

NGHIÊN CỨU LỰA CHỌN PHƯƠNG PHÁP TÍNH TRỌNG SỐ TRONG XÂY DỰNG BẢN ĐỒ RỦI RO LŨ TỔNG HỢP VÙNG HẠ DU CÁC LƯU VỰC SÔNG TỈNH QUẢNG TRỊ

Tô Vĩnh Cường, Nguyễn Thanh Hùng, Vũ Đình Cường, Triệu Quang Quân

Phòng Thí nghiệm trọng điểm Quốc gia về động lực học sông biển

Nguyễn Mai Đăng

Trung tâm Đào tạo Quốc tế, Trường Đại học Thủy lợi

Tóm tắt: Lập bản đồ rủi ro lũ tổng hợp để đưa ra được thông tin cảnh báo sớm giúp hạn chế thiệt hại về người, tài sản. Mức độ tin cậy của bản đồ được đánh giá không chỉ phụ thuộc vào độ chính xác của các lớp dữ liệu đầu vào mà còn phụ thuộc nhiều vào giá trị trọng số của nó. Bài báo nghiên cứu đề xuất cách tiếp cận xây dựng bản đồ rủi ro lũ tổng hợp áp dụng thực tiễn cho vùng hạ du các lưu vực sông tỉnh Quảng Trị, trên cơ sở so sánh phương pháp phân tích thứ bậc AHP và phương pháp Iyengar Sudarshan để lựa chọn xác định được bộ trọng số tin cậy nhất cho khu vực nghiên cứu. Kết quả đã xác định được những khu vực có nguy cơ cao (mức 4) là 58,99% và rất cao (mức 5) là 35,95% chiếm hơn 90% tổng diện tích. Đây là những thông tin mang giá trị phục vụ cảnh báo về mức độ rủi ro tổng hợp lũ lụt có thể xảy ra cho khu vực nghiên cứu.

Từ khóa: Nguy cơ lũ lụt; Tổn thương do lũ lụt; Rủi ro lũ tổng hợp; Phương pháp Iyengar và Sudarshan; Phương pháp AHP; Quảng Trị.

Summary: The reliability of flood risk maps depends not only on the accuracy of input data layers but also significantly on the assigned weight values. This study proposes an approach to constructing an integrated flood risk map for practical application in the downstream areas of river basins in Quảng Trị province. The methodology is based on a comparative analysis of the Analytic Hierarchy Process (AHP) and the Iyengar-Sudarshan method to determine the most reliable set of weights for the study area. The results indicate that high-risk areas (level 4) account for 58.99%, while very high-risk areas (level 5) cover 35.95%, together comprising over 90% of the total area. These findings provide valuable insights for flood risk warning and mitigation in the region.

Keywords: Flood hazard; Flood vulnerability; Integrated flood risk; Iyengar and Sudarshan method, AHP method, Quảng Trị.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Các nghiên cứu trên thế giới đã đưa ra những nhận xét cho thấy rủi ro do thiên tai là điều rất khó thể tránh khỏi, do đó việc lập bản đồ rủi ro tổng hợp lũ lụt để đưa ra được cảnh báo sớm sẽ giúp hạn chế mất mát về người, tài sản trên quy mô lớn. Tuy nhiên, mức độ chính xác khi xây dựng bản đồ không chỉ phụ thuộc vào độ chính xác của giá trị biến mà còn phụ thuộc

nhiều vào giá trị trọng số của nó. Theo nghiên cứu của (Sitorus et al., 2020) xác định trọng số có thể được thực hiện bằng phương pháp chuyên gia và phương pháp thống kê. Tính trọng số theo phương pháp chuyên gia dựa trên ý kiến đánh giá của chuyên gia và so sánh cặp giữa các biến số. Trong khi đó, trọng số theo phương pháp thống kê được xác định bằng cách đánh giá toán học các tiêu chí mà không cần đến ý kiến chuyên gia, giúp giảm thiểu sự không chắc chắn và nâng cao hiệu quả của quá trình đánh giá (Mudashiru et al., 2021).

Một trong số phương pháp chuyên gia để tính

Ngày nhận bài: 22/4/2025

Ngày thông qua phản biện: 25/7/2025

Ngày duyệt đăng: 30/7/2025

trọng số được sử dụng rộng rãi là phương pháp phân tích thứ bậc AHP (Analytic Hierarchy Process), trong đó trọng số của các tiêu chí được xác định theo đánh giá của chuyên gia. Những ưu điểm quan trọng của phương pháp AHP là tính minh bạch, linh hoạt và có thể được áp dụng cho các lưu vực sông lớn và những khu vực có dữ liệu hạn chế. Một số nghiên cứu sử dụng AHP đã xác định được các khu vực có nguy cơ rủi ro lũ lụt, sạt lở (Rahmati et al., 2016; Choudhury et al., 2022).

Để tính trọng số theo phương pháp thống kê, thì phương pháp tính trọng số bất cân bằng IS (Iyengar Sudarshan), thường được đề xuất trong các nghiên cứu xây dựng bản đồ rủi ro tổng hợp lũ lụt. Ưu điểm phương pháp IS, hoàn toàn tính theo số liệu thống kê các con lũ quá khứ nên phương pháp áp dụng tốt trong trường hợp số liệu tương đối đầy đủ, áp dụng cho nhiều biến dễ dàng. Nhiều nghiên cứu đã sử dụng phương pháp IS để xác định được các khu vực có nguy cơ lũ lụt, sạt lở.. (Kissi et al., 2015; Mudashiru et al., 2021)

Ở Việt Nam, cũng có nhiều nghiên cứu áp dụng cả phương pháp chuyên gia và thống kê trong tính trọng số. Nghiên cứu của Nguyễn Mai Đăng và CCS (2011) về “Đánh giá các thông số rủi ro lũ tổng hợp ở vùng ngập lụt sông Đáy, đồng bằng sông Hồng, Việt Nam” đã tính trọng số của các tiêu chí thông qua phương pháp AHP, xác định được chỉ tiêu thời gian ngập có trọng số cao nhất, tiếp theo là trọng số của vận tốc lũ và độ sâu ngập có trọng số nhỏ nhất (Nguyễn Mai Dang et al., 2011). Nghiên cứu của Cán Thu Văn (2015) đã xác lập cơ sở khoa học của phương pháp đánh giá tính dễ bị tổn thương do lũ lụt trên lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn và xây dựng phương pháp tính trọng số theo ba cách: (1) phương pháp AHP; (2) phương pháp IS và (3) kết hợp cả 2 phương pháp trên. Từ đó lựa chọn trọng số kết hợp giữa phương pháp AHP và IS cho kết quả tốt hơn khi sử dụng độc lập một phương pháp (Cán Thu Văn, 2015). Nghiên cứu của Huỳnh Thị Lan Hương và CCS (2020) đã đánh giá hiện trạng, dự tính xu thế biến đổi và đánh giá rủi ro thiên tai đối với một số thiên

tai đơn điển hình (bão, lũ, ngập lụt, lũ quét, nước dâng do bão, hạn hán) cho khu vực ven biển Trung Trung Bộ; Phân tích, đánh giá khả năng có thể xảy ra đa thiên tai ở khu vực và đưa ra phương pháp đánh giá rủi ro đa thiên tai kết hợp xác định trọng số các tiêu chí theo phương pháp IS, tập trung vào: so sánh rủi ro, các mối nguy hiểm liên tiếp và tính dễ tổn thương theo thời gian trong trường hợp các rủi ro kết hợp hoặc xảy ra liên tiếp (Huỳnh Thị Lan Hương và nnk, 2020). Năm 2024, tác giả Nguyễn Mai Đăng và CCS cũng đã ứng dụng phương pháp AHP để xác định các trọng số của bộ tiêu chí đánh giá an ninh nguồn nước cho lưu vực sông Vụ Gia – Thu Bồn, mỗi trọng số mô tả mức độ quan trọng của từng tiêu chí so với các tiêu chí khác trong cùng cấp đánh giá. Tổng cộng trong bộ tiêu chí có 5 tiêu chí chính (dimensions), 15 tiêu chí phụ (indicators) và 28 biến (variables) (Nguyễn Mai Dang et al., 2024). Năm 2025, tác giả Tô Vĩnh Cường và nnk đã xây dựng được bản đồ rủi ro tổng hợp do lũ lụt áp dụng thực tiễn cho vùng hạ du các lưu vực sông tỉnh Quảng Trị và khu vực lân cận, trên cơ sở tính trọng số theo phương pháp IS với phân tích đa tiêu chí, được thực hiện bằng công nghệ GIS. Từ kết quả nghiên cứu với kịch bản lũ lịch sử năm 2020 cho thấy, toàn bộ các xã của khu vực nghiên cứu có rủi ro lũ cao (mức 4) chiếm diện tích rất lớn là 86.65%, điều này phản ánh lũ lụt tại tỉnh Quảng Trị có thể gây ra những tác động nghiêm trọng đối với kinh tế - xã hội. (Tô Vĩnh Cường và nnk, 2025)

Tóm lại, các nghiên cứu trên thế giới và Việt Nam đã sử dụng cả phương pháp chuyên gia và phương pháp thống kê để tính trọng số cho các tiêu chí trong lập bản đồ rủi ro lũ tổng hợp. Tuy nhiên, chưa có sự đồng thuận rõ ràng và cụ thể về việc lựa chọn phương pháp tốt nhất giúp tăng hiệu quả cảnh báo rủi ro lũ lụt. Mỗi phương pháp đều có những ưu điểm và hạn chế riêng, mức độ phù hợp của các phương pháp phụ thuộc vào nhiều yếu tố như trình độ chuyên gia và sự phát triển công nghệ, các tham số vật lý, chất lượng dữ liệu. Chính vì vậy, nghiên cứu này so sánh hai phương pháp AHP và IS để xác định phương pháp phù hợp trong lập bản đồ rủi ro tổng hợp lũ lụt cho

vùng hạ du các lưu vực sông tỉnh Quảng Trị và khu vực lân cận, cách tiếp cận này là rất cần thiết để khắc phục những hạn chế của các phương pháp trong bài toán cụ thể. Bản đồ kết quả cuối cùng sẽ cung cấp những thông tin mang giá trị phục vụ cảnh báo về mức độ rủi ro thiên tai có thể xảy ra trên khu vực nghiên cứu dưới tác động của lũ lụt, cũng như làm đầu vào cho việc xây dựng hệ thống cảnh báo rủi ro lũ và ngập lụt sau này.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU VÀ DỮ LIỆU SỬ DỤNG

2.1 Giới thiệu về khu vực nghiên cứu



a) Bản đồ hành chính tỉnh Quảng Trị



b) Bản đồ mạng lưới sông tỉnh Quảng Trị

Hình 1: Bản đồ hành chính và mạng lưới sông tỉnh Quảng Trị

2.2 Dữ liệu sử dụng

Dữ liệu từ niên giám thống kê 2022: Cung cấp các số liệu về dân sinh, kinh tế, xã hội...

Dữ liệu về sử dụng đất: sử dụng bản đồ hiện trạng sử dụng đất năm 2020.

Dữ liệu từ mô hình toán: Các thông số độ ngập sâu (Hn), vận tốc ngập (Vn) và thời gian ngập (Tn) được kế thừa từ kết quả của mô hình đề tài, mã số ĐTĐL.CN-81/22.

2.3 Phương pháp đánh giá nghiên cứu

(1) Chuẩn hóa số liệu

Do các chỉ số có đơn vị đo và bậc đại lượng khác nhau nên để so sánh giá trị chỉ số giữa các đơn vị nghiên cứu, cần chuẩn hóa các giá trị này về không thứ nguyên từ 0 đến 1.

Với tương quan giữa chỉ số thành phần là đồng biến hoặc nghịch biến, áp dụng công thức:

$$y_{ij} = \frac{(x_{ij} - x_{min})}{(x_{max} - x_{min})} \text{ hoặc } y_{ij} = \frac{(x_{max} - x_{ij})}{(x_{max} - x_{min})} \quad (1)$$

Trong đó: i là chỉ số của đơn vị không gian gian; j là chỉ số của chỉ số thành phần; y_{ij} là giá trị chuẩn hóa tại đơn vị không gian thứ i của chỉ số

thành phần thứ j ; x_{ij} là giá trị của chỉ số thành phần; x_{min} là giá trị nhỏ nhất của chỉ số thành phần thứ j trong toàn bộ đơn vị không gian;

$X_{\max}$ là giá trị lớn nhất của chỉ số thành phần thứ j trong toàn bộ đơn vị không gian.

(2) Tính trọng số của các chỉ số thành phần

▪ Phương pháp phân tích thứ bậc AHP (Analytic Hierarchy Process):

Phương pháp AHP được đề xuất bởi Saaty (1980), đây là phương pháp chuyên gia dựa trên ý kiến đánh giá của chuyên gia và so sánh cặp đôi giữa các tiêu chí (Bảng 1). Các đánh giá so sánh cặp đôi được thực hiện trên thang điểm từ 1 (Tầm quan trọng ngang nhau) đến 9

(Tầm quan trọng cực cao). Mức độ nhất quán của các đánh giá được tính bằng các phương trình (2) và (3) (Saaty, 2012).

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - 1}{n - 1} \quad (2)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3)$$

Trong đó: CI là chỉ số nhất quán, $\lambda_{\max}$ là giá trị trung bình của vector nhất quán; n là số tiêu chí, CR là tỉ số nhất quán, RI là chỉ số ngẫu nhiên.

Bảng 1: Ma trận xác định trọng số cho các tiêu chí

Tiêu chí	C1	C2	C3	...	Cn	Trọng số
C1	w11	w12	w13		w1n	w1
C2	w21	w22	w23		w2n	w2
C3	w31	w32	w33		w3n	w3
...						
Cn	wn1	wn2	wn3		Wnn	wn
CR < 10%						

Nếu giá trị của tỷ số nhất quán $CR < 10\%$, điều đó cho thấy các đánh giá của chuyên gia ở mức có thể chấp nhận, ngược lại nếu $CR \geq 10\%$ thì phải đánh giá lại các bước trước đó.

▪ Phương pháp bất cân bằng trọng số IS (Iyengar và Sudarshan):

Phương pháp IS do Iyengar và Sudarshan đề xuất năm 1982, đây là phương pháp thống kê dựa trên đánh giá toán học qua dữ liệu thông tin mà không cần ý kiến của chuyên gia để tính trọng số cho các chỉ số.

$$w_j = \frac{C}{\sqrt{\text{Var}(y_{ij})}} \quad (4)$$

Trong đó: w_j là trọng số của chỉ số thứ j ; y_{ij} là giá trị đã được chuẩn hóa ở công thức (1)/(2); C là hằng số chuẩn hóa; Var là phương sai. C và Var được xác định theo công thức:

$$C = \left[\sum_{j=1}^n \frac{1}{\sqrt{\text{Var}(y_{ij})}} \right]^{-1} \quad (5)$$

$$\text{Var}(y_{ij}) = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (y_{ij} - \bar{y}_j)^2 \quad (6)$$

Trong đó: m là số lượng các huyện/xã/điểm nút ($i=1, m$); n là số các chỉ tiêu đánh giá ($j=1, n$); $\bar{y}_j$ là giá trị trung bình của các huyện/xã/điểm nút, được xác định theo công thức sau:

$$\bar{y}_j = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m y_{ij} \quad (7)$$

Lưu ý: các trọng số của chỉ tiêu thành phần $0 < w_j < 1$ và tổng $w_j = 1$

Sau khi tính chuẩn hóa và áp dụng trọng số đối với các chỉ số thành phần, các chỉ số tại các đơn vị không gian (M_i) được tính toán theo công thức tổng quát sau:

$$M_i = \sum_{j=1}^n w_j y_{ij}, i = 1, \dots, m \quad (8)$$

Tính toán tính dễ bị tổn thương tại các đơn vị không gian (ký hiệu là V_i):

$$V_i = (S_i * W_S) - (AC_i * W_{AC}) \quad (9)$$

Tính toán rủi ro tại các đơn vị không gian (ký hiệu là R_i):

$$R_i = H_i * E_i * V_i \quad (10)$$

(3) Phân cấp cấp độ rủi ro thiên tai

Các chỉ tiêu đánh giá phải được chuẩn hoá theo một thang điểm chung để có thể so sánh được với nhau. Quá trình này sẽ chia các lớp trong mỗi thông số thành 5 cấp nhảy cảm với rủi ro thiên tai là: rất thấp, thấp, trung bình, cao và rất cao, theo Quyết định 18/2021 (Bảng 2).

Bảng 2: Mã màu đặc trưng trên các loại bản đồ rủi ro thiên tai (theo thang RGB)

Cấp độ rủi ro	Mức độ rủi ro	Màu sắc thể hiện	Mã màu RGB
1	Rất thấp	Xanh dương nhạt	(175, 225, 255)
2	Thấp	Vàng nhạt	(250, 245, 140)
3	Trung bình	Da cam	(255, 155, 0)
4	Cao	Đỏ	(255, 10, 0)
5	Rất cao	Tím	(160, 40, 160)

3. CÁC KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

Để đánh giá mức độ rủi ro tổng hợp lũ lụt một cách chính xác, việc lựa chọn phương pháp tính trọng số phù hợp là rất quan trọng. Trong nghiên cứu này, hai phương pháp được so sánh là phương pháp AHP và phương pháp IS để lựa chọn xác định được bộ trọng số tin cậy nhất cho khu vực nghiên cứu.

3.1 Tính trọng số theo phương pháp AHP

3.1.1 Xác định trọng số cho tiêu chí hiểm họa lũ lụt

Khảo sát thực địa kết hợp với kết quả mô phỏng từ mô hình toán của đề tài ĐTĐL.CN-81/22 cho thấy, tại một số khu vực như Hải Lăng, thời ngập kéo dài hơn 2,5 ngày, người dân địa phương cho biết họ lo ngại hơn về thời gian lũ kéo dài hơn là độ sâu ngập và

vận tốc dòng chảy lũ. Trong khi đó, đánh giá về vận tốc dòng chảy lũ (H_{12}) có giá trị phổ biến từ (0,2 – 0,4 m/s) thì chưa gây nguy hiểm đến cơ sở hạ tầng, nên có tác động nhỏ hơn trong hiểm họa lũ so với hai chỉ tiêu độ sâu và thời gian ngập. Từ kết quả phân tích, kết hợp với ý kiến của chuyên gia, đề tài đánh giá mức độ quan trọng của từng chỉ tiêu trên theo thang điểm AHP (1: quan trọng như nhau, 3: hơn một chút, 5: hơn nhiều, 7: rất quan trọng, 9: cực kỳ quan trọng) cụ thể: Thời gian ngập lụt quan trọng gần như nhau gấp 2 lần độ sâu ngập; độ sâu ngập lụt quan trọng hơn một chút gấp 3 lần vận tốc dòng chảy; thời gian ngập lụt quan trọng hơn một chút gấp 3 lần vận tốc dòng chảy. Dưới đây là ma trận so sánh cặp đôi đề xuất, thể hiện trong Bảng 3.

Bảng 3: Ma trận xác định trọng số cho các tiêu chí hiểm họa lũ (AHP)

Thành phần	Độ sâu ngập (H_{11})	Vận tốc lũ (H_{12})	Thời gian ngập (H_{13})
Độ sâu ngập (H_{11})	1	3	1/2
Vận tốc lũ (H_{12})	1/3	1	1/3
Thời gian ngập (H_{13})	2	3	1
CR=0,046 < 0,1 đạt mức nhất quán tốt			
Trọng số (w_i)	0.333	0.140	0.527

3.1.2 Xác định trọng số cho tiêu chí Phơi bày

Tiêu chí Phơi bày (E) gồm ba chỉ tiêu: Dân cư

(E1), Sử dụng đất (E2) và Cơ sở hạ tầng (E3). Theo chuyên gia, trong tình huống ngập lụt, con người luôn được ưu tiên hàng đầu do ảnh hưởng trực tiếp đến tính mạng và sức khỏe. Cơ sở hạ tầng (E3) cũng đóng vai trò quan trọng, xếp thứ hai sau dân cư, vì thiệt hại có thể ảnh hưởng đến hoạt động kinh tế - xã hội. Trong khi

đó, Sử dụng đất (E2) có mức độ quan trọng thấp nhất so với hai tiêu chí còn lại. Theo thang điểm AHP, Dân cư (E1) quan trọng gấp 9 lần Sử dụng đất (E2), gấp 5 lần Cơ sở hạ tầng (E3), và Cơ sở hạ tầng (E3) quan trọng hơn Sử dụng đất (E2) gấp 3 lần. Ma trận so sánh cặp đôi chi tiết được thể hiện trong Bảng 4.

Bảng 4: Ma trận xác định trọng số cho các tiêu chí Phơi bày (AHP)

Thành phần	Dân cư (E1)	Sử dụng đất (E2)	Cơ sở hạ tầng (E3)
Dân cư (E1)	1	9	5
Sử dụng đất (E2)	1/9	1	1/3
Cơ sở hạ tầng (E3)	1/5	3	1
CR=0,025 đảm bảo tính nhất quán			
Trọng số (w_i)	0,751	0,070	0,178

3.1.3 Xác định trọng số cho tiêu chí tính dễ bị tổn thương (V)

Tính dễ bị tổn thương (V) trong lũ lụt phụ thuộc vào hai yếu tố chính: Độ nhạy cảm (S) – mức độ hệ thống (con người, môi trường, cơ sở hạ tầng, nền kinh tế) bị ảnh hưởng và Năng lực ứng phó (AC) – khả năng thích nghi, giảm thiểu tác động và phục hồi. Mối quan hệ này

được thể hiện qua công thức: $V = S * W_S - AC * W_{AC}$. Khi độ nhạy cảm (S) cao, tính dễ bị tổn thương tăng do hệ thống kém chịu đựng trước thiên tai. Theo đánh giá chuyên gia, Năng lực ứng phó (AC) quan trọng hơn Độ nhạy cảm (S) một chút với thang điểm AHP là 3 lần. Ma trận so sánh cặp đôi thể hiện trong Bảng 5.

Bảng 5: Ma trận so sánh cặp và trọng số tính dễ bị tổn thương (AHP)

Thành phần	Độ nhạy cảm (S)	Năng lực ứng phó (AC)
Độ nhạy cảm (S)	1	1/3
Năng lực ứng phó (AC)	3	1
Với $n=2$ kiểm tra nhất quán không có ý nghĩa vì mọi ma trận 2×2 luôn có CR=0 hoặc không xác định, nếu nhiều yếu tố hơn $n>2$ cần đảm bảo CR<0.1		
Trọng số (w_i)	0,25	0,75

3.2 Tính trọng số theo phương pháp (IS)

Giá trị các biến được tính từ mô hình toán của đề tài ĐTDL.CN-81/22 (hiểm họa lũ lụt) từ bản đồ sử dụng đất năm 2020 (độ phơi bày), từ phiếu điều tra, niên giám thống kê các huyện năm 2022

(tính dễ bị tổn thương), các biến này được xử lý, tính toán và chuẩn hóa trước khi tính trọng số, chi tiết trong tài liệu (Tô Vĩnh Cường và nnk, 2025).

Áp dụng công thức (4, 5, 6, 7) để tính trọng số cho các chỉ tiêu, thể hiện trong Bảng 6.

Bảng 6: Kết quả tính trọng số các chỉ tiêu theo phương pháp (IS)

Tiêu chí	Chỉ tiêu	VAR	SQRTVAR	1/SQRTVAR	C	W_j
Hiểm họa (H)	Độ sâu ngập (H11)	0.111	0.333	3.006	0.107	0.321
	Vận tốc dòng chảy lũ (H12)	0.098	0.312	3.201		0.342
	Thời gian ngập (H13)	0.101	0.318	3.146		0.336
Phơi bày (E)	Dân cư (E1)	0.068	0.262	3.824	0.059	0.225

	Sử dụng đất (E2)	0,078	0,279	3,588	0,116	0,211
	Cơ sở hạ tầng (E3)	0,011	0,105	9,560		0,563
Tính dễ bị tổn thương (V)	Độ nhạy cảm (S)	0,063	0,251	3,981	0,116	0,463
	Năng lực ứng phó (AC)	0,047	0,216	4,625		0,537

3.3 Phân tích, lựa chọn phương pháp tính trọng số trong xây dựng bản đồ rủi ro lũ

Việc lựa chọn phương pháp tính trọng số phù hợp ảnh hưởng đến độ chính xác trong xây dựng bản

đồ rủi ro lũ lụt. Nghiên cứu so sánh hai phương pháp AHP và IS để xác định phương pháp phù hợp, phản ánh đúng mức độ quan trọng của các tiêu chí. Kết quả chi tiết tại Bảng 7.

Bảng 7: Tổng hợp giá trị trọng số theo hai phương pháp (IS) và (AHP)

Tiêu chí đánh giá	Chỉ tiêu	Trọng số chính	
		IS	AHP
Hiểm họa (H)	Độ sâu ngập (H11)	0,321	0,333
	Vận tốc dòng chảy lũ (H12)	0,342	0,140
	Thời gian ngập (H13)	0,336	0,528
Phơi bày (E)	Dân cư (E1)	0,225	0,751
	Sử dụng đất (E2)	0,211	0,070
	Cơ sở hạ tầng (E3)	0,563	0,178
Tính dễ bị tổn thương (V)	Độ nhạy cảm (S)	0,462	0,250
	Năng lực ứng phó (AC)	0,537	0,750

3.3.1 Lựa chọn phương pháp tính trọng số trong xây dựng bản đồ hiểm họa lũ lụt (H)

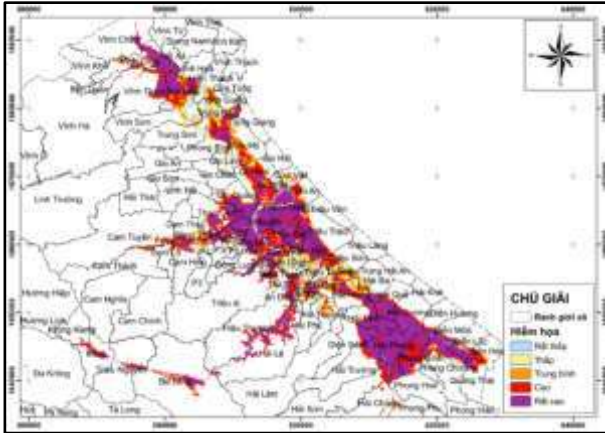
Từ phân tích các giá trị trọng số của tiêu chí hiểm họa (H) trong Bảng 7, cho thấy:

Phương pháp IS và AHP có sự khác biệt đáng kể trong việc xác định trọng số của các chỉ tiêu đánh giá hiểm họa lũ lụt. Kết quả từ phương pháp IS cho thấy ba chỉ tiêu độ sâu ngập (H11), vận tốc dòng chảy lũ (H12) và thời gian ngập (H13) có trọng số gần như tương đương nhau (0,321 ~ 0,342). Tuy nhiên, điều này không phản ánh đúng thực tế tác động của từng yếu tố, đặc biệt là vận tốc lũ. Theo dữ liệu từ mô hình toán của đề tài ĐTĐL.CN-81/22, vận tốc lũ phổ biến từ 0,2 – 0,4 m/s, ở mức khá nhỏ và ít ảnh hưởng đến cơ sở hạ tầng và con người, nhưng phương pháp IS vẫn gán cho nó trọng số cao, làm giảm sự phân biệt giữa các yếu tố quan trọng hơn.

Ngược lại, phương pháp AHP xác định trọng số có sự chênh lệch rõ ràng, phản ánh mức độ ảnh hưởng thực tế của các chỉ tiêu. Theo đó, thời gian ngập (H13) có trọng số cao nhất (0,527), vì thời gian ngập kéo dài có thể gây

thiệt hại lớn cho nông nghiệp, môi trường và sức khỏe con người. Độ sâu ngập (H11) được đánh giá là chỉ tiêu quan trọng thứ hai với trọng số 0,333, do ngập sâu có thể gây nguy hiểm trực tiếp cho con người và vật nuôi. Trong khi đó, vận tốc lũ (H12) có trọng số thấp nhất (0,140), phù hợp với thực tế là vận tốc dòng chảy trong khu vực nghiên cứu không đủ lớn để gây tác động đáng kể.

Sự khác biệt này cho thấy phương pháp AHP phản ánh tốt hơn mức độ chênh lệch giữa các chỉ tiêu và phù hợp với thực tế tác động của lũ lụt. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của (Nguyen Mai Dang et al., 2011), (Cần Thu Văn và nnc, 2014), cũng xác định chỉ tiêu thời gian ngập được coi là yếu tố quyết định chính đến hiểm họa lũ lụt.



Hình 2: Lựa chọn phương pháp tính trọng số theo AHP trong xây dựng bản đồ hiểm họa lũ

Do đó, nghiên cứu lựa chọn trọng số theo phương pháp AHP để tính toán giá trị của yếu tố hiểm họa, đảm bảo kết quả đánh giá chính xác và có ý nghĩa thực tiễn hơn.

Tiêu chí hiểm họa lũ lụt (H): được xác định theo công thức (8) trung bình cộng có trọng số theo phương pháp AHP của các tham số là độ sâu ngập, vận tốc lũ, thời gian ngập ứng với từng tần suất xuất hiện lũ.

$$H = (H_{11} * 0,333) + (H_{12} * 0,140) + (H_{13} * 0,528)$$

3.3.2 Lựa chọn phương pháp tính trọng số trong xây dựng bản đồ độ phơi bày (E)

Dựa trên các giá trị trọng số của tiêu chí phơi bày (E) trong Bảng 7, cho thấy:

Phương pháp IS và AHP có sự khác biệt rõ rệt trong việc xác định trọng số của các chỉ tiêu phơi bày (E) trong điều kiện xảy ra ngập lụt. Kết quả từ phương pháp IS cho thấy chỉ tiêu cơ sở hạ tầng (E3) có trọng số cao nhất (0,563), trong khi chỉ tiêu dân cư (E1) chỉ đạt 0,225 và sử dụng đất (E2) là 0,211. Điều này chưa phản ánh đúng mức độ phơi nhiễm thực tế, vì trong bối cảnh ngập lụt, yếu tố con người thường chịu ảnh hưởng nặng nề nhất.

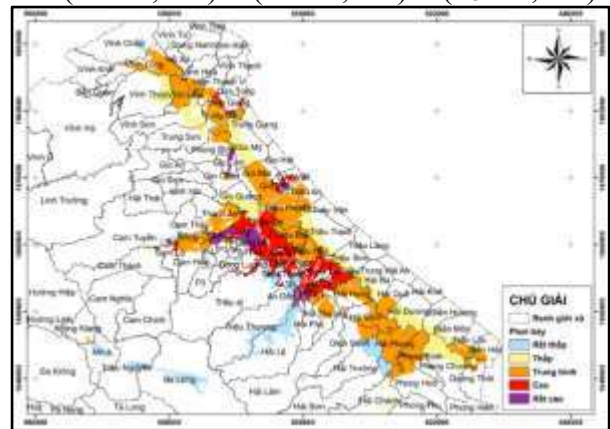
Ngược lại, phương pháp AHP xác định chỉ tiêu dân cư (E1) có trọng số cao nhất (0,751), dựa trên đánh giá của chuyên gia rằng con người luôn là ưu tiên hàng đầu trong thiên tai. Cơ sở hạ tầng (E3) có trọng số thấp hơn (0,178) và sử dụng đất (E2) có trọng số nhỏ nhất (0,071) do mức độ ảnh hưởng thấp hơn. Điều này phản

ánh đúng thực tế khi các khu dân cư bị ngập có nguy cơ thiệt hại về tính mạng, sức khỏe cao hơn so với tác động lên hạ tầng hoặc đất đai.

Như vậy, phương pháp AHP phân biệt rõ mức độ quan trọng của các chỉ tiêu của tiêu chí độ phơi bày (E), phù hợp hơn với thực tế tác động của lũ, ngập lụt. Do đó, nghiên cứu sẽ sử dụng trọng số theo phương pháp AHP để tính giá trị của tiêu chí phơi bày, đảm bảo đánh giá chính xác hơn mức độ ảnh hưởng của từng yếu tố trong điều kiện lũ lụt.

Tiêu chí hiểm họa lũ lụt (H): được xác định theo công thức (8) trung bình cộng có trọng số theo phương pháp AHP cho ba tiêu chí dân cư (E1), sử dụng đất (E2), cơ sở hạ tầng (E3).

$$E = (E_1 * 0,751) + (E_2 * 0,071) + (E_3 * 0,178)$$



Hình 3: Lựa chọn phương pháp tính trọng số theo AHP trong xây dựng bản đồ độ phơi bày

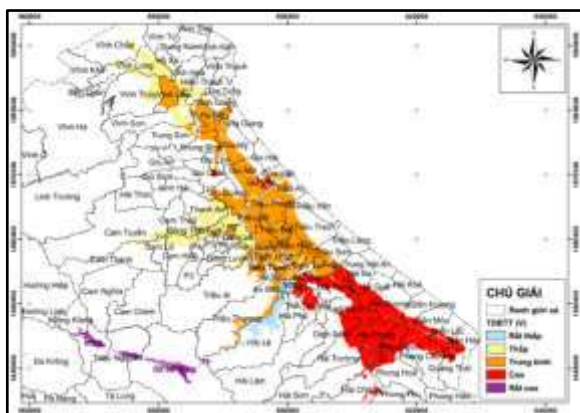
3.3.2 Lựa chọn phương pháp tính trọng số trong xây dựng bản đồ tính dễ bị tổn thương (V)

Từ phân tích các giá trị trọng số theo cả hai phương pháp AHP và IS đối với tiêu chí tính dễ bị tổn thương (V) trong Bảng 7, cho thấy:

Phương pháp IS và AHP cũng có sự khác biệt đáng kể trong việc xác định trọng số cho các tiêu chí tính dễ bị tổn thương (V) khi xảy ra ngập lụt. Phương pháp IS cho thấy trọng số của độ nhạy cảm (S) là 0,462, chỉ thấp hơn một chút so với năng lực ứng phó (AC) là 0,537, điều này thể hiện sự đóng góp tương đối cân bằng giữa hai yếu tố trong mức độ dễ bị tổn thương. Tuy nhiên, phương pháp IS có hạn chế đã không thể hiện rõ sự chênh lệch mức độ quan trọng giữa

các tiêu chí, đặc biệt trong bối cảnh thực tế ngập lụt, năng lực ứng phó có vai trò quyết định hơn so với độ nhạy cảm.

Trong khi đó, phương pháp AHP nhấn mạnh sự khác biệt rõ ràng hơn, với trọng số của năng lực ứng phó (AC) là 0,750, cao hơn đáng kể so với độ nhạy cảm (S) là 0,250. Điều này phản ánh rằng khả năng ứng phó của cộng đồng, bao gồm các yếu tố như kinh tế, y tế và hệ thống phòng chống thiên tai, đóng vai trò quan trọng trong việc giảm thiểu tác động của lũ lụt. Ngược lại, phương pháp IS có xu hướng làm giảm mức độ chênh lệch giữa các tiêu chí, khiến cho việc đánh giá mức độ dễ bị tổn thương kém chính xác hơn. Do đó, phương pháp AHP được đánh giá là phù hợp hơn trong việc phản ánh mức độ tổn thương thực tế của khu vực bị ảnh hưởng bởi lũ lụt.



Hình 4: Lựa chọn phương pháp tính trọng số theo AHP trong xây dựng bản đồ tính dễ bị TT

Trên cơ sở đó, nghiên cứu sẽ sử dụng trọng số theo phương pháp AHP để đánh giá mức độ dễ bị tổn thương (V), đảm bảo phản ánh chính xác hơn tác động của lũ lụt đến cộng đồng, từ đó hỗ trợ xây dựng các giải pháp giảm thiểu rủi ro thiên tai hiệu quả hơn.

Tiêu chí tính dễ bị tổn thương (V): được xác định theo công thức (8) trung bình cộng có trọng số theo phương pháp AHP như sau.

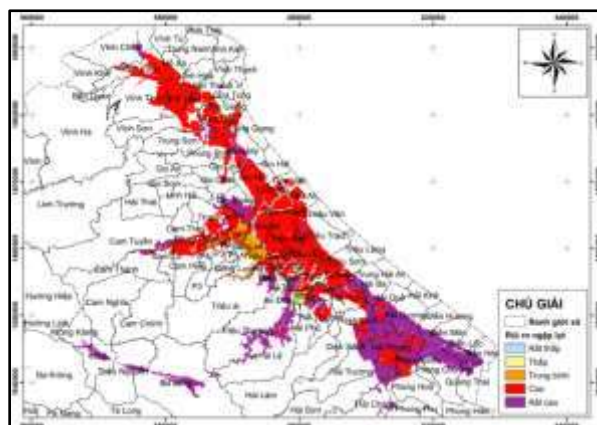
Bảng 8: Thống kê diện tích các vùng có cấp độ rủi ro lũ lụt khác nhau

Cấp độ nguy cơ	Mức điểm	Diện tích (ha)	Tỷ lệ (%)
Vùng nguy cơ rất thấp	1	0.13	0.11
Vùng nguy cơ thấp	2	0.71	0.59
Vùng nguy cơ trung bình	3	5.24	4.36

$$V = S * 0,250 - AC * 0,75$$

3.4 Xây dựng bản đồ rủi ro lũ tổng hợp

Chỉ số rủi ro tổng hợp do lũ lụt được xác định theo công thức (10): $R_i = H_i * E_i * V_i$, trong đó các giá trị trọng số được tính theo phương pháp AHP đã được phân tích và lựa chọn ở phần trước. Kết quả tính toán được thể hiện trong Hình 5 và Bảng 8.



Hình 5: Bản đồ rủi ro tổng hợp do lũ lụt khu vực nghiên cứu

Vùng nguy cơ cao	4	70.87	58.99
Vùng nguy cơ rất cao	5	43.19	35.95

Từ số liệu phân tích tại Bảng 8 cho thấy, mức độ rủi ro lũ lụt trong khu vực nghiên cứu có sự phân hóa rõ rệt. Các vùng có nguy cơ rất thấp (mức 1) là 0,11% và thấp (mức 2) là 0,59% chỉ chiếm một diện tích không đáng kể, chủ yếu phân bố tại trung tâm đô thị như thị xã Quảng Trị và TP. Đông Hà, nơi có điều kiện phòng chống tốt. Vùng nguy cơ trung bình (mức 3) chiếm 4,36% xuất hiện tại một số xã thuộc huyện Triệu Phong và các phường của TP. Đông Hà.

Đáng chú ý, vùng nguy cơ cao (mức 4) là 58,99% và rất cao (mức 5) là 35,95% chiếm hơn 90% tổng diện tích, cho thấy nguy cơ lũ lụt nghiêm trọng tại khu vực này, tập trung tại huyện Hải Lăng, các xã thuộc hạ lưu sông Thạch Hãn, Bến Hải, Ô Lâu, nơi chịu ảnh hưởng nặng nề do đặc điểm địa hình thấp trũng, khả năng thoát lũ chậm và mật độ dân cư cao.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã xây dựng bản đồ rủi ro lũ lụt cho vùng hạ du các lưu vực sông tỉnh Quảng Trị và đã lựa chọn phương pháp AHP để tính trọng số do AHP phản ánh chính xác hơn mức độ quan trọng của các tiêu chí. Kết quả cho

thấy vùng có nguy cơ cao (mức 4) là 58,99% và rất cao (mức 5) là 35,95% chiếm hơn 90% tổng diện tích, tập trung chủ yếu tại các khu vực ven sông và vùng hạ du, nơi chịu tác động mạnh mẽ từ lũ lụt và có mật độ dân cư cao.

Phương pháp IS tuy có ưu điểm xử lý dữ liệu chi tiết nhưng hạn chế là không phản ánh được quan điểm chuyên gia, trong khi AHP cho phép điều chỉnh trọng số hợp lý hơn và đảm bảo tính nhất quán và phù hợp thực tiễn. Từ kết quả đánh giá, cần đặc biệt ưu tiên giải pháp giảm thiểu rủi ro cho các khu vực nguy cơ rất cao (mức 5) tại huyện Hải Lăng, các xã hạ lưu sông Thạch Hãn, Ô Lâu, Bến Hải và nâng cao năng lực phòng chống lũ cho khu vực nghiên cứu.

Kết quả đầu ra của nghiên cứu sẽ làm sản phẩm đầu vào cho việc xây dựng hệ thống cảnh báo rủi ro lũ và ngập lụt sau này.

LỜI CẢM ƠN: Bài báo được thực hiện dưới sự hỗ trợ về kinh phí và dữ liệu của đề tài KHCN cấp Quốc gia “Nghiên cứu ứng dụng công nghệ tiên tiến xây dựng hệ thống cảnh báo sớm rủi ro thiên tai lũ, ngập lụt cho tỉnh Quảng Trị và khu vực lân cận”, mã số ĐTĐL.CN-81/22.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Cấn Thu Vãn. (2015). Nghiên cứu xác lập cơ sở khoa học đánh giá tính dễ bị tổn thương do lũ lụt lưu vực sông Vũ Gia-Thu Bồn phục vụ quy hoạch phòng chống thiên tai.
- [2] Cấn Thu Vãn và nnc. (2014). Xây dựng chỉ số dễ bị tổn thương lũ lụt sử dụng phương pháp phân tích hệ thống phân cấp (AHP)–Thử nghiệm cho vài đơn vị cấp xã tỉnh Quảng Nam thuộc vùng hạ lưu sông Thu Bồn. 643, 10-18.
- [3] Choudhury, S., Basak, A., Biswas, S., & Das, J. (2022). Flash flood susceptibility mapping using GIS-based AHP method. In *Spatial modelling of flood risk and flood hazards: Societal implications* (pp. 119-142): Springer.
- [4] Huỳnh Thị Lan Hương và nnk. (2020). *Nghiên cứu các giải pháp khoa học và công nghệ quản lý đa thiên tai xây dựng công cụ hỗ trợ ra quyết định ứng phó với đa thiên tai áp dụng thí điểm cho khu vực ven biển Trung Trung Bộ*. Retrieved from
- [5] Tô Vĩnh Cường và nnk. (2025). Nghiên cứu xây dựng bản đồ rủi ro lũ tổng hợp vùng hạ du các lưu vực sông tỉnh Quảng Trị và khu vực lân cận. *Tạp chí KHKT Thủy lợi và Môi trường*.
- [6] Nguyen Mai Dang, & Luong, H. T. J. N. h. (2011). Evaluation of food risk parameters in the day river flood diversion area, Red River delta, Vietnam. 56, 169-194.

- [7] Nguyen Mai Dang, Vien, L. N., Tanim, A. H., Gagnon, A. S., & Anh, D. T. J. S. (2024). A Framework Using Applied Process Analysis Methods to Assess Water Security in the Vu Gia–Thu Bon River Basin, Vietnam. *16*(13), 5749.
- [8] Kissi, A. E., Abbey, G. A., Agboka, K., & Egbendewe, A. J. J. o. G. I. S. (2015). Quantitative assessment of vulnerability to flood hazards in downstream area of Mono Basin, South-Eastern Togo: Yoto District. *7*(6), 607-619.
- [9] Mudashiru, R. B., Sabtu, N., Abustan, I., & Balogun, W. J. J. o. h. (2021). Flood hazard mapping methods: A review. *603*, 126846.
- [10] Rahmati, O., Haghizadeh, A., & Stefanidis, S. J. W. r. m. (2016). Assessing the accuracy of GIS-based analytical hierarchy process for watershed prioritization; Gorganrood River Basin, Iran. *30*, 1131-1150.
- [11] Sitorus, F., Brito-Parada, P. R. J. R., & Reviews, S. E. (2020). A multiple criteria decision making method to weight the sustainability criteria of renewable energy technologies under uncertainty. *127*, 109891.