

ỨNG DỤNG PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH THỨ BẬC VÀ CÔNG NGHỆ GIS PHÂN VÙNG NGUY CƠ LŨ TRÊN LƯU VỰC SÔNG NGÀN SÂU VÀ NGÀN PHỐ TỈNH HÀ TĨNH

Đặng Tuyết Minh

Khoa Kỹ thuật Tài nguyên Nước, Trường Đại học Thủy lợi

Tóm tắt. Bài báo này giới thiệu phương pháp phân tích thứ bậc tích hợp với GIS để cung cấp thông tin phục vụ cho việc phân tích nguy cơ lũ trên lưu vực sông Ngàn Sâu và Ngàn Phố. Các tham số là nguyên nhân chính ảnh hưởng đến lũ được đề cập trong bài báo này bao gồm: Độ dốc, lượng mưa, thực phủ, thổ nhưỡng, chiều dài sườn dốc tương đối và mật độ lưới sông. Kết quả cho thấy vùng nghiên cứu chịu ảnh hưởng chính của hai yếu tố lượng mưa và độ dốc với trọng số tương ứng là 45% và 25,5%. Vùng có nguy cơ lũ cao và rất cao chiếm 82,78% tổng diện tích lưu vực trong đó khu vực có nguy cơ thấp và trung bình chỉ chiếm 17,22%. Độ chính xác của bản đồ phân vùng nguy cơ lũ được kiểm chứng dựa vào mức báo động lũ tại các trạm thủy văn của một số trận lũ thực tế. Kết quả cho thấy kết hợp AHP và công nghệ GIS là phương pháp đáng tin cậy để đánh giá nguy cơ lũ đặc biệt là những khu vực thiếu dữ liệu.

Từ khóa: Phân vùng nguy cơ lũ, phương pháp phân tích thứ bậc, AHP, lưu vực sông Ngàn Sâu, Ngàn Phố.

1. Mở đầu

Lũ là một trong những thiên tai gây thiệt hại nặng nề nhất ở Việt Nam cũng như nhiều khu vực khác trên thế giới. Quá trình công nghiệp hoá, đô thị hoá mạnh mẽ cùng với sự tác động của biến đổi khí hậu và tình hình mưa lớn đã làm cho thời gian, cường suất, lưu lượng và tần suất xuất hiện các cơn lũ ngày càng nhiều hơn cũng như diễn biến phức tạp hơn. Hằng năm, các tỉnh miền Trung chịu ảnh hưởng của lũ thường xuyên xảy ra với xu hướng ngày càng trầm trọng và gây ra hậu quả nặng nề về người và tài sản. Tỉnh Hà Tĩnh là một trong những địa phương chịu nhiều ảnh hưởng của thiên tai, riêng hai đợt lũ lịch sử năm 2002, 2007 trên lưu vực sông Ngàn Phố và Ngàn Sâu làm 82 người chết, hàng trăm người bị thương và thiệt hại hàng ngàn tỉ đồng [1]. Theo báo cáo của ban chỉ huy phòng chống thiên tai và tìm kiếm cứu nạn (TKCN) tỉnh Hà Tĩnh, thiệt hại trận mưa lũ tháng 10/ 2017 ước tính hơn 375 tỉ đồng, 10/ 2013 ước tính 980 tỉ đồng, tháng 10/ 2017 ước tính hơn 375 tỉ đồng, tháng 10/ 2016 thiệt hại ước tính trên 1.064 tỉ và đặc biệt 10/ 2010 tổng thiệt hại ước tính 6.374 tỉ đồng. Gần đây, trận lũ tháng 10/2020, Hà Tĩnh chịu ảnh hưởng của 2 đợt lũ lớn gây ngập lụt trên diện rộng ước tính thiệt hại hơn 5300 tỉ đồng [2].

Để ngăn ngừa và giảm nhẹ thiệt hại do lũ gây ra, cần phải làm tốt công tác phòng chống, ứng phó với lũ, trong đó đánh giá và phân vùng nguy cơ lũ là công việc cần tiến hành đầu tiên. Để phân vùng nguy cơ lũ, trên thế giới có nhiều phương pháp đã và đang được nghiên cứu, giới thiệu và ứng dụng. Mỗi phương pháp đều có ưu nhược điểm và điều kiện ứng dụng riêng.

Ngày nhận bài: 5/1/2021. Ngày sửa bài: 19/3/2021. Ngày nhận đăng: 26/3/2021.

Tác giả liên hệ: Đặng Tuyết Minh. Địa chỉ e-mail: dtminh@tlu.edu.vn

Việc chọn các phương pháp phù hợp phụ thuộc dữ liệu đầu vào, yêu cầu chi tiết của dự án và khả năng chuyên môn của kỹ thuật viên. Bên cạnh các phương pháp phổ biến như: sử dụng dữ liệu viễn thám và GIS [3, 4], sử dụng chỉ số độ ẩm ướt địa hình (TWI) [5], sử dụng mô hình thủy lực [6, 7] phương pháp thống kê [8, 9], phương pháp phân tích nhân tố chính [10],... thì phương pháp kết hợp phân tích đa tiêu chí (MCA) và công nghệ GIS cũng được ứng dụng trong phân vùng nguy cơ lũ [11-16]. Phương pháp MCA cho phép xác định các yếu tố khác nhau của một vấn đề ra quyết định phức tạp, tổ chức các yếu tố thành một cấu trúc phân cấp và nghiên cứu mối quan hệ giữa các yếu tố đó. Ngoài ra, phương pháp này cho phép xác định mức độ quan trọng của các tiêu chí thông qua ý kiến đánh giá của các chuyên gia cũng như trên cơ sở kiến thức, kinh nghiệm của cá nhân người thực hiện. Trong số các phương pháp phân tích đa tiêu chí, thuật toán phân tích thứ bậc (Analytic Hierarchy Process - AHP) được sử dụng khá phổ biến, hỗ trợ phân tích các vấn đề ra quyết định phức tạp với nhiều tiêu chí [17]. Theo Das S. (2018), tích hợp AHP và GIS là phương pháp đơn giản nhất để xác định vị trí có nguy cơ lũ bằng cách đánh giá các yếu tố khác nhau ảnh hưởng đến lũ [11].

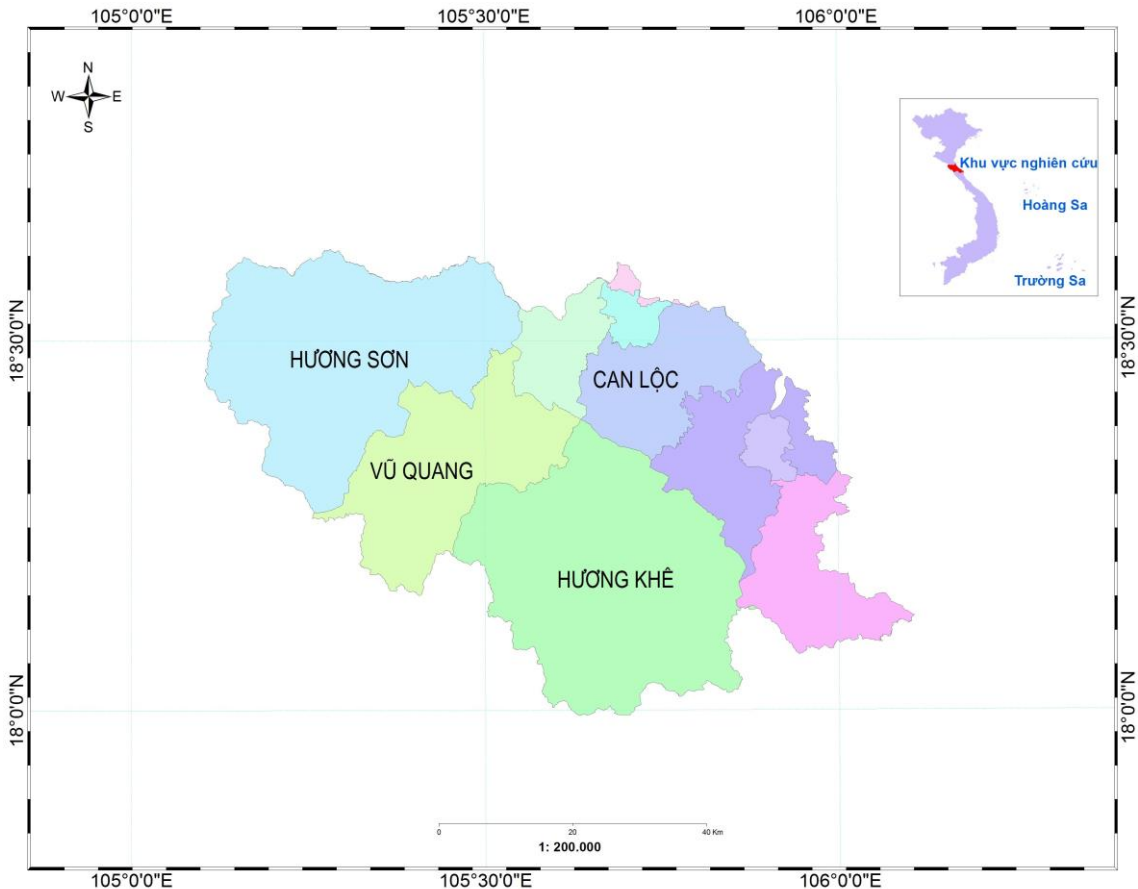
Trong những thập kỷ gần đây, AHP đã được sử dụng trong nhiều nghiên cứu khác nhau ở Việt Nam cũng như thế giới để đánh giá và phân vùng nguy cơ lũ lụt. Ở Việt Nam, áp dụng thuật toán AHP và công nghệ GIS, Lê Hoàng Tú và nnk (2013) tiến hành thực nghiệm trên lưu vực sông Vu Gia [12], Trần Thị Phượng và nnk (2015) xây dựng bản đồ phân vùng trên lưu vực sông Hương [13], Lưu Chinh đánh giá thiệt hại do lũ sau khi phân vùng nguy cơ ở tỉnh Quảng Bình [18]. Trên thế giới, phương pháp này được áp dụng rộng rãi hơn với nhiều nghiên cứu của các tác giả ở những khu vực khác nhau. Các nhà khoa học đã sử dụng AHP và GIS trong phân vùng tiềm năng nguy cơ lũ [14], đánh giá các vùng nguy cơ lũ [15], xây dựng bản đồ nhạy cảm lũ [16], đánh giá tổn thương và thiệt hại do lũ dựa vào bản đồ phân vùng nguy cơ [19].

Phân vùng nguy cơ lũ trên lưu vực sông Ngàn Sâu và Ngàn Phố đã được tiến hành bằng phương pháp phân tích nhân tố chính, tuy nhiên tác giả chỉ quan tâm đến nguy cơ xảy ra lũ lớn và dữ liệu chủ yếu là dữ liệu thủy văn và thủy lực [10]. Bài báo này được thực hiện với mục tiêu phân vùng nguy cơ lũ trên lưu vực sông Ngàn Sâu, Ngàn Phố, tỉnh Hà Tĩnh dựa vào ứng dụng của thuật toán phân tích thứ bậc AHP và công nghệ GIS với dữ liệu sử dụng bao gồm cả khí tượng thủy văn và địa hình. Kết quả thu được cho thấy, phương pháp này có thể áp dụng cho nhiều khu vực địa lý với các tham số ảnh hưởng tới nguy cơ lũ khác nhau.

2. Nội dung nghiên cứu

2.1. Khu vực nghiên cứu

Sông Ngàn Sâu là một phụ lưu chính của sông La dài khoảng 131 km với độ cao trung bình 360 m chảy về hướng Bắc qua huyện Hương Khê, Vũ Quang, Đức Thọ và Hương Sơn (tỉnh Hà Tĩnh). Sông Ngàn Phố bắt nguồn bằng các dòng suối nhỏ từ dãy núi Giăng Màn thuộc dãy Trường Sơn với độ cao trung bình 331 m. Sông Ngàn Phố là sông nhánh lớn nhất của sông La bắt nguồn từ sườn Đông của dãy Trường Sơn và nhập vào sông La, một phụ lưu của sông Lam. Hệ thống sông Ngàn Sâu có lưu vực rộng 2.061 km², có nhiều nhánh sông bé như sông Tiêm, Rào Trồ, Ngàn Trươi. Hệ thống sông Ngàn Phố dài 86 km, lưu vực rộng 1.065 km², nhận nước từ Hương Sơn cùng với sông Ngàn Sâu đổ ra sông La, sau đó hợp với sông Lam chảy ra Cửa Hội. Lưu vực sông Ngàn Sâu, Ngàn Phố có địa hình dốc bị chia cắt mạnh, tạo thành những thung lũng nhỏ hẹp chạy dọc theo triền sông. Khu vực nghiên cứu nằm trong khu vực nhiệt đới gió mùa, nóng ẩm, mưa nhiều. Ngoài ra, khu vực còn chịu ảnh hưởng của khí hậu chuyển tiếp giữa miền Bắc và miền Nam, với đặc trưng khí hậu nhiệt đới điển hình của miền Nam và có một mùa đông giá lạnh của miền Bắc; nên thời tiết, khí hậu rất khắc nghiệt, có hai mùa rõ rệt là mùa hè và mùa đông [20].



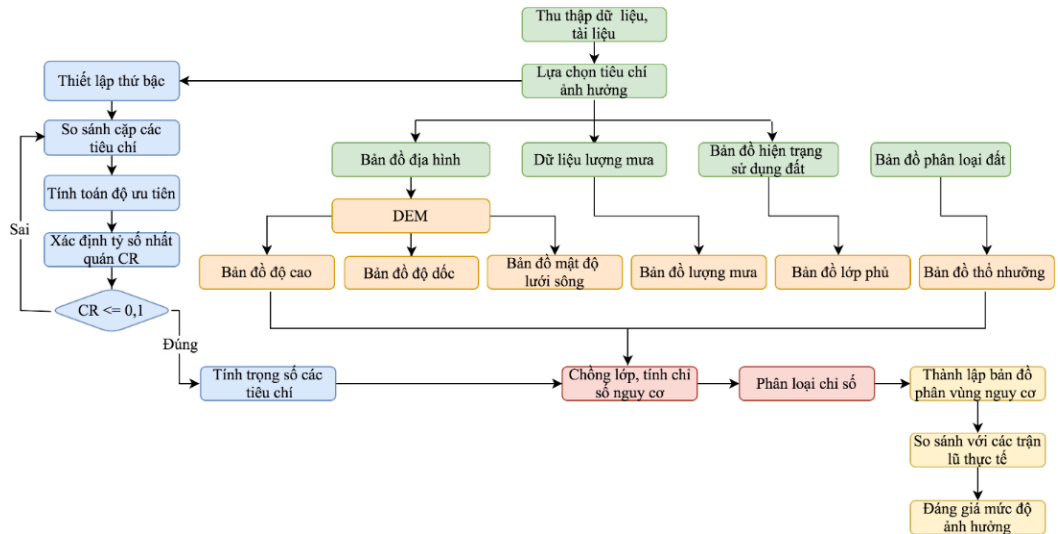
Hình 1. Khu vực nghiên cứu - Lưu vực sông Ngàn Sâu và sông Ngàn Phố, tỉnh Hà Tĩnh

Nguồn tài nguyên đất đai ở lưu vực sông Ngàn Sâu và Ngàn Phố còn nhiều tiềm năng chưa được khai thác. Hiện nay, hệ số sử dụng đất nông nghiệp còn thấp, nhất là ở các huyện miền núi. Đất đai, thổ nhưỡng ở đây chủ yếu thích hợp cho trồng cây lương thực và cây công nghiệp ngắn ngày. Rừng ở lưu vực sông tập trung tại hai huyện Hương Sơn và Hương Khê tỉnh Hà Tĩnh, chủ yếu là rừng trung bình và rừng nghèo. Rừng giàu chỉ chiếm 10%, rừng trung bình chiếm 40%, còn lại 50% là rừng nghèo kiệt [10]. Đất không có rừng còn nhiều, trong đó có một số diện tích đất ở các sườn dốc đang bị xói mòn nghiêm trọng. Sông Ngàn Sâu thuộc loại nhiều nước nhất trong hệ thống sông Cả. Tổng lượng nước bình quân nhiều năm tính tới cửa sông là $6,15 \text{ km}^3$, ứng với lưu lượng trung bình năm là $195 \text{ m}^3/\text{s}$. Sông Ngàn Phố có tổng lượng nước $1,40 \text{ km}^3$ tương ứng với lưu lượng trung bình $45,6 \text{ m}^3/\text{s}$ [20].

2.2. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu sử dụng phương pháp phân tích thứ bậc AHP và công nghệ GIS để tính toán chỉ số nguy cơ lũ, từ đó thành lập bản đồ phân vùng nguy cơ lũ. Hình 2 thể hiện quy trình nghiên cứu của bài báo. Bản đồ phân vùng nguy cơ đã được kiểm chứng bằng cách so sánh với các trận lũ điển hình của một số năm gần đây.



Hình 2. Quy trình thành lập bản đồ phân vùng nguy cơ lũ lưu vực sông Ngân Sầu, Ngân Phố bằng phương pháp AHP và công nghệ GIS

* Xác định các yếu tố cần thiết để tính chỉ số nguy cơ

Giống như các dạng tai biến khác như lũ quét, lũ bùn đá, hạn hán..., lũ lụt cũng chịu tác động của các yếu tố nội sinh, ngoại sinh và hoạt động của con người [21]. Nguyên nhân chủ yếu gây ra lũ có thể là các yếu tố tự nhiên (độ dốc, lớp phủ, lượng mưa,...), kinh tế, xã hội (sử dụng đất, phân bố dân cư,...) và cơ sở hạ tầng (công trình phòng chống lũ, hệ thống đường giao thông,...). Từ các nguyên nhân nêu trên, Nghiên cứu sử dụng sáu tham số được coi là các yếu tố chính ảnh hưởng đến nguy cơ lũ bao gồm: lượng mưa, độ dốc, thổ nhưỡng, lớp phủ, chiều dài sườn dốc tương đối và mật độ lưới sông. Các yếu tố được chọn dựa trên nguyên nhân, đặc điểm, cơ chế hình thành, điều kiện địa lý, tự nhiên, kinh tế xã hội... của khu vực nghiên cứu, tham khảo các nghiên cứu đã có trước và ý kiến đánh giá của chuyên gia. Mỗi yếu tố sẽ được chia thành các lớp dựa theo mức độ ảnh hưởng của chúng đến nguy cơ lũ của khu vực nghiên cứu.

Lượng mưa là yếu tố khí hậu quan trọng ảnh hưởng đến tần suất xuất hiện của lũ [19]. Lượng mưa càng lớn thì dòng chảy càng mạnh và cường độ lũ càng cao. Thêm vào đó, độ dốc địa hình của lưu vực liên quan chặt chẽ với nguy cơ lũ và có ý nghĩa quan trọng đối với quá trình thoát nước. Độ dốc lớn làm tốc độ dòng chảy tăng, gây ra khả năng thấm thấp (vì theo định luật Becnuli, áp suất tĩnh sẽ giảm đi). Hay nói cách khác, trên lưu vực, độ dốc lớn có xu hướng làm giảm lượng nước thấm vào lòng đất do đó thời gian tập trung dòng chảy ngắn, tốc độ dòng chảy lớn, nước mưa sẽ thoát nhanh xuống sông chính theo các sườn dốc. Ngược lại, ở các khu vực bằng phẳng, độ dốc nhỏ thì nước sẽ thoát chậm hơn tức là thời gian nước tập trung và tích tụ nhiều hơn nên có thể xuất hiện lũ nhanh hơn. Ngoài ra, mật độ lưới sông có vai trò lớn ảnh hưởng đến tập trung dòng chảy lũ trên lưu vực, mật độ lưới sông càng cao càng làm tăng nguy cơ dòng chảy lũ tức là nguy cơ lũ càng lớn [25, 27], Theo [4], độ thấm của tầng thổ nhưỡng ảnh hưởng trực tiếp đến nguy cơ lũ, do đó yếu tố này cũng được coi là một tham số ảnh hưởng đến lũ. Khi nghiên cứu dòng chảy và lũ, vai trò của lớp phủ cũng được đánh giá tương đối quan trọng. Nhiều nghiên cứu chứng tỏ sự thay đổi của lớp phủ đã làm thay đổi đặc tính của lũ, dòng chảy mặt và đỉnh lũ [21, 30].

* Phương pháp phân tích thứ bậc

Sau khi chuẩn bị xong bản đồ của các tham số ảnh hưởng đến nguy cơ lũ, phương pháp phân tích thứ bậc (Analytic Hierarchy Process – AHP) được sử dụng để đánh giá mức độ ảnh hưởng đến nguy cơ lũ. Cách tiếp cận này phù hợp với mục đích phân tích một số lượng lớn các yếu tố khác nhau ảnh hưởng đến nguy cơ lũ. Phương pháp AHP được được nhà khoa học Mỹ Thomas

L.Saaty trường Đại học Pittsburg (Mỹ) đề xuất vào những năm 1980 và đã được nghiên cứu mở rộng, bổ sung cho đến nay. AHP là phương pháp toán học hỗ trợ phân tích các vấn đề ra quyết định phức tạp với nhiều tiêu chí dựa trên việc khử dần các giá trị thông qua sự so sánh từng cặp tham số theo tất cả các tiêu chí [22].

Để thực hiện quá trình phân tích AHP, khi phân vùng nguy cơ lũ, cần xây dựng cấu trúc thứ bậc để sắp xếp các yếu tố đã chọn theo từng cấp bậc khác nhau làm cơ sở cho quá trình so sánh cặp giữa các yếu tố. Sau khi thiết lập cấu trúc thứ bậc, tiến hành so sánh mức độ quan trọng của tất cả các yếu tố theo cặp, nếu có n tiêu chí thì số lần so sánh sẽ là $n(n-1)/2$. Kết quả so sánh sẽ được sắp xếp vào trong một ma trận vuông A (ma trận trọng số) có kích thước $n \times n$ trong đó phần tử a_{ij} thể hiện mức độ quan trọng của chỉ tiêu ở hàng i so với chỉ tiêu ở cột j . Khi phân vùng lũ, các nhân tố ảnh hưởng đến lũ có vai trò và tầm quan trọng khác nhau nên vấn đề cần thiết là cần đánh giá chính xác sự khác nhau và lựa chọn tiêu chí quan trọng nhất. Hệ số của ma trận được tính từ điểm so sánh cặp của các tiêu chí thông qua ý kiến chuyên gia, chính quyền địa phương đại diện các lĩnh vực như môi trường, tài nguyên nước, xã hội học..., đồng thời tham khảo các đề tài, bài báo và kết hợp với ý kiến chủ quan của cá nhân (kết quả được tổng hợp trong Bảng 3) [8, 23].

Để đánh giá độ chính xác của kết quả, theo Saaty, sử dụng tỉ số nhất quán (CR) của dữ liệu. Tỉ số này so sánh mức độ nhất quán với tính khách quan (ngẫu nhiên) của dữ liệu và được tính bằng công thức:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (1)$$

trong đó:

RI: Chỉ số ngẫu nhiên hay giá trị trung bình của CI khi nhận định so sánh ngẫu nhiên, phụ thuộc vào số tiêu chí được so sánh thể hiện như Bảng 1.

CI: chỉ số nhất quán (chỉ số đo lường mức độ lệch hướng nhất quán)

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

n : số tiêu chí

$\lambda_{\max}$: giá trị riêng lớn nhất (giá trị cực đại của ma trận)

Nếu giá trị CR nhỏ hơn hoặc bằng 0,1 có nghĩa là sai số trong khoảng 10% khi đó các đánh giá là nhất quán, chính xác. Ngược lại nếu CR lớn hơn 0.1 thì sự nhận định là ngẫu nhiên, cần nhận định lại hoặc người ra quyết định thu giảm sự không đồng nhất bằng cách thay đổi giá trị mức độ quan trọng giữa các cặp chỉ tiêu [8, 22, 23].

Bảng 1. Giá trị RI [22]

n	1	2	3	4	5	6	7	8
RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41

2.2.2. Dữ liệu sử dụng

Trong nghiên cứu này, bản đồ của các tiêu chí ảnh hưởng được thành lập dựa vào các nguồn dữ liệu khác nhau như: bản đồ địa hình, bản đồ hiện trạng sử dụng đất, bản đồ phân loại đất, dữ liệu lượng mưa của khu vực nghiên cứu. Mô hình số độ cao DEM với độ phân giải 30 m được xây dựng dựa trên các đường đồng mức của bản đồ địa hình tỉ lệ 1: 50000, từ đó bản đồ độ dốc, bản đồ mật độ lưới sông, bản đồ chiều dài sườn dốc tương đối sẽ được thành lập. Bản đồ thổ nhưỡng được thành lập từ bản đồ phân loại đất và bản đồ lớp phủ được xây dựng từ bản đồ hiện trạng sử dụng đất. Dữ liệu lượng mưa thu được tại các trạm thủy văn ở khu vực nghiên cứu và khu lân trong giai đoạn 1961 - 2017 được sử dụng để thành lập bản đồ phân bố lượng mưa bằng phương pháp nội suy IDW trong ArcGIS. Bảng 2 thể hiện các dữ liệu và nguồn được sử dụng trong nghiên cứu.

Bảng 2. Nguồn và dữ liệu sử dụng trong nghiên cứu

Dữ liệu	Mô tả	Nguồn dữ liệu
Bản đồ địa hình	Tỉ lệ 1: 50000	Sở Tài nguyên và Môi trường Hà Tĩnh
Bản đồ hiện trạng sử dụng đất	Tỉ lệ 1: 50000	Sở Tài nguyên và Môi trường Hà Tĩnh
Lượng mưa	Năm 1961-2017	Trung tâm Khí tượng Thủy văn Quốc gia

2.3. Kết quả nghiên cứu

2.3.1. Đánh giá mức độ ảnh hưởng của các yếu tố

Các tác nhân ảnh hưởng đến lũ có vai trò và tầm quan trọng khác nhau, vì thế đánh giá một cách định lượng tầm quan trọng của các nhân tố ảnh hưởng là vấn đề cần thiết. Bảng 3 là kết quả tổng hợp mức độ ưu tiên của các yếu tố ảnh hưởng đến lũ trên khu vực nghiên cứu. Trong bảng này, dấu trừ (-) thể hiện sự kém quan trọng (ảnh hưởng ít hơn) của yếu tố đứng trước so với yếu tố đứng sau trong cặp yếu tố so sánh

Bảng 3. Kết quả tổng hợp mức độ ưu tiên của các yếu tố ảnh hưởng đến lũ

Stt	Yếu tố so sánh từng cặp	Điểm trung bình	Stt	Yếu tố so sánh từng cặp	Điểm trung bình
1	Lượng mưa và thổ nhưỡng	7	9	Thổ nhưỡng và chiều dài sườn dốc	1
2	Lượng mưa và độ dốc	3	10	Độ dốc và lớp phủ	5
3	Lượng mưa và lớp phủ	5	11	Độ dốc và mật độ lưới sông	3
4	Lượng mưa và mật độ lưới sông	5	12	Độ dốc và chiều dài sườn dốc	3
5	Lượng mưa và chiều dài sườn dốc	5	13	Lớp phủ và mật độ lưới sông	1
6	Thổ nhưỡng và độ dốc	-5	14	Lớp phủ và chiều dài sườn dốc	1
7	Thổ nhưỡng và lớp phủ	1	15	Mật độ lưới sông và chiều dài sườn dốc	1
8	Thổ nhưỡng và mật độ lưới sông	1			

Tổng hợp ý kiến của các chuyên gia về xếp hạng mức độ ưu tiên của 6 yếu tố ảnh hưởng đến nguy cơ lũ cũng như đánh giá và cho điểm từng cặp yếu tố theo thang đánh giá của Satty, ma trận so sánh cặp được xây dựng để tính trọng số, phản ánh vai trò của các nhân tố ảnh hưởng đến nguy cơ lũ được thể hiện trong Bảng 4.

Bảng 4. Ma trận so sánh cặp các yếu tố ảnh hưởng đến nguy cơ lũ

Tiêu chí	Lượng mưa	Thổ nhưỡng	Độ dốc	Lớp phủ	Mật độ lưới sông	Chiều dài sườn dốc tương đối
Lượng mưa	1	7	3	5	5	5
Thổ nhưỡng	1/7	1	1/5	1	1	1
Độ dốc	1/3	5	1	5	3	3
Lớp phủ	1/5	1	1/5	1	1	1
Mật độ lưới sông	1/5	1	1/3	1	1	1
Chiều dài sườn dốc tương đối	1/5	1	1/3	1	1	1

Áp dụng phương pháp chuẩn hoá ma trận xây dựng trọng số các nhân tố ảnh hưởng đến lũ. Mức độ quan trọng của từng yếu tố ảnh hưởng đến lũ sẽ biết được thông qua trọng số ở Bảng 5. Từ kết quả tính toán cho thấy: yếu tố lượng mưa ảnh hưởng đến nguy cơ lũ nhiều nhất (45 %), tiếp đến độ dốc (25,5%), chiều dài sườn dốc tương đối và mật độ lưới sông (7,7 %), lớp phủ (7,3 %) và thổ nhưỡng 6,8 %.

Kết quả tính toán các thông số của AHP được thể hiện trong Bảng 6. Với tỉ số nhất quán $CR = 0,03 < 0,1$ nên ma trận so sánh trên là nhất quán tức là các trọng số này (Bảng 5) được chấp nhận. Do đó, có thể tiến hành xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ lũ cho khu vực nghiên cứu.

Bảng 5. Trọng số các yếu tố ảnh hưởng

Yếu tố ảnh hưởng	Trọng số
Lượng mưa	0,450
Độ dốc	0,255
Chiều dài sườn dốc tương đối	0,077
Mật độ lưới sông	0,077
Lớp phủ	0,073
Thổ nhưỡng	0,068

Bảng 6. Các thông số của AHP

Thông số	Giá trị
Giá trị riêng của ma trận ($\lambda_{\max}$)	6,18
Số yếu tố ảnh hưởng (n)	6
Chỉ số nhất quán (CI)	0,04
Chỉ số ngẫu nhiên (RI)	1,24
Tỉ số nhất quán (CR)	0,03

2.3.2 Xây dựng bảng phân cấp các yếu tố ảnh hưởng đến lũ khu vực nghiên cứu

* Xây dựng bảng phân cấp lượng mưa

Khi xây dựng bảng phân cấp lượng mưa để đánh giá, phân vùng nguy cơ lũ theo phương pháp AHP, thông thường sử dụng các khoảng bước nhảy bằng nhau [24-26]. Khu vực nghiên cứu với lượng mưa trung bình năm dao động trong khoảng $1000 \div 2900$ mm. Như vậy, với lượng mưa nhỏ nhất, lớn nhất và số lớp phân cấp là 5, khoảng bước nhảy của giá trị lượng mưa tính được xấp xỉ 400 mm. Mức độ nguy cơ lũ sẽ càng tăng khi lượng mưa càng lớn. Do đó, ảnh hưởng của lượng mưa đến nguy cơ lũ sẽ được phân cấp tăng dần từ mức rất thấp đến mức rất cao, tương ứng với lượng mưa từ nhỏ hơn 1000 mm đến lớn hơn 2900 mm với điểm số tương ứng từ 1 đến 9 như Bảng 7.

*** Xây dựng bảng phân cấp độ dốc**

Để phân vùng nguy cơ lũ trên lưu vực, cần phân cấp độ dốc theo mức độ ảnh hưởng đến nguy cơ sinh lũ. Độ dốc khác nhau sẽ làm cho dòng chảy lũ tăng lên hoặc giảm đi, do đó mức độ ảnh hưởng đến nguy cơ lũ sẽ khác nhau và khu vực có độ dốc càng thấp thì nguy cơ lũ càng cao. Theo Nguyễn Văn Cư khi nghiên cứu luận cứ khoa học cho các giải pháp phòng tránh, hạn chế hậu quả lũ lụt lưu vực sông Ba, độ dốc địa hình được phân thành các khu vực với các cấp độ dốc như sau [27]: Hầu như nằm ngang (độ dốc $< 3^\circ$); Nghiêng thoải (độ dốc từ $3^\circ - 8^\circ$); Dốc nghiêng (độ dốc từ $8^\circ - 15^\circ$); Dốc (độ dốc từ $15^\circ - 25^\circ$); Rất dốc (độ dốc $> 25^\circ$). Áp dụng cách phân cấp độ dốc theo 5 cấp tương ứng với 5 loại địa hình như nghiên cứu [27] thì khu vực có độ dốc thấp nhất được coi có nguy cơ lũ cao nhất và ngược lại, vùng có độ dốc cao nhất sẽ có nguy cơ lũ thấp nhất. Do đó, mức độ nguy cơ tăng dần từ rất thấp với vùng có độ dốc lớn nhất và tăng dần đến rất cao với vùng có độ dốc thấp nhất và điểm số tương ứng với mức độ ảnh hưởng sẽ thay đổi 1 đến 9 như Bảng 7.

*** Xây dựng bảng phân cấp thổ nhưỡng**

Với nguồn gốc hình thành khác nhau, khả năng thấm của các loại đất được chia thành các nhóm với cấp độ thấm khác nhau:

- Cấp 1 - Thấm rất nhiều: đất cát, cát pha, đất mùn, đất thịt nhẹ
- Cấp 2 - Thấm nhiều: đất thịt trung bình, sét pha cát
- Cấp 3 - Thấm trung bình: đất thịt nặng, đất sét mịn
- Cấp 4 - Thấm ít: đất sét và đất thịt nặng
- Cấp 5 - Thấm rất ít: đất xói mòn trơ sỏi đá [28]

Trong nghiên cứu này, dựa vào khả năng thấm của các loại đất, tiến hành phân cấp thổ nhưỡng theo mức độ tác động của nó đến nguy cơ lũ và đánh giá bằng điểm số tương ứng như trong bảng 7. Nguy cơ lũ sẽ tăng dần từ rất thấp, thấp, trung bình, cao, rất cao với điểm số tăng dần từ 1 đến 9 dựa vào khả năng thấm tương ứng của từng loại đất theo thứ tự rất cao, cao, trung bình, thấp, rất thấp.

*** Xây dựng bảng phân cấp lớp phủ**

Các đối tượng lớp phủ chính trong khu vực nghiên cứu bao gồm: rừng tự nhiên, rừng trồng, rừng tre nứa, đất ngập nước, đất trống, đất đồi trọc, đất trồng cây nông nghiệp, công nghiệp, nương rẫy, khu dân cư, mặt nước (ao, hồ, sông, suối...) [10]. Mức độ ảnh hưởng đến nguy cơ lũ càng cao khi khả năng giữ nước, bảo vệ đất của các loại hình sử dụng đất càng thấp. Dựa vào đặc điểm của các loại lớp phủ, loại rừng, khả năng giữ nước và bảo vệ đất của từng loại lớp phủ, tiến hành phân cấp các loại hình sử dụng đất trên lưu vực sông Ngân Sáu, Ngân Phố theo mức độ tác động đến nguy cơ xảy ra lũ từ rất thấp đến rất cao với điểm số tương ứng từ 1 đến 9 như bảng 7

*** Xây dựng bảng phân cấp mật độ lưới sông**

Với giá trị mật độ lưới sông khác nhau thì nguy cơ hình thành lũ tại các sông cũng sẽ khác nhau [10]. Mật độ lưới sông có vai trò lớn ảnh hưởng đến tập trung dòng chảy lũ trên lưu vực, tức là mật độ lưới sông càng cao càng làm tăng nguy cơ dòng chảy lũ tức là nguy cơ lũ càng có khả năng xảy ra nhiều. Bảng 7 phân cấp mật độ lưới sông theo mức độ nguy cơ lũ và điểm số tương ứng theo năm cấp, trong đó nơi nào có mật độ lưới sông dày thì gán mức độ nguy cơ cao tương ứng với điểm cao nhất và mật độ giảm dần thì khả năng nguy cơ lũ cũng giảm.

*** Xây dựng bảng phân cấp chiều dài sườn dốc tương đối**

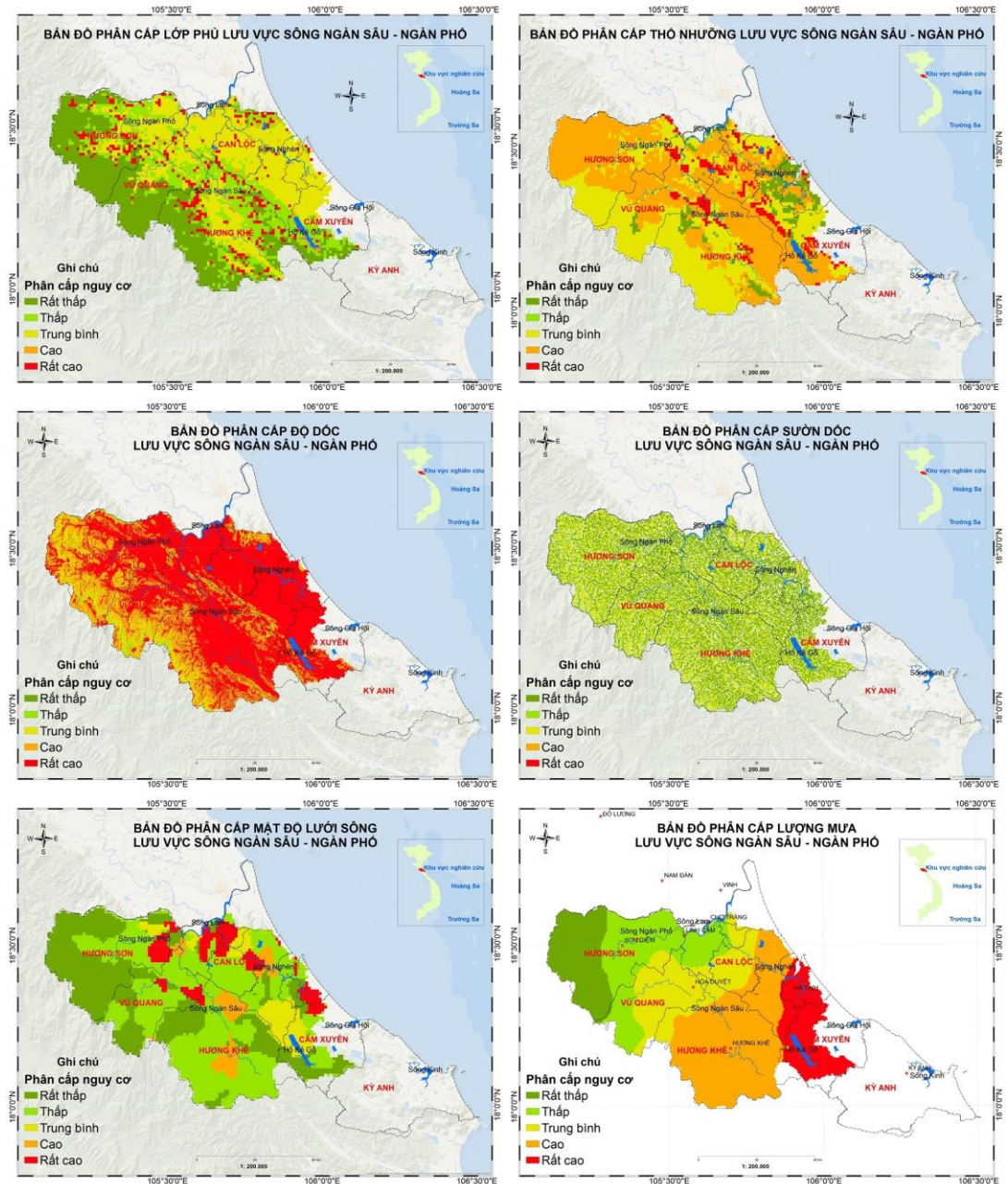
Chiều dài từ đường phân thủy đến đường tụ thủy là khác nhau cho mỗi sườn dốc. Vì vậy, bảng phân cấp chiều dài sườn dốc theo mức độ nguy cơ không chia theo chiều dài cụ thể của từng sườn mà tính theo phần trăm. Nếu coi chiều dài của một sườn dốc là 100% thì mức độ nguy cơ tại một vị trí sẽ tính theo khoảng cách từ đường phân thủy đến vị trí đó và được phân cấp như bảng 7. Theo đó, khoảng cách gần đường phân thủy nhất được gán mức độ nguy cơ thấp nhất tương ứng với điểm thấp nhất và mức độ nguy cơ sẽ tăng lên khi khoảng cách đó tăng.

Bảng 7. Bảng phân cấp các yếu tố ảnh hưởng đến nguy cơ lũ

Yếu tố	Trọng số	Phân cấp	Điểm	Mức độ nguy cơ
Lượng mưa	0,45	< 1200	1	Rất thấp
		1200 - 1600	3	Thấp
		1600 - 2000	5	Trung bình
		2000 - 2400	7	Cao
		> 2400	9	Rất cao
Độ dốc	0,255	> 25°	1	Rất thấp
		15° - 25°	3	Thấp
		8° - 15°	5	Trung bình
		3° - 8°	7	Cao
		< 3°	9	Rất cao
Thổ nhưỡng	0,068	C, Cc	1	Rất thấp
		A, Ha, Hq, Hs	3	Thấp
		Fk, Fp, Fv, Nt, B, Ba, Bq, Fa, Fj, Fq, P, Pb, Pf, Py, R, Rdv, Rk	5	Trung bình
		D, Fl, Fs, SM, Sj1Mi, Sj2Mi, M, Mi, Mm, Mn, Pg, Pj	7	Cao
		E, Nu	9	Rất cao
Lớp phủ	0,073	Rừng lá rộng thường xanh giàu, nghèo, trung bình	1	Rất thấp
		Rừng lá rộng thường xanh phục hồi, rừng tre nứa, rừng hỗn giao tre nứa, rừng trồng	3	Thấp
		Đất dân cư, đất khác	5	Trung bình
		Cây bụi, đất nông nghiệp, đất trống	7	Cao
		Đất mặt nước, đất ngập nước	9	Rất cao
Mật độ lưới sông	0,077	$D < 0,5$	1	Rất thấp
		$D = 0,5 - 1,0$	3	Thấp
		$D = 1,0 - 1,5$	5	Trung bình
		$D = 1,5 - 2,0$	7	Cao
		$D > 2,0$	9	Rất cao
Chiều dài sườn dốc tương đối	0,077	< 20%	1	Rất thấp
		20% - 40%	3	Thấp
		40% - 60%	5	Trung bình
		60% - 80%	7	Cao
		80% - 100%	9	Rất cao

2.3.3. Xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ lũ

Sử dụng 3D Analyst Tools của phần mềm ArcGIS để xây dựng bản đồ các yếu tố ảnh hưởng đến nguy cơ lũ, từ đó bản đồ phân cấp lượng mưa, độ dốc, chiều dài sườn dốc tương đối, mật độ lưới sông, lớp phủ và thổ nhưỡng (Hình 3) được thành lập bằng cách gộp các khu vực có cùng mức độ nguy cơ. Sau khi xây dựng được các bản đồ tiêu chí ảnh hưởng với tỉ lệ 1: 200.000, xác định trọng số các nhân tố ảnh hưởng đến lũ, tiến hành xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ lũ bằng phương pháp phân tích không gian trong môi trường GIS. Đó là sự tích hợp của các bản đồ thành phần dựa vào phương trình tổng quát tính điểm số nguy cơ theo điểm phân cấp của từng yếu tố và trọng số tương ứng của chúng cụ thể theo công thức (3).



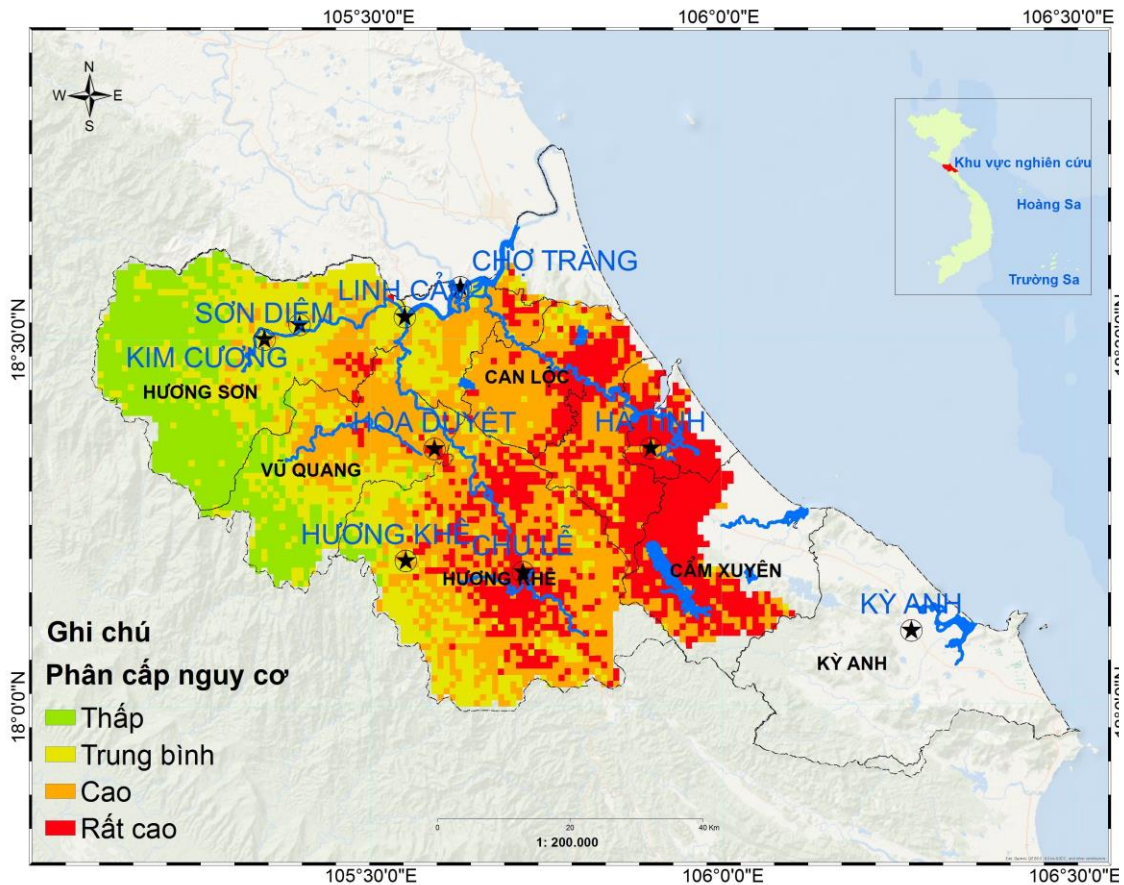
Hình 3. Bản đồ các yếu tố ảnh hưởng đến nguy cơ lũ

$$Y = 0,45 \times Bđ_{LM} + 0,255 \times Bđ_{Dd} + 0,077 \times Bđ_{Cdsdtd} + 0,077 \times Bđ_{MdlS} + 0,068 \times Bđ_{Tn} + 0,073 \times Bđ_{Tp} \quad (3)$$

trong đó: Bđ_Dd: giá trị của các vị trí trên bản đồ độ dốc, Bđ_Lm: giá trị của các vị trí trên bản đồ lượng mưa trung bình năm, Bđ_MdlS: giá trị của các vị trí trên bản đồ mật độ lưới sông, Bđ_Cdsdtd: giá trị của các vị trí trên bản đồ chiều dài sườn dốc tương đối, Bđ_Tn: giá trị của các vị trí trên bản đồ thổ nhưỡng, Bđ_Lp: giá trị của các vị trí trên bản đồ lớp phủ.

Kết quả xử lý tích hợp thu được là bản đồ giá trị số với mỗi pixel có một giá trị điểm số nguy cơ Y tương ứng. Do đó, để xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ lũ, cần phân chia các giá trị Y trên bản đồ giá trị số thành các cấp nguy cơ phù hợp. Điểm phân cấp của các yếu tố dựa vào việc thống kê, phân tích, đánh giá các tài liệu đã có đồng thời căn cứ vào sự phân hoá thực tế của mỗi yếu tố tạo thành nguy cơ lũ có thể thể hiện theo mức độ tăng dần đối với thang 3 cấp: thấp, trung bình, cao hoặc đối với thang 4 cấp: thấp, trung bình, cao, rất cao và đối với thang 5 cấp: rất thấp, thấp, trung bình, cao và rất cao.... Thông thường, điểm số nguy cơ có thể chia thành 5 cấp như sau [13]: Cấp 1: Từ 0 đến 1; Cấp 2: Từ 1,1 đến 3; Cấp 3: Từ 3,1 đến 5; Cấp 4: Từ 5,1 đến 7; Cấp 5: Từ 7,1 đến 9.

Kết quả tính toán cho thấy giá trị nguy cơ trong khoảng từ 1,3 đến 8,4 nên điểm số có thể chia ra làm 4 cấp nguy cơ. Bản đồ phân vùng nguy cơ lũ khu vực nghiên cứu thể hiện trên hình 4 với 4 cấp độ nguy cơ.



Hình 4. Bản đồ phân vùng nguy cơ lũ khu vực nghiên cứu

2.3.4. Đánh giá mức độ ảnh hưởng

Để xác định được mức độ nguy cơ lũ và diện tích tương ứng của khu vực cụ thể, tiến hành chồng bản đồ phân vùng nguy cơ với bản đồ địa giới hành chính của khu vực. Từ đó tính được diện tích từng vùng nguy cơ tương ứng với các cấp như Bảng 6 đồng thời có thể thấy rõ mức độ nguy cơ của các khu vực cụ thể như sau:

Cấp 1: nguy cơ thấp có giá trị chỉ số phân vùng nguy cơ lũ phân bố trong khoảng 1,3 đến 3,0, nằm rải rác ở một số nơi thuộc phía Tây của khu vực nghiên cứu. Cấp này có diện tích 68746,951 ha (chiếm 16,33 % trên tổng lưu vực).

Cấp 2: nguy cơ trung bình có giá trị chỉ số phân vùng nguy cơ lũ phân bố trong khoảng 3,1 – 5,0, tập trung rải rác ở toàn lưu vực nhưng tập chung chủ yếu ở phía Tây Bắc và Tây Nam. Cấp này có diện tích 103017,182 ha (chiếm 24,47 % trên tổng lưu vực).

Cấp 3: nguy cơ cao có giá trị chỉ số phân vùng nguy cơ lũ phân bố trong khoảng 5,1 – 7,0 chủ yếu tập trung ở một số xã thuộc huyện Can Lộc, Vũ Quang. Cấp này có diện tích 151823,309 ha (chiếm 36,06 % tổng diện tích lưu vực).

Cấp 4: nguy cơ rất cao có giá trị chỉ số phân vùng nguy cơ lũ phân bố lớn hơn 7,1 tập trung ở các huyện Cẩm Xuyên và một số khu vực thuộc huyện Can Lộc và Hương Khê. Cấp này có diện tích 97419,429 ha (chiếm 23,14 % tổng diện tích lưu vực).

Bảng 8. Cấp nguy cơ và diện tích khu vực có nguy cơ lũ

Cấp nguy cơ	Giá trị	Phân cấp	Diện tích (ha)	%
1	< 3	Thấp	68746,951	16,33 %
2	3,1 – 5	Trung bình	103017,182	24,47 %
3	5,1 – 7	Cao	151823,309	36,06 %
4	> 7,0	Rất cao	97419,429	23,14 %
Tổng diện tích			421006,872	100,00%

Kết quả thu được cho thấy nguy cơ lũ cao và rất cao có thể xảy ra ở vùng thượng nguồn sông Ngân Phố và khu vực thượng nguồn sông Ngân Sâu, giới hạn kéo dài đến trạm thủy văn Chu Lễ, Hương Khê, Hà Tĩnh. Kết quả nghiên cứu có thể kiểm chứng dựa vào cấp báo động lũ tại các trạm thủy văn trên sông thuộc khu vực nghiên cứu với trận lũ điển hình ngày 16-18/10/2010 và ngày 15 - 16/10/ 2013 (Bảng 9). Ba cấp báo động lũ có thể đánh giá tương ứng với cấp nguy cơ trong nghiên cứu tương ứng như sau:

Trên báo động 3: nguy cơ lũ rất cao

Trên báo động 2: nguy cơ lũ cao

Trên báo động 1: nguy cơ lũ trung bình

Dưới báo động 1: nguy cơ lũ thấp

Ngoài ra, theo số liệu điều tra của ban chỉ huy phòng chống lụt, bão tỉnh Hà Tĩnh, khu vực trạm Chu Lễ luôn có nguy cơ xảy ra lũ cao và rất cao đồng thời phù hợp với mức trên báo động 3 của nhiều đợt lũ như: trận lũ 29/9 - 2/10/2009 - Trên báo động 3 (3,06 m); trận lũ ngày 4/10/2010 – Trên báo động 3 (1,52 m); trận lũ ngày 26/9/2013 - Trên mức báo động 3 (0,3 m); trận lũ ngày 29/10 - 4/11/ 2016 - Trên báo động 3 (0,21 m) và trận lũ 17/10/2020 - Dưới báo động 3 (0,4 m). Kết quả này làm tăng thêm độ tin cậy của phương pháp nghiên cứu và AHP là phương pháp có hiệu quả sử dụng trong đánh giá và lựa chọn các tiêu chí phục vụ phân vùng nguy cơ lũ. Phương pháp này có thể áp dụng rộng rãi hơn trên các lưu vực sông khác với các yếu tố ảnh hưởng đến nguy cơ lũ ngoài sáu tiêu chí mà nghiên cứu đã đề cập.

Bảng 9. Cấp báo động và cấp nguy cơ lũ

Tên sông	Trạm thủy văn	Trận lũ ngày 16 - 18/10/2010			Trận lũ ngày 15 - 16/10/2013		
		Mức nước (m)	Cấp báo động	Cấp nguy cơ	Mức nước (m)	Cấp báo động	Cấp nguy cơ
Ngàn Phố	Sơn Diệm	13,00	Trên báo động 3 (0,78 m)	Rất cao	14,62	Trên báo động 3 (1,62 m)	Rất cao
Ngàn Sâu	Hòa Duyệt	12,37	Trên báo động 3 (1,87 m)	Rất cao	11,26	Trên báo động 3 (0,76 m)	Rất cao
Ngàn Sâu	Chu Lễ	16,56	Trên báo động 3 (3,06 m)	Rất cao	14,42	Trên báo động 3 (0,92 m)	Rất cao

3. Kết luận

Nghiên cứu đã phân vùng nguy cơ lũ trên lưu vực sông Ngàn Sâu, Ngàn Phố bằng phương pháp AHP và công nghệ GIS với bốn cấp độ nguy cơ. Kết quả cho thấy khu vực có khả năng xảy ra lũ cao và rất cao chiếm phần lớn trong lưu vực (gần 70%) và tập trung chủ yếu ở huyện Kỳ Anh, Cẩm Xuyên, Hương Khê và Can Lộc. Kết quả đã được kiểm chứng với một số trận lũ điển hình trong lưu vực cho thấy sự tương đồng đáng kể giữa thực tế và kết quả nghiên cứu, do đó AHP có thể được coi là phương pháp có hiệu quả trong đánh giá và lựa chọn các tiêu chí phục vụ phân vùng nguy cơ lũ. Vì vậy, phương pháp này có thể áp dụng rộng rãi hơn trên các lưu vực sông khác với các yếu tố ảnh hưởng đến nguy cơ lũ ngoài các tiêu chí mà nghiên cứu đã đề cập.

Từ bản đồ phân vùng nguy cơ lũ khu vực nghiên cứu, có thể thấy khu vực có nguy cơ và mức độ nguy cơ xảy ra tương ứng. Đây là một trong số các tài liệu hữu ích cho việc dự báo, phòng tránh và giảm thiểu thiệt hại do lũ gây ra cũng như hạn chế sự tàn phá môi trường sinh thái trong tương lai. Để nâng cao độ chính xác nên thường xuyên cập nhật dữ liệu về các yếu tố ảnh hưởng đến lũ để có được bản đồ nguy cơ lũ với dữ liệu mới nhất, từ đó sẽ có được thông tin về nguy cơ lũ một cách nhanh chóng và chính xác và phù hợp cho từng khu vực và từng thời điểm cụ thể. Nghiên cứu tiếp theo sẽ sử dụng kết quả của nghiên cứu này để đánh giá thiệt hại do lũ gây ra về dân cư, đất nông nghiệp, giao thông của khu vực nghiên cứu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] <http://baochinhphu.vn/Utilities/PrintView.aspx?distributionid=66117>.
- [2] <https://hatinh.gov.vn/vi/tin-tuc-su-kien/tin-bai/8433>.
- [3] Islam M.D., Sado K., 2000. Satellite Remote Sensing Data Analysis for Flood Damaged Zoning with GIS for Flood Management. *Annual Journal of Hydraulic Engineering*, JSCE, Vol. 44, pp. 301-306.
- [4] Uddin K., Gurung D.R., Giriraj A., Shrestha B., 2012. Application of Remote Sensing and GIS for Flood Hazard Management: A Case Study from Sindh Province, Pakistan. *American Journal of Geographic Information System*, Vol. 2, No. 1, pp. 1-5.
- [5] Riadi B., Barus B., Widiatmaka .M, Yanuar J.P., Pramudya B., 2018. *Identification and delineation of areas flood hazard using high accuracy of DEM data*. Conference Series: Earth and Environmental Science.

- [6] Nyarko B.K., 2000. Flood risk zoning of Ghana: Accra experience. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. XXXIII, Part B7, pp. 1039-1050.
- [7] Shahiriparsa A., Vuatalevu N.Q., 2013. *Introduction to floodplain zoning simulation models through dimensional approach*. International Conference on Advances in Structural, Civil and Environmental Engineering - SCEE2013, Kuala Lumpur, Malaysia, pp. 20-23.
- [8] Saaty T.L., 1987. *The Analytic Hierarchy Process - What it is and how it is used*. Mathematical modelling, Elsevier, Vol. 9.
- [9] Tehrany M.S., Pradhan B., Jebur M.N., 2013. Spatial prediction of flood susceptible areas using rule based decision tree (DT) and a novel ensemble bivariate and multivariate statistical models in GIS. *Journal of Hydrology*, Vol. 504, pp. 69 -79.
- [10] Trần Duy Kiều, 2015. *Nghiên cứu nhận dạng lũ lớn, phân vùng nguy cơ lũ lớn và xây dựng bản đồ ngập lụt phục vụ cảnh báo lũ lớn trên lưu vực sông Lam*. Đề tài cấp Bộ Tài nguyên và Môi trường.
- [11] Das S., 2018. Geographic information system and AHP-based flood hazard zonation of Vaitarna basin, Maharashtra, India. *Arabian Journal of Geosciences*, Vol. 11, No. 19, pp. 1-13.
- [12] Lê Hoàng Tú, Nguyễn Thị Hồng, Nguyễn Duy Liêm, Nguyễn Kim Lợi, 2013. Phân vùng nguy cơ lũ lụt tại lưu vực sông Vu Gia, tỉnh Quảng Nam bằng ứng dụng công nghệ GIS và thuật toán AHP. *Tạp chí Khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội*, các Khoa học Trái đất và Môi trường, Vol. 3, Số 29, tr. 64-72.
- [13] Trần Thị Phượng, Phan Thị Minh, Nguyễn Bích Ngọc, 2015. Ứng dụng GIS và AHP xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ lũ lụt lưu vực sông Hương, tỉnh Thừa Thiên Huế. *Tạp chí Khoa học, Đại học Huế*, Vol. 112, Số 13.
- [14] Ghezelsofloo A.A. and Hajibigloo M., 2020. Application of Flood Hazard Potential Zoning by using AHP Algorithm. *Civil Engineering Research Journal*, Vol. 9, No. 5, pp. 00150-00159.
- [15] Seejata K., Yodying A., Wongthadam T., Mahavik N., Tantane S., 2018. Assessment of flood hazard areas using Analytical Hierarchy Process over the Lower Yom Basin, Sukhothai Province. *Procedia Engineering*, Vol. 212, pp. 340-347.
- [16] Hammami S., Zouhri L., Souissi D., Souei A. Zghibi A. Meougui A., Dlala M., 2020. Application of the GIS based multi-criteria decision analysis and analytical hierarchy process (AHP) in the flood susceptibility mapping (Tunisia). *Arabian Journal of Geosciences*, Vol. 12, No. 21.
- [17] Paweł Cabala, 2010. *Using the analytic hierarchy process in evaluating decision alternative*, Operations Research and Decisions, Vol. 20, No. 1, pp. 5-23.
- [18] Chinh L. *et al.*, 2020. Framework of Spatial Flood Risk Assessment for a Case Study in Quang Binh Province, Vietnam. *Sustainability*, Vol. 12, No. 7, pp. 1-17.
- [19] Kishor D. and Gopal K.P., 2017. Flood vulnerability analysis and risk assessment using analytical hierarchy process. *Modeling Earth Systems and Environment*, Vol. 3, pp. 1627-1646.
- [20] https://vi.wikipedia.org/wiki/Sông_Ngàn_Sâu.
- [21] Nguyễn Lập Dân, Vũ Thị Thu Lan, Hoàng Thanh Sơn. 2007. Đánh giá hiện trạng các tai biến tự nhiên (lũ lụt, lũ quét, hạn kiệt, xói lở bờ sông) lưu vực sông Thu Bồn - Vu Gia. *Tạp chí Khoa học, Trường Đại học Sư phạm Hà Nội*, Vol. 52, Số 1.
- [22] Saaty T.L., 1980. *The Analytic Hierarchy Process*. McGrawHill, New York.
- [23] Saaty T.L., 2008. Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal Services Sciences*, Volume 1, No. 1, pp. 83-98.
- [24] Iswandi U., Widiatmaka, Bambang P. Baba B., 2016. Delineation of Flood Hazard Zones by Using a Multi Criteria Evaluation Approach in Padang West Sumatera Indonesia. *Journal of Environment and Earth Science*, Vol. 6, No. 3.

- [25] Kamonchat S., Aphittha Y., Tubtim W., Nattapon M., Sarintip T., 2017. Assessment of flood hazard areas using Analytical Hierarchy Process over the Lower Yom Basin, Sukhothai Province. *Procedia Engineering*, Vol. 212, pp. 340-347.
- [26] Samanta R.K, Bhunia G.S, Shit P.K, Pourghasemi H.R., 2018. Flood susceptibility mapping using geospatial frequency ratio technique: a case study of Subarnarekha River Basin, India. *Modeling Earth Systems and Environment*, Vol. 4, pp. 395-408.
- [27] Nguyễn Văn Cư, 2003. *Nghiên cứu luận cứ khoa học cho các giải pháp phòng tránh, hạn chế hậu quả lũ lụt lưu vực sông Ba*. Đề tài cấp Nhà nước.
- [28] Hà Quyết Nghị, Đào Văn Khương, Nguyễn Mạnh Linh, 2013. Ứng dụng công nghệ GIS xây dựng bản đồ cảnh báo lũ quét và sạt lở đất trên địa bàn tỉnh Sơn La. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi*, Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam.

ABSTRACT

Flood hazard zoning in Ngan Sau, Ngan Pho river basin, Ha Tinh province using GIS and analytical hierarchical process

Dang Tuyet Minh

Faculty of Water Resources Engineering, Thuyloi University

This paper introduces the AHP method integrated with GIS technology to provide information for flood hazard analysis in the Ngan Sau and Ngan Pho river basins. The factors influencing the occurrence of floods in a study area include slope, rainfall, drainage density, soil, relative slope length, and land cover. These data are used for establishing a flood hazard zone map in a GIS environment. The obtained results indicate that the two main causes of flooding are rainfall and slope with weights of 45% and 25.5%, respectively. The resultant map has shown about 82.78% of the total catchment area is having a high and very high probability of flood and areas under high flood hazard only covers 17.22% of the study area. The validation of the flood hazard zone map was conducted based on flood events in the field. The results showed that the AHP technique and GIS are reliable methods for the assessment of the flood hazard potential, specifically in sparse-data regions.

Keywords: Flood hazard zoning, AHP, Analytic Hierarchy Process, Ngan Sau, Ngan Pho river basin.