đổi khí hậu với xã hội. Trong bối cảnh toàn cầu rủi ro lũ lụt ngày càng gia tăng, việc xây dựng mô hình đánh giá rủi ro có thể hỗ trợ hiệu quả các chiến lược và chính sách quản lý rủi ro thiên tai là rất quan trọng. Điều này đặc biệt thích hợp trong trường hợp đối với Di sản thế giới, xét về giá trị kinh tế-xã hội của các di sản này đem lại. Mặc dù đã có một lượng lớn các tài liệu về chủ đề bảo tồn di sản thế giới và giảm thiểu tác động của thiên tai đối với các di sản này, nhưng khả năng ứng dụng của các nghiên cứu thường chỉ giới hạn ở các tài sản hoặc các địa điểm đơn lẻ. Nghiên cứu này đề xuất một mô hình nghiên cứu để thực hiện các đánh giá định lượng rủi ro ngập lụt và bán định lượng đối với các khu vực di sản bất động. Việc lựa chọn và tính toán chỉ số rủi ro có thể được sử dụng để cung cấp đánh giá sơ bộ về rủi ro ngập lụt đối với Di sản thế giới. Nghiên cứu này được minh họa thông qua một ứng dụng cho Thành phố Hội An. Nghiên cứu điển hình này được sử dụng để thảo luận về các vấn đề khác nhau liên quan đến yêu cầu dữ liệu, tính sẵn có và độ tin cậy.

Từ khóa: Di sản thế giới, rủi ro ngập lụt, tác động lũ lụt, đánh giá rủi ro, Thành phố Hội An.

1. Tính cấp thiết

Lũ lụt là một trong những hiểm họa thiên nhiên có sự tàn phá khủng khiếp và tốn kém nhất, các khu vực gần sông và ven biển cho thấy có nguy cơ gia tăng do biến đổi khí hậu trên toàn cầu. Các di sản dễ bị ảnh hưởng bởi các yếu tố tự nhiên và hoạt động của con người. Chúng đe dọa nghiêm trọng đến tính toàn vẹn, cảnh quan và các giá trị xã hội của di sản [1], [2]. Rủi ro lũ lụt ngày càng gia tăng đe dọa đến Di sản thế giới và có thể mất nhiều thời gian để phục hồi sau những thiệt hại sau

khí lũ lụt xảy ra. Các nghiên cứu trước đây cũng nhấn mạnh sự cần thiết phải đánh giá rủi ro trước thiên tai của Di sản thế giới, đặc biệt là các Di sản văn hóa thế giới (DSVHTG) [3]. Những địa điểm này phản ánh các giá trị lịch sử và văn hóa của xã hội, môi trường và nền kinh tế. Sự gián đoạn và thiệt hại về cơ sở hạ tầng, con người và các hoạt động kinh tế xung quanh di tích, quá trình đô thị hóa, gia tăng dân số và phát triển du lịch đã dẫn đến những thay đổi sử dụng đất trên các địa điểm này và

ảnh hưởng trực tiếp đến cảnh quan chứa đựng các giá trị của di sản [4], [5].

Cùng với sự phát triển của khoa học và công nghệ mới, chẳng hạn như mô hình học máy hoặc các mô hình thủy văn tích hợp cũng được sử dụng để đánh giá rủi ro cũng như phân tích các kịch bản rủi ro khác nhau dựa trên các bản đồ không gian địa lý với các dữ liệu khác nhau, kinh nghiệm và lưu trữ các thảm họa thiên nhiên hiện tại và trong quá khứ [6]. Thông tin cần thiết này không những hỗ trợ xác định các lĩnh vực ưu tiên mà còn thực hiện các biện pháp để giảm thiểu chi phí, thời gian và rủi ro ngập lụt, đồng thời thiết lập các ưu tiên bảo tồn nhằm thích ứng với những biến động do tác động thiên tai. Các quan sát hiện trường sử dụng dữ liệu và phương pháp viễn thám giúp xác định các đối tượng địa lý trên mặt đất mà không cần tương tác trực tiếp với môi trường. Việc tích hợp dữ liệu viễn thám và GIS cho phép xây dựng một bức tranh tổng thể, chi tiết về tiến trình của các thay đổi cũng như tính toán các phạm vi ảnh hưởng [7], [8]. Bản đồ đánh giá rủi ro là một công cụ vô cùng cần thiết nhằm phản ánh hiện trạng của các đối tượng địa lý, nắm bắt thông tin một cách chủ động và đáp ứng với sự phát triển của các xu hướng trong tương lai.

Thành phố Hội An là nơi thường xuyên diễn ra các thiên tai với tần suất lớn như bão lũ, lũ lụt, ngập lụt... Yếu tố điều kiện tự nhiên cũng như khí hậu tại khu vực này là một trong những nguyên nhân chính gây hư hại đến các công trình kiến trúc của di sản [9], [10]. Đặc biệt là tại khu di tích lịch sử Hội An nơi mà thường xuyên phải đối mặt với một số căng thẳng liên quan đến biến đổi khí hậu như lũ lụt, ngập lụt. Việc giảm nhẹ nạn lụt là một trong những vấn đề cấp thiết nhất hiện nay. Khó khăn trong việc bảo tồn DSVHTG trước

biến đổi khí hậu và thiên tai được đặt ra thường xuyên hơn. Giá trị của chúng không thể thay thế khi bị hư hỏng hoặc phá hủy. Một phân tích định lượng về rủi ro ngập lụt dựa trên các đặc điểm tự nhiên, điều kiện kinh tế-xã hội và đặc biệt là mẫu dạng cảnh quan chưa thực sự được minh họa một cách rõ ràng cho các Di sản văn hóa thế giới.

2. Mục tiêu nghiên cứu và cách tiếp cận

2.1. Mục tiêu

Nghiên cứu này đề xuất một khung phương pháp để thực hiện đánh giá định lượng rủi ro ngập lụt và bán định lượng theo chỉ số rủi ro, đối với Thành phố Hội An dựa trên dữ liệu mở hiện có. Cách tiếp cận này xem xét tất cả các thành phần cần thiết để phân tích rủi ro theo cách đơn giản hóa, tối đa hóa việc sử dụng dữ liệu mở có sẵn để mô tả mối nguy từ các yếu tố tự nhiên; độ nhạy của số liệu đo đạc cảnh quan; tính dễ bị tổn thương kinh tế-xã hội và năng lực thích ứng. Để minh họa cho việc thực hiện khung đề xuất, một ứng dụng cho di sản văn hóa bất động ở ven biển được trình bày và những thách thức hiện có được thảo luận.

2.2. Xác lập các chỉ số rủi ro

Các yếu tố điều kiện tự nhiên và các hoạt động của con người ảnh hưởng trực tiếp đến DSVHTG. Dựa trên các văn liệu trước đây và ý kiến của các chuyên gia trong lĩnh vực thiên tai, vị trí địa lý, đặc điểm của khu vực nghiên cứu và tính sẵn có của dữ liệu, nghiên cứu đã lựa chọn các yếu tố nhằm ước tính định lượng rủi ro ngập lụt và phân thành ba nhóm chính: (1) Nhóm yếu tố điều kiện tự nhiên (NH); (2) Nhóm yếu tố dễ bị tổn thương kinh tế-xã hội và năng lực thích ứng (SC); và (3) Nhóm yếu tố độ nhạy của độ đo cảnh quan (SL). Các dữ liệu này được chuyển đổi thành bộ dữ liệu

raster với cùng độ phân giải không gian là 10 m để phục vụ cho quá trình phân tích rủi ro ngập lụt tại Thành phố Hội An (phần đất liền).

2.3. Phân tích rủi ro ngập lụt trước thiên tai tại Thành phố Hội An

2.3.1. Xác định trọng số của các chỉ số rủi ro và xếp hạng tương ứng

Phương pháp Fuzzy-AHP được sử dụng để xác định trọng số của ba nhóm yếu tố rủi ro lũ lụt (NH, SC và SL) và tính toán các tiêu chí phụ. Các bước chính của phương pháp Fuzzy-AHP bao gồm:

Bước 1 (Xác định các chỉ số rủi ro): Các chỉ số rủi ro đã được xác định từ các nhóm yếu tố rủi ro ngập lụt (NH, SC và SL) được trình bày trong phần trước (2.2);

Bước 2 (Thiết lập ma trận so sánh theo cặp để tính trọng số các tiêu chí): Tất cả quá trình đánh giá này dựa trên kiến thức và sự hiểu biết của các chuyên gia giàu kinh nghiệm có chuyên môn trong lĩnh vực tài nguyên nước và bảo tồn di sản. Những người tham gia thực hiện so sánh theo cặp với nhau có giá trị từ 1 đến 9 dựa trên mức độ quan trọng đối với rủi ro ngập lụt và bảo tồn DSVHTG trong thực tế tại địa phương để đảm bảo tính khách quan và chính xác. Bên cạnh đó, tất cả các tiêu chí phụ trong mỗi nhóm yếu tố chính cũng được so sánh với nhau để xác định các trọng số phụ. Ma trận so sánh từng cặp giữa chỉ số rủi ro i với chỉ số rủi ro j của mỗi chuyên gia k được biểu diễn dưới dạng phương trình 1 như sau:

$$A_k = (\tilde{a}_{ij}) = \begin{bmatrix} (1,1,1) & (l_{12},m_{12},u_{12}) & \dots & (l_{21},m_{21},u_{21}) \\ (l_{21},m_{21},u_{21}) & (1,1,1) & \dots & (l_{2n},m_{2n},u_{2n}) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ (l_{n1},m_{n1},u_{n1}) & (l_{n2},m_{n2},u_{n2}) & \dots & (1,1,1) \end{bmatrix} \quad (1)$$

Trong đó $\tilde{a}_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$ and $\tilde{a}_{ij}^{-1} = (1/l_{ij}, 1/m_{ij}, 1/u_{ij})$; $i, j = 1, 2, 3 \dots n$ và $i \neq j$. 1 là đại diện cho giá trị nhỏ nhất; m là giá trị có khả năng xảy ra nhất và u là giá trị lớn nhất của một tập mờ;

Bước 3 (Tính chỉ số nhất quán và tỷ lệ nhất quán của ma trận so sánh): Quá trình kiểm tra tính nhất quán trong Fuzzy-AHP đạt được bằng cách sử dụng chỉ số nhất quán (CI) và tỷ lệ nhất quán (CR) của ma trận A [11].

Bước 4 (Tính trọng số tiêu chí và Xếp hạng tương ứng): Tổng trọng số trong tất cả các hàng được tính và chia giá trị cho tổng của mỗi yếu tố để xếp hạng.

2.3.2. Xây dựng chỉ số rủi ro ngập lụt

Rủi ro ngập lụt đối với DSVHTG được thể hiện bằng tổng của các yếu tố về điều kiện tự nhiên (NH); dễ bị tổn thương kinh tế-xã hội và năng lực thích ứng (SC); và độ nhạy của độ đo cảnh quan (SL). Chỉ số rủi ro ngập lụt tổng thể đối với Di sản văn hóa thế giới (WCHI) trong công thức (2) được sử dụng để đưa ra sự phân hóa không gian về mức độ rủi ro ngập lụt tại Thành phố Hội An. Do đó, điểm mạnh quan trọng của phương pháp này là khả năng đánh giá mức độ rủi ro đa thời gian đến Di sản văn hóa thế giới.

$$WCHI = W_{NH} \times \sum_{i=1}^9 (L_{NHi} \times W_{NHi}) + W_{SC} \times \sum_{j=1}^6 (L_{SCj} \times W_{SCj}) + W_{SL} \times \sum_{k=1}^7 (L_{SLk} \times W_{SLk}) \quad (2)$$

Trong đó: W_{NH} , W_{SC} , W_{SL} là trọng số của ba nhóm yếu tố chính; W_{NHi} , W_{SCj} , W_{SLk} là trọng số của các chỉ số phụ trong mỗi nhóm chính (NH, SC, SL). L_{NHi} , L_{SCj} , L_{SLk} là các chỉ số phụ. Bên cạnh đó, tất cả các tiêu chí của các

nhóm yếu tố được phân loại thành năm mức độ rủi ro dựa trên thuật toán "natural break" và được hiệu chỉnh bởi những người có kiến thức và chuyên môn trong lĩnh vực bảo tồn di sản và tai biến thiên nhiên. Các chỉ số rủi ro được

chia thành 5 cấp độ: (i) Rất thấp, (ii) Thấp, (iii) Vừa phải, (iv) Cao và (v) Rất cao.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Trọng số và xếp hạng của các yếu tố rủi ro

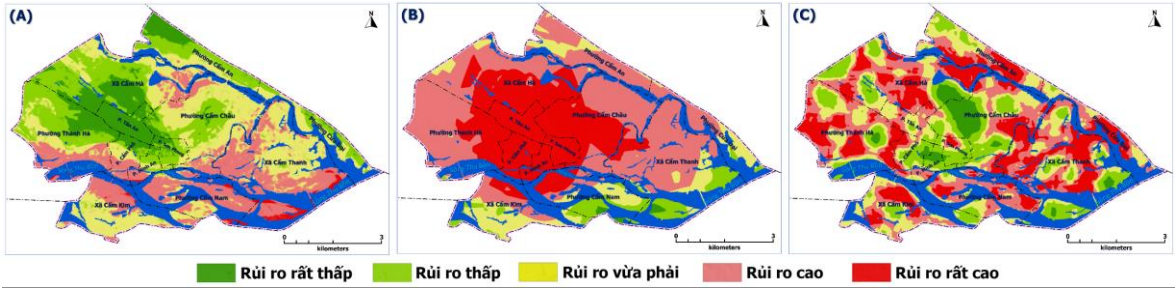
Quá trình tính toán trọng số từ ba nhóm rủi ro mục tiêu (NH, SC, SL) được thực hiện thông qua phương pháp Fuzzy-AHP như đã mô tả trong phần trước. Dựa trên các yếu tố

chuẩn hóa và trọng số tương ứng của các yếu tố rủi ro được thể hiện trong Bảng 1. Các tiêu chí phụ của mỗi nhóm mục tiêu có các trọng số, đối với nhóm NH các hệ số của CI, CR lần lượt là 0.045, 0.031; nhóm SC có hệ số CI (0.011) và CR (0.008); và đối với nhóm SL có hệ số CI (0.013) và CR (0.010). Trong đó, các hệ số CR của tất cả nhóm mục tiêu và tiêu chí phụ đều nhỏ hơn 10% (thỏa mãn điều kiện).

Bảng 1: Trọng số của các tiêu chí chính và phụ trong phương pháp Fuzzy-AHP

Nhóm yếu tố	Trọng số chính	Tiêu chí phụ	Trọng số phụ	Xếp hạng
Điều kiện tự nhiên (NH)	0.430	NH1 (Độ dốc)	0.038	20
		NH2 (Độ cao)	0.033	21
		NH3 (Chỉ số độ ẩm địa hình)	0.050	17
		NH4 (Chỉ số dòng chảy)	0.047	18
		NH5 (Chỉ số vận chuyển trầm tích)	0.057	15
		NH6 (Địa mạo)	0.113	8
		NH7 (Khoảng cách đến sông)	0.182	3
		NH8 (Mật độ thoát nước)	0.178	4
		NH9 (Lượng mưa)	0.303	1
Dễ bị tổn thương về kinh tế-xã hội và năng lực thích ứng (SC)	0.181	SC1 (Mật độ dân số)	0.327	6
		SC2 (Khoảng cách giữa Đô thị cổ Hội An với mạng lưới giao thông hiện đại)	0.205	11
		SC3 (Mật độ giao thông)	0.149	14
		SC4 (Số cơ sở hoạt động trong lĩnh vực kinh tế)	0.108	19
		SC5 (Thu nhập bình quân đầu người)	0.134	16
		SC6 (Tỷ lệ nhân lực y tế/dân số)	0.077	22
Độ nhạy độ đo cảnh quan (SL)	0.389	SL1 (Chỉ số mảnh rời rạc lớn nhất)	0.292	2
		SL2 (Số chiều fractal chu vi-diện tích)	0.186	5
		SL3 (Số lượng phân đoạn lỗi)	0.146	7
		SL4 (Tổng số độ tương phản biên)	0.097	10
		SL5 (Chỉ số phân nhỏ cảnh quan)	0.124	9
		SL6 (Chỉ số hình dạng cảnh quan)	0.073	13
		SL7 (Chỉ số đa dạng shannon)	0.082	12

Hình 1 (A) Thể hiện sự phân bố theo không gian của mức độ rủi ro ngập lụt đối với nhóm NH. Phân bố không gian của nhóm NH thể hiện mức độ rủi ro cao và rất cao tập trung chủ yếu ven sông Thu Bồn và sông thuộc khu vực xã Cẩm Hà. Những khu vực này tiếp cận trực tiếp với hệ thống sông Thu Bồn, có liên quan đến chế độ dòng chảy hỗn hợp do tác động tổng hợp của hệ thống lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn ở thượng nguồn.



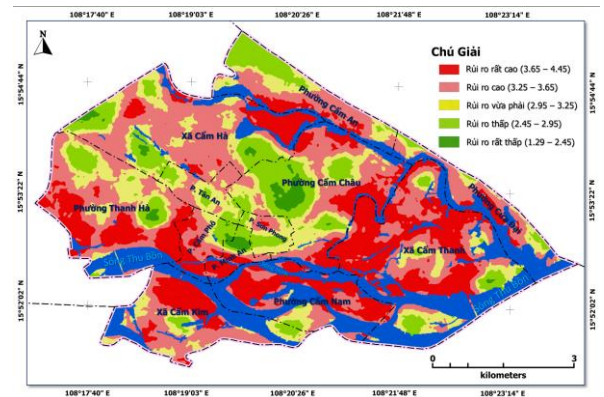
Hình 1: Phân bố theo không gian các mức độ rủi ro của nhóm NH (A), SC (B) và SL (C)

Hình 1 (B) minh họa sự phân bố theo không gian mức độ rủi ro ngập lụt của nhóm Các chỉ số dễ bị tổn thương về kinh tế-xã hội và khả năng thích ứng (SC). Như trong hình 1 (B), trung tâm Thành phố Hội An ghi nhận mức độ rủi ro cao và rất cao. Đối với Hình 1 (C) là sự phân bố theo không gian mức độ rủi ro ngập lụt của nhóm độ nhạy của các chỉ số cảnh quan (SL). Như thể hiện trong Hình 1 (C) cho thấy tác động tổng hợp của rủi ro ngập lụt phân bố không đồng đều trong khu vực và có sự phân bố chủ yếu tập trung ở thành phố Hội An. Tại khu vực nghiên cứu cho thấy rằng đô thị hóa là một trong những nhân tố chính ảnh hưởng trực tiếp đến việc thay đổi mẫu dạng cảnh quan, làm tăng tính phân mảnh và giảm tính tổng hợp. Sự thay đổi của mẫu dạng cảnh quan có những tác động nhất định đến quá trình thủy văn và làm ra tăng khả năng phân lũ trong khu vực. Các mẫu dạng cảnh quan đồng nhất, ít phân mảnh có khả năng làm trung gian cho dòng chảy mặt cao điểm và giảm tác động tiêu cực của lũ lụt.

3.2. Đánh giá rủi ro ngập lụt tại Thành phố Hội An

Hình 2 thể hiện kết quả về rủi ro ngập lụt khu vực Thành phố Hội An. Mức độ rủi ro cho toàn bộ khu vực nghiên cứu được phân thành 5 mức độ rủi ro sử dụng thuật toán "natural break" với mức độ rủi ro rất cao (3,65-4,45), rủi ro cao (3,25-3,65), rủi ro vừa phải (2,95-3,25), rủi ro thấp (2,45-2,95) và rủi ro rất thấp

(1,29-1,45). Kết quả ước tính định lượng rủi ro ngập lụt với mức độ rủi ro rất cao là 1.240 ha, rủi ro cao là 1.754 ha, tập trung chủ yếu ở các phường (Cẩm Thanh, Cẩm Nam, Thanh Hà, Cẩm Phố và Minh An) nơi tập trung nhiều di tích của Di sản thế giới và một phần phân bố ở các xã (Cẩm Kim, Cẩm Thanh, Cẩm Hà). Khu vực có mức độ rủi ro thấp và rất thấp có sự phân bố không gian không đồng đều theo không gian có diện tích là 624,96 ha (rủi ro thấp) và 70,78 ha (rủi ro rất thấp), ghi nhận chủ yếu tại khu vực phường Cẩm Châu và một số khu vực thuộc phường Thanh Hà và Sơn Phong. Trong khi đó, sự phân bố không gian của mức độ rủi ro ngập lụt vừa phải cũng không đồng đều trong khu vực thành phố Hội An, chiếm diện tích khoảng 980,49 ha.



Hình 2: Phân bố theo không gian của rủi ro ngập lụt tại Thành phố Hội An

Các tác động liên quan đến lũ lụt đối với DSVHTG gây thiệt hại trực tiếp về kết cấu của các tòa nhà di sản (giảm độ ổn định, sự phân

hủy và ăn mòn vật liệu...); ảnh hưởng đến các yếu tố thành phần (trùng tu, sửa chữa); ảnh hưởng đến khía cạnh bề mặt hoặc sự biến mất toàn bộ/ một phần của di sản. Đặc biệt, với DSVHTG tại Thành phố Hội An với lối kiến trúc là các toàn nhà di sản được cấu tạo từ các vật liệu hữu cơ (gạch, gỗ, hàng dệt, tranh...) có tính hút ẩm cao nên chúng rất dễ phản ứng với môi trường nước trực tiếp.

Trận lũ lịch sử lớn nhất ghi nhận tại Hội An xảy ra vào tháng 10/1964, ngập lụt kéo dài hơn một tuần lễ, ngập tận nóc các ngôi nhà di sản (ví dụ: Nhà cổ Tấn Ký, Hội An ngập lụt cao trên 3,0 m) và trận lũ lịch sử mới nhất xảy ra vào tháng 10/2020 mức nước ngập trong ngôi nhà di sản này cũng trên 1,45 m.



Hình 3: Các dấu mốc ngập lụt lịch sử xảy ra tại ngôi nhà cổ Tấn Ký - Hội An (bên phải). Hình ảnh cột mốc (Số 04-QN) lũ lịch sử xảy ra 12/10/2020 và 7/11/1999 (bên trái)

Song hành với việc quản lý rủi ro ngập lụt đang gia tăng hằng năm, việc bảo tồn và giữ gìn Di sản Hội An khỏi tác động tiêu cực đối

với các thảm họa liên quan đến nước cũng là điều vô cùng quan trọng cần được ưu tiên hàng đầu. Bởi sau mỗi đợt lũ lụt đi qua, hệ thống thoát nước ngầm sẽ chịu áp lực lớn từ đó phần nào cũng gây ảnh hưởng tới cấu trúc hạ tầng dưới bề mặt đô thị cổ. Không chắc rằng chỉ riêng việc mở rộng cơ sở hạ tầng bê tông sẽ đủ để giải quyết các rủi ro trong tương lai và liệu các giải pháp được thiết kế có đáp ứng được giá trị cảnh quan và giá trị thích ứng của một Di sản văn hóa thế giới. Tuy nhiên, một trong những bài học lớn đã đúc kết lấy xây đề chống; lấy sự phối hợp cộng đồng trách nhiệm làm biện pháp hàng đầu.

3.3. Hiệu suất của mô hình rủi ro ngập lụt và hạn chế

Một trăm ba mươi vị trí ngập lụt lịch sử vào ngày 12/10/2020, với mức độ và đặc điểm khác nhau đã được sử dụng để đánh giá độ chính xác của mô hình rủi ro ngập lụt trong nghiên cứu này. Bảng 2 cho thấy, số điểm ngập lụt ở mức độ rủi ro rất cao là 69 điểm chiếm khoảng 53,08% trên tổng số điểm, số điểm ở mức độ rủi ro cao là 41 điểm ngập lụt (khoảng 31,53%). Trong khi đó, số điểm ngập lụt ở mức độ rủi ro vừa phải là 13 điểm (khoảng 10%) và mức độ rủi ro thấp và rất thấp là 7 điểm (khoảng 5,39%). Như vậy, mức độ rủi ro ngập lụt cao và rất cao chiếm đến 84,61% trên tổng số điểm ngập lụt, điều này cho thấy mô hình đề xuất có thể nắm bắt tốt mức độ rủi ro ngập rất cao và cao trong Thành phố Hội An.

Bảng 2: Xác thực với dữ liệu sự kiện lũ lụt lịch sử gần đây nhất

Mô tả	Phân bố lũ lịch sử (12/10/2020)					Tổng
	Khu vực rủi ro rất thấp	Khu vực rủi ro thấp	Khu vực rủi ro vừa phải	Khu vực rủi ro cao	Khu vực rủi ro rất cao	
Số lượng vị trí ngập lụt	1	6	13	41	69	130
Tỉ lệ %	0,77	4,62	10	31,53	53,08	100

Trong quá trình đánh giá rủi ro ngập lụt, trọng số của các chỉ số rủi ro có ảnh hưởng quan trọng đến kết quả đánh giá. Trong nghiên cứu này, hệ thống đánh giá các yếu tố rủi ro ngập lụt, nhóm yếu tố (NH) có trọng số lớn nhất, nhóm yếu tố (SL) có trọng số thứ hai và nhóm yếu tố (SC) có trọng số thấp nhất (Bảng 1). Trong đó, các yếu tố NH6, NH7, NH8, NH9, SC1, SL1, SL2, SL3, SL4, SL5 là 10 yếu tố được coi là quan trọng bậc nhất gây ra rủi ro ngập lụt cho khu vực nghiên cứu. Trong đó, hai nhóm yếu tố (Điều kiện tự nhiên và Độ nhạy số liệu độ đo cảnh quan) là các nhóm chiếm phần lớn số lượng các yếu tố quan trọng tham gia vào quá trình tính toán rủi ro ngập lụt.

Vì vậy, có thể nhận thấy có một mối quan hệ nhất định giữa các mẫu dạng cảnh quan với giá trị đặc điểm lũ lụt. Đối với Thành phố Hội An trong điều kiện các khu vực có các loại hình cảnh quan đô thị về cơ bản là tương đồng, cấu trúc của mẫu dạng cảnh quan có tác động quan trọng đến mô hình tính toán rủi ro ngập lụt của khu vực. Ngoài ra, việc tăng cường quản lý và gìn giữ các mẫu dạng cảnh quan ở vùng đệm có thể giúp bảo vệ di sản khỏi những tác động tiêu cực tiềm ẩn. Các kết quả có thể được sử dụng trong thiết kế cơ sở hạ tầng đô thị mới (tức đường xá, kênh và các công trình kiến trúc) và các tuyến đường sơ tán cho các khu vực có các mức độ phân vùng rủi ro khác nhau.

Tính khái quát của cách tiếp cận được đề xuất là một điểm tốt trong bảo tồn Di sản văn hóa thế giới, bởi bộ dữ liệu đầu vào có thể thu thập miễn phí và các chuỗi phân tích có thể lặp lại cho những nơi khác. Kỹ thuật tập trung vào mối đe dọa tiềm ẩn của các thảm họa, xem xét các đặc điểm vật lý là nguyên nhân của các mối nguy trong việc định lượng rủi ro ngập lụt

tổng hợp. Trong các nghiên cứu tương lai, với việc phát triển của khoa học và tích hợp bộ dữ liệu ảnh vệ tinh có độ phân giải không gian siêu cao nhằm cải thiện các chỉ số trích xuất để đưa ra các dự đoán chính xác hơn giúp ích cho người dân thích ứng và có phương pháp ứng phó đúng đắn, thích hợp nhất.

4. Kết luận

Các phương pháp tiếp cận trong bài có thể được sử dụng vì tính đơn giản của nó không chỉ dễ thực hiện mà còn tiết kiệm thời gian và chi phí. Tích hợp các dữ liệu không gian với các chỉ số độ đo cảnh quan cho phép đánh giá định lượng và rõ ràng các tác động của tiềm ẩn của thiên tai và con người đối với Thành phố Hội An. Kết quả của nghiên cứu này có thể sử dụng cho mục đích đánh giá cảnh báo cũng như lên phương án thiết lập kế hoạch cụ thể để có thể kiểm soát tình trạng ngập lụt của khu vực Thành phố Hội An đặc biệt là khu vực vùng lõi di sản. Việc mở rộng các hoạt động nhằm phát triển kinh tế-xã hội cần phải được xem xét và đưa ra những giải pháp tốt phục vụ cho công tác bảo tồn di sản cho hiện tại và thế hệ mai sau. Một yếu điểm của cách tiếp cận trong nghiên cứu này là không cho kết quả độ sâu ngập lụt, yếu tố ảnh hưởng lớn đến các phương án ứng phó với thiên tai cũng như sinh kế của người dân địa phương.

Mặc dù vẫn còn những hạn chế trong phương pháp, việc thực hiện thành công cách tiếp cận với bộ dữ liệu hiện tại để đánh giá định lượng rủi ro ngập lụt đối với bảo tồn Di sản văn hóa thế giới được trình bày trong nghiên cứu này, cho thấy chỉ số về độ nhạy cảnh quan (SL) được coi là điểm sáng của nghiên cứu có thể làm tiên phong cho các nghiên cứu rủi ro tại khu vực tương tự. Khung mô hình được xây dựng trong nghiên cứu cung cấp một tài liệu hữu ích mở ra một góc

nhìn mới trong hướng nghiên cứu về bảo tồn di sản khỏi những tác động tiêu cực của thiên tai và con người. Ngoài ra, chúng tôi hy vọng rằng trong tương lai gần nghiên cứu này sẽ được tiếp tục phát triển hơn nữa để có thể vừa phát huy, vừa bảo vệ những giá trị mang tính lịch sử của di sản Hội An, chủ động thích ứng với biến đổi khí hậu. ○

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi đề tài “Nghiên cứu xây dựng hệ thống hỗ trợ quản lý di sản thế giới của Việt Nam dựa trên ứng dụng công nghệ viễn thám và GIS”.

Tài liệu tham khảo

[1]. Merz B., Blöschl G., Vorogushyn S., et al. (2021). Causes, impacts and patterns of disastrous river floods. *Nat Rev Earth Environ*, 2(9), 592–609.

[2]. Bangalore M., Smith A., and Veldkamp T. (2019). Exposure to Floods, Climate Change, and Poverty in Vietnam. *Econ Disasters Clim Change*, 3(1), 79–99.

[3]. Seekamp E. and Jo E. (2020). Resilience and transformation of heritage sites to accommodate for loss and learning in a changing climate. *Clim Change*, 162(1), 41–55.

[4]. Agapiou A., Alexakis D.D., Lysandrou V., et al. (2015). Impact of urban sprawl to cultural heritage monuments: The case study of Paphos area in Cyprus. *J Cult Herit*, 16(5), 671–680.

[5]. Cacciotti R., Kaiser A., Sardella A., et al. (2021). Climate change-induced disasters and cultural heritage: Optimizing management strategies in Central Europe. *Clim Risk Manag*, 32, 100301.

[6]. Ghawana T., Pashova L., and Zlatanova S. (2021). Geospatial Data

Utilisation in National Disaster Management Frameworks and the Priorities of Multilateral Disaster Management Frameworks: Case Studies of India and Bulgaria. *ISPRS Int J Geo-Inf*, 10(9), 610.

[7]. Ortiz R., Ortiz P., Martín J.M., et al. (2016). A new approach to the assessment of flooding and dampness hazards in cultural heritage, applied to the historic centre of Seville (Spain). *Sci Total Environ*, 551–552, 546–555.

[8]. Pham V.-M., Van Nghiem S., Bui Q.-T., et al. (2019). Quantitative assessment of urbanization and impacts in the complex of Huế Monuments, Vietnam. *Appl Geogr*, 112, 102096.

[9]. Gerster J., Boret S.P., Morimoto R., et al. (2022). The potential of disaster digital archives in disaster education: The case of the Japan disasters digital archive (JDA) and its geo-location functions. *Int J Disaster Risk Reduct*, 77, 103085.

[10]. Nguyen T.L., Asahi C., Tran T.A., et al. (2022). Indicator-based approach for flood vulnerability assessment in ancient heritage city of Hoi An, Central Region of Vietnam. *Nat Hazards*.

[11]. Saaty T.L. (2005). The Analytic Hierarchy and Analytic Network Processes for the Measurement of Intangible Criteria and for Decision-Making. *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*. Springer New York, New York, NY, 345–405. ○

(Xem tiếp trang 64)