

ỨNG DỤNG THUẬT TOÁN PHÂN TÍCH THỨ BẬC (AHP) PHÂN LOẠI TIÊU CHÍ ẢNH HƯỞNG ĐẾN LŨ PHỤC VỤ PHÂN VÙNG NGUY CƠ LŨ TRÊN LƯU VỰC SÔNG LAM

Đặng Tuyết Minh¹, Vũ Anh Tuấn²

¹Trường Đại học Thủy Lợi

²Trung tâm Vũ trụ Việt Nam, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

Tóm tắt

Phân loại mức độ tác động của các tiêu chí đến nguy cơ lũ lụt là yêu cầu cần thiết trong phân vùng nguy cơ lũ bằng phương pháp tích hợp thuật toán AHP và công nghệ GIS. Nội dung bài báo trình bày phương pháp ứng dụng quá trình phân tích thứ bậc (AHP) trong phân tích, đánh giá và lựa chọn mức độ ảnh hưởng của các tiêu chí đến nguy cơ lũ trên lưu vực sông Lam. So với các phương pháp khác, ưu điểm nổi bật của AHP là giải bài toán đa tiêu chí mang tính chất định tính cũng như định lượng với kết quả chính xác và có độ tin cậy cao. Kết quả bài báo là trọng số ảnh hưởng của các tiêu chí, trọng số càng lớn thì mức độ ảnh hưởng đến nguy cơ lũ càng nhiều.

Từ khoá: Thuật toán AHP; Nguy cơ lũ; Lưu vực sông Lam.

Abstract

Applying the Analytic Hierarchy Process (AHP) algorithm to classify various criteria effecting flood risk on Lam River Basin

Classifying the effect level of different criteria on flood risk is a requirement in using AHP algorithm and GIS for flood zoning. This paper presents the application of using AHP algorithm in analyzing, evaluating, and selecting the level of effect of various criteria on flood risk on Lam River Basin. In comparison with other methodologies, an obvious advantage of AHP is the ability to solve multi-variable qualitative and quantitative problems with precise and trustworthy results. The research results are the weightages of different criteria. The higher the weightage is, the higher the effect of that criterion has on flood risk.

Key words: AHP algorithm; Flood risk; Lam River Basin.

1. Mở đầu

Các nhân tố góp phần hình thành nguy cơ lũ bao gồm cả về tự nhiên, kinh tế - xã hội và cơ sở hạ tầng. Tuy nhiên, vấn đề đặt ra yếu tố nào ảnh hưởng lớn nhất đến nguy cơ lũ cần được xem xét trong khu vực nghiên cứu và làm thế nào để định lượng các yếu tố này [3]. Một trong những cách tiếp cận đánh giá đa tiêu chí (MCE) được ứng dụng rộng rãi là phương pháp phân tích thứ bậc (Analytic Hierarchy Process - AHP) được phát triển bởi Saaty (1970)[5]. Việc sử dụng thuật toán AHP để tính trọng số của từng tiêu chí là một công đoạn chính trong qui

trình thành lập bản đồ phân vùng nguy cơ lũ. Phương pháp này phù hợp với mục đích phân tích một số lượng lớn các yếu tố khác nhau ảnh hưởng đến phân vùng nguy cơ lũ, đồng thời 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 [4]. Bài báo trình bày kết quả phân loại thứ tự ưu tiên các yếu tố ảnh hưởng đến nguy cơ lũ trên lưu vực sông Lam bằng thuật toán phân tích thứ bậc AHP. Phương pháp phân tích thứ bậc AHP đã được các nhà khoa học trong nước quan tâm những năm gần đây.

Nghiên cứu

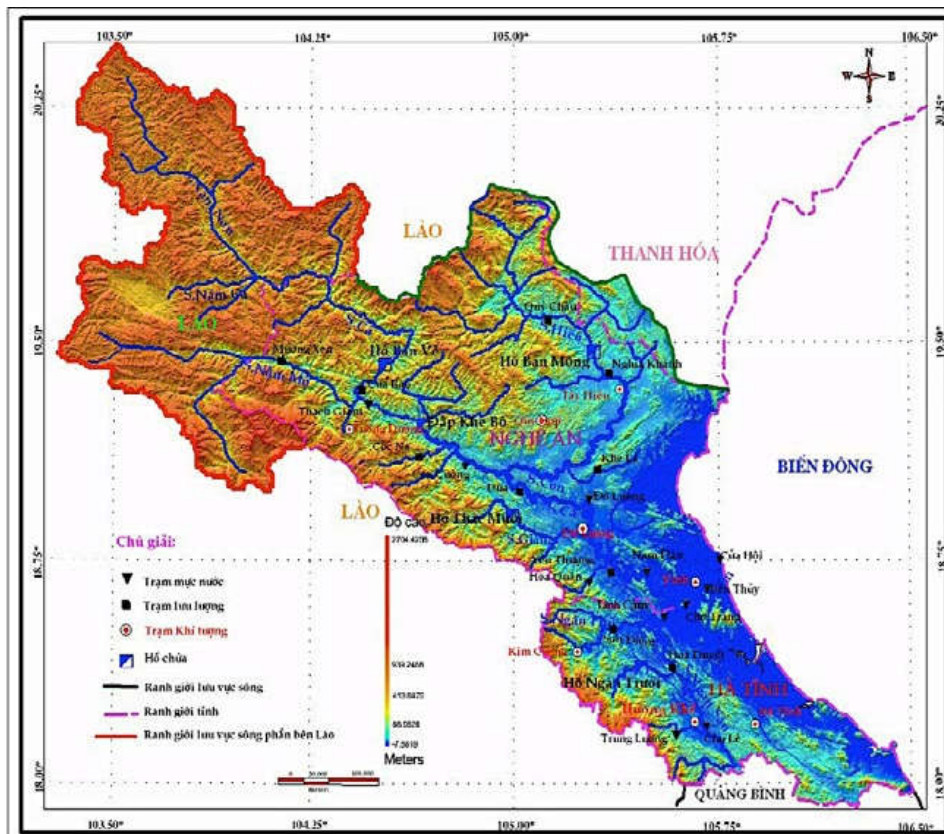
Hai nghiên cứu điển hình theo phương pháp này được thực hiện ở lưu vực sông Hương [2] và lưu vực sông Vu Gia [3]. Cả hai đề tài đều chọn tham số tính toán mô hình là các nguyên nhân gây lũ điển hình như: lượng mưa, độ dốc, mật độ mạng lưới sông ngòi, loại đất. Tuy nhiên, việc chọn các tiêu chí để thực hiện mô hình phụ thuộc vào tình hình địa lý và khả năng thu thập tài liệu.

2. Cơ sở thực tiễn sử dụng AHP trong phân vùng nguy cơ lũ trên lưu vực sông Lam

2.1. Khu vực nghiên cứu

Hệ thống lưu vực sông Lam nằm ở vị trí tọa độ địa lý từ 103014' - 106010'

kinh độ Đông và 17050' - 20050' vĩ độ Bắc, kéo dài khoảng 350 km theo hướng Tây Bắc - Đông Nam; phía Bắc tiếp giáp với hệ thống sông Mã, phía Tây giáp hệ thống sông Mê Kông, phía Nam giáp lưu vực sông Gianh và phía Đông giáp vịnh Bắc Bộ. Địa hình lưu vực sông Lam với ba vùng: núi cao, trung du và đồng bằng, hướng dốc chính theo hướng Tây Bắc - Đông Nam, từ dãy Trường Sơn có độ cao trên 2.000 m với địa hình dốc, hiểm trở và chia cắt mạnh đến vùng đồng bằng cửa sông có độ cao vài mét [1].

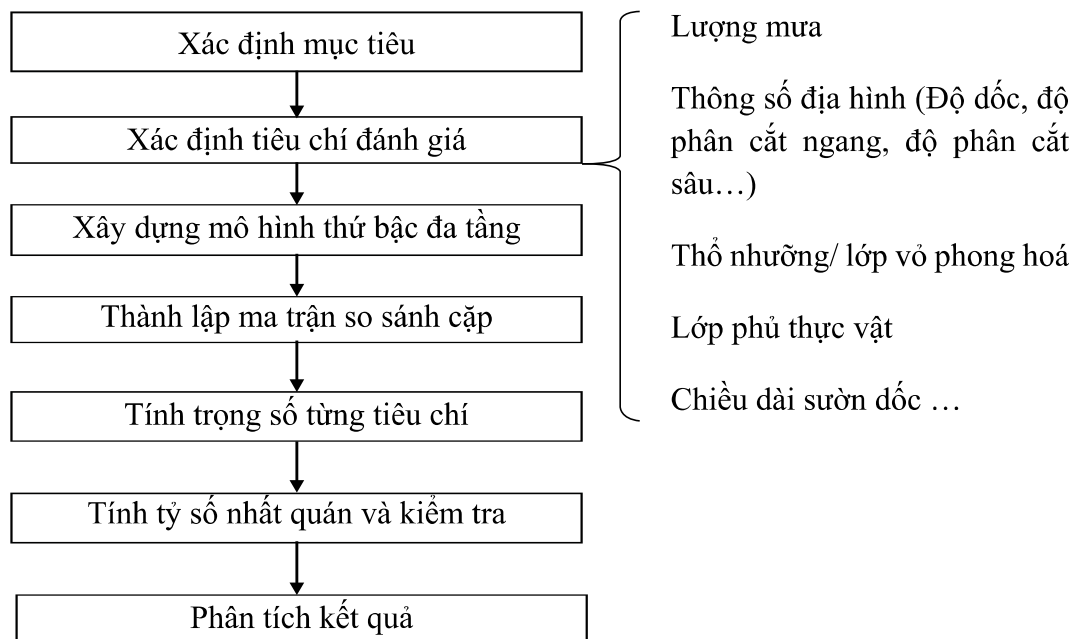


Hình 1: Bản đồ vị trí lưu vực sông Lam (phần lãnh thổ Việt Nam)

Vùng đồng bằng chỉ chiếm từ 14 ÷ 19% so với tổng diện tích, chiều dài sông lại ngắn nên độ dốc các sông rất lớn, vùng đồi núi trung du là vùng chuyển tiếp rất hẹp, địa hình dốc và chia cắt nhiều, vì vậy khi mưa lớn, lũ tập trung nhanh, khả năng

điều tiết lũ kém dẫn đến nước lũ dồn về hạ lưu nhanh và dữ dội. Mặt đất chứa nhiều loại đất ít có khả năng thấm nước, do đó làm gia tăng thời gian tập trung nước [1]. Như vậy, với số lượng lớn và đa dạng các tham số ảnh hưởng đến nguy cơ lũ, bài

báo sử dụng thuật toán AHP để phân loại các tiêu chí ảnh hưởng đến lũ theo thứ tự. Sơ đồ khối các giai đoạn xử lý AHP ứng dụng trong phân vùng nguy cơ lũ được thể hiện trong hình 2. Dưới đây sẽ trình bày cụ thể từng bước trong quá trình thực hiện bài toán AHP.



Hình 2: Sơ đồ khối các giai đoạn xử lý AHP trong bài toán phân vùng nguy cơ lũ

Thực tế, các yếu tố ảnh hưởng được xác định thông qua nguyên nhân gây ra lũ lụt. Cần nghiên cứu nguyên nhân, đặc điểm, cơ chế hình thành, điều kiện địa lý, tự nhiên, kinh tế xã hội và đưa ra các yếu tố chính có ảnh hưởng, liên quan đến lũ. Nguyên nhân chủ yếu gây ra lũ có thể chia theo các yếu tố chính như: tự nhiên, xã hội, kinh tế và cơ sở hạ tầng, bao gồm:

Nhóm 1: yếu tố tự nhiên, bao gồm độ dốc, thực phủ, mạng lưới thủy văn, lượng mưa, thổ nhưỡng, độ sâu mực nước ngầm, chiều dài sườn dốc tương đối,...

Nhóm 2: yếu tố về kinh tế, xã hội bao gồm sử dụng đất, phân bố dân cư,...

Nhóm 3: yếu tố về cơ sở hạ tầng, bao gồm công trình phòng chống lũ, khoảng cách từ nơi lũ lụt đến kênh thoát nước chính,...

Dựa vào đặc điểm tự nhiên, kinh tế, xã hội của lưu vực sông Lam [1], các yếu

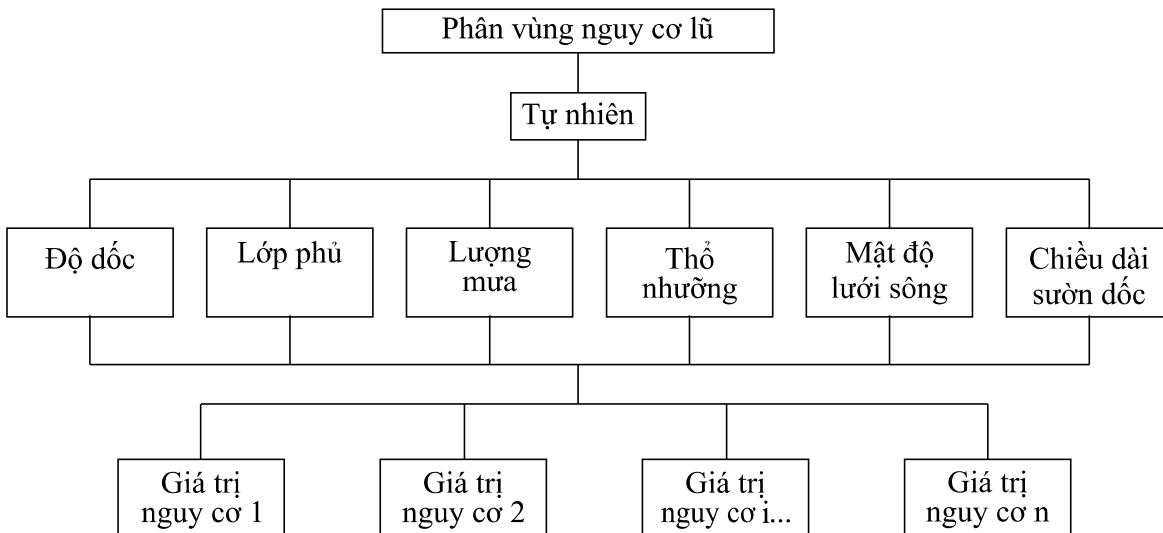
2.2. Xác định mục tiêu

Đây là bước đầu tiên khi thực hiện phương pháp AHP trong phân vùng nguy cơ lũ, các tham số sẽ không giống nhau với khu vực nghiên cứu khác nhau do sự đa dạng của các nhân tố ảnh hưởng tới lũ.

tố có ảnh hưởng đến phân vùng nguy cơ lũ nằm trong nhóm các yếu tố tự nhiên được chọn cho nghiên cứu bao gồm: lượng mưa, độ dốc, mật độ lưới sông, thổ nhưỡng, lớp phủ, chiều dài sườn dốc tương đối.

2.3. Xây dựng mô hình thứ bậc đa tầng

Sau khi xác định được các nhân tố ảnh hưởng đến lũ, 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. Thông thường, mô hình thứ bậc đa tầng cho phân vùng lũ nên để 4 cấp như hình 3, trong đó cấp 1 thể hiện mục tiêu phân vùng nguy cơ lũ, cấp 2 thể hiện các tiêu chí chính bao gồm: tự nhiên, kinh tế - xã hội và cơ sở hạ tầng, cấp 3 thể hiện các tiêu chí thành phần để chi tiết hoá các tiêu chí chính như: địa hình, thực phủ, lượng mưa, sử dụng đất, ... và cấp cuối cùng thể hiện các giá trị nguy cơ.



Hình 3: Cấu trúc thứ bậc đa tầng trong phân vùng nguy cơ lũ

Trong bài báo này, do các tiêu chí đánh giá được chọn là các yếu tố tự nhiên nên tiêu chí chính của cấp 2 trong mô hình thứ bậc đa tầng sẽ là tự nhiên. Sau khi thứ bậc của các tiêu chí được thiết lập, công việc tiếp theo là tiến hành so sánh theo cặp giữa các tiêu chí đó và xây dựng ma trận trọng số.

2.4. Thành lập ma trận so sánh theo cặp

Các yếu tố thành phần ảnh hưởng đến lũ có vai trò và tầm quan trọng khác nhau nên việc đánh giá đúng sự khác nhau đó và lựa chọn tiêu chí quan trọng nhất là cần thiết. Sự hình thành lũ có liên quan mật thiết đến lượng mưa, điều kiện khí hậu, đặc điểm địa hình, điều kiện thoát lũ, cơ sở hạ tầng, mật độ dân cư cũng như các hoạt động của con người,... Các khu vực nghiên cứu với đặc điểm tự nhiên, kinh tế, xã hội khác nhau có thể chọn được các yếu tố ảnh hưởng trực tiếp đến nguy cơ lũ khác nhau với mức độ ảnh hưởng không đồng đều nhau. Ngoài ra, cùng một tiêu chí ảnh hưởng nhưng không cùng một khu vực địa lý thì mức độ tác động cũng có thể khác nhau.

Hệ số của ma trận so sánh được tính từ điểm so sánh cặp của các tiêu chí ảnh hưởng, các giá trị chỉ số và các loại

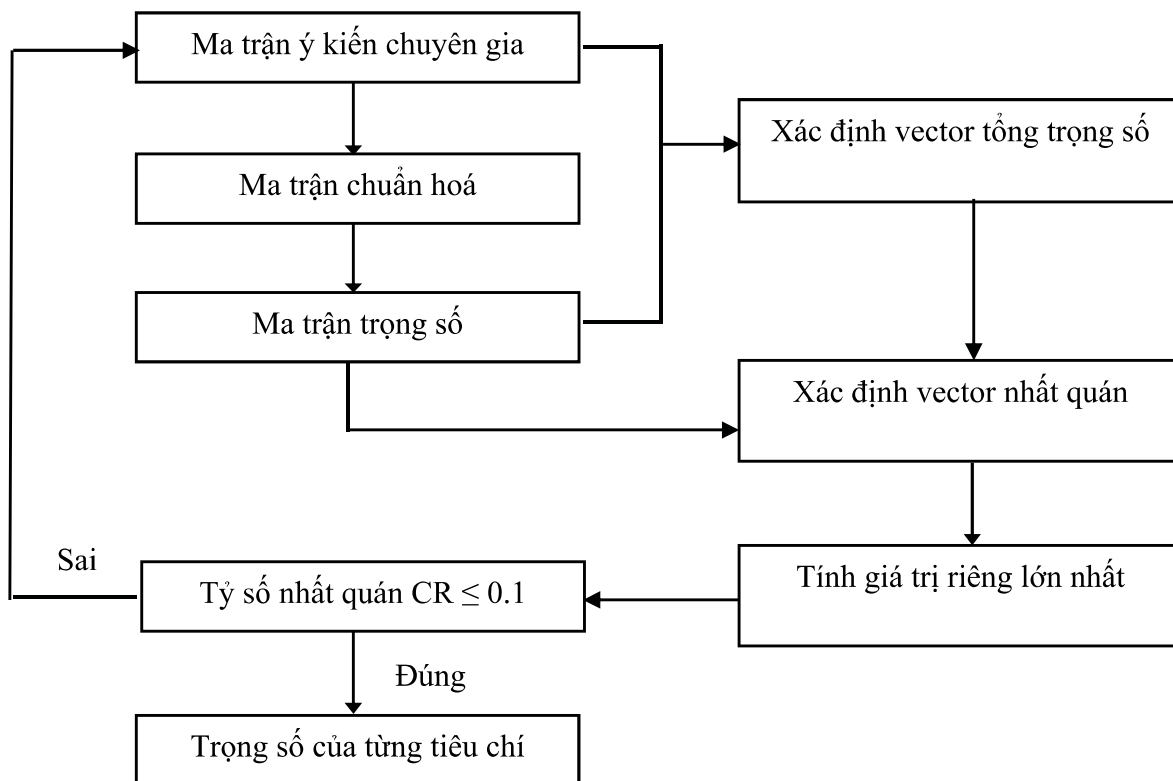
chỉ tiêu thông qua phiếu điều tra lấy ý kiến của chuyên gia và chính quyền địa phương đại diện các lĩnh vực như môi trường, tài nguyên nước, xã hội học.

2.5. Tính trọng số từng tiêu chí và chỉ số nhất quán

Để tính các trọng số liên quan đến các thành phần có thể áp dụng phương pháp vecto riêng hoặc phương pháp chuẩn hoá ma trận. Nếu trọng số của yếu tố nào càng lớn thì yếu tố đó sẽ ảnh hưởng đến nguy cơ xảy ra lũ nhiều nhất. Ma trận chuẩn hoá và bộ trọng số của các yếu tố có thể tính toán và đưa vào bảng. Mức độ chính xác của việc đánh giá và các yếu tố được ưu tiên sẽ cần được kiểm tra tính nhất quán bằng cách tính tỷ số nhất quán.

2.6. Kiểm tra tỷ số nhất quán

Để đánh giá tính hợp lý của các giá trị mức độ quan trọng của các chỉ tiêu, theo Saaty, T.L. sử dụng tỷ số nhất quán (CR) của dữ liệu. Tỷ số này so sánh mức độ nhất quán với tính khách quan (ngẫu nhiên) của dữ liệu. Quá trình kiểm tra tỷ số nhất quán khi thực hiện bài toán AHP trong phân vùng lũ được đánh giá là chính xác, nhất quán nếu giá trị CR nhỏ hơn hoặc bằng 0.1 [5, 6]. Ngược lại, thực hiện các bước như sơ đồ thuật toán nêu trong hình 4.



Hình 4: Sơ đồ thuật toán tính trọng số của từng tiêu chí theo phương pháp chuẩn hoá ma trận

3. Kết quả và thảo luận

Các tác nhân ảnh hưởng đến lũ có vai trò và tầm quan trọng khác nhau, vì thế đánh giá một cách định lượng các nhân tố ảnh hưởng là vấn đề cần thiết. Có thể đánh giá thông qua việc xác định trọng số, dựa vào thống kê kết quả phân tích thành phần kiến trúc các yếu tố hoặc dựa vào kiến thức của các chuyên gia. Tác giả đã tiến hành xin ý kiến của các

chuyên gia Thủy văn, Tài nguyên nước, Địa chất, Đất, Môi trường và Địa tin học ở các trường Đại học, các cơ quan chuyên ngành về Khí tượng Thủy văn, các Viện nghiên cứu về lĩnh vực có liên quan bằng phiếu câu hỏi online đánh giá mức độ ảnh hưởng của các tiêu chí nêu trên đến nguy cơ lũ bằng tiếng Việt và tiếng Anh. Nội dung của phiếu này tập trung vào hai vấn đề:

Bảng 1. 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
1	Lượng mưa và thổ nhưỡng	7
2	Lượng mưa và độ dốc	3
3	Lượng mưa và lớp phủ	7
4	Lượng mưa và mật độ lưới sông	5
5	Lượng mưa và chiều dài sườn dốc	5
6	Thổ nhưỡng và độ dốc	-5
7	Thổ nhưỡng và lớp phủ	1
8	Thổ nhưỡng và mật độ lưới sông	1
9	Thổ nhưỡng và chiều dài sườn dốc	-3

Nghiên cứu

10	Độ dốc và lớp phủ	5
11	Độ dốc và mật độ lưới sông	3
12	Độ dốc và chiều dài sườn dốc	1
13	Lớp phủ và mật độ lưới sông	1
14	Lớp phủ và chiều dài sườn dốc	-3
15	Mật độ lưới sông và chiều dài sườn dốc	-3

- Xếp hạng mức độ ưu tiên của 6 yếu tố ảnh hưởng đến nguy cơ lũ bao gồm: độ dốc, thổ nhưỡng, thực phủ, lượng mưa, mật độ lưới sông và chiều dài sườn dốc tương đối.

- Đánh giá và cho điểm đối với từng cặp yếu tố theo thang đánh giá của Saaty.T.

Để có kết quả đánh giá khách quan, tác giả đã tiến hành xin ý kiến của 50 chuyên gia trong nước và nước ngoài. Dựa vào phiếu trả lời của các chuyên gia, nhà khoa học, bài báo tổng hợp kết quả và tính toán mức độ ưu tiên của

từng cặp yếu tố bằng phương pháp trung bình cộng (bảng 1). 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. Từ kết quả so sánh mức độ ảnh hưởng ở bảng 1, ma trận so sánh cặp được xây dựng để tính trọng số phù hợp, phản ánh vai trò của các nhân tố ảnh hưởng đến nguy cơ lũ lụt trên cơ sở điểm của 6 yếu tố nêu trên bằng phương pháp phân tích so sánh cặp của Saaty (Saaty's Analytical Hierarchy Process - AHP) (bảng 2).

Bảng 2. 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	7	5	5
Thổ nhưỡng	1/7	1	1/5	1	1	1/3
Độ dốc	1/3	5	1	5	3	1
Lớp phủ	1/7	1	1/5	1	1	1/3
Mật độ lưới sông	1/5	1	1/3	1	1	1/3
Chiều dài sườn dốc tương đối	1/5	3	1	3	3	1
Tổng cột	2.019	18.000	5.733	18.000	14.000	7.999

Để tính toán trọng số từng tiêu chí có thể sử dụng 2 phương pháp: phương pháp vector riêng và phương pháp chuẩn hoá ma trận. Nghiên cứu này áp dụng phương pháp chuẩn hoá ma trận so sánh cặp để xây dựng trọng số các nhân tố ảnh hưởng đến lũ lụt. Trọng số xác định bằng cách tính tỷ lệ của các thành phần theo hàng và cột. Giá trị này cho thấy

các nhân tố chiếm tỷ lệ bao nhiêu phần trăm trong tổng các thành phần và tính bằng giá trị các phần tử trong ma trận so sánh chia cho tổng cột tương ứng [5, 6]. Dựa vào ma trận chuẩn hoá tiến hành xác định trọng số của các nhân tố như bảng 3, từ đó biết được mức độ quan trọng của từng yếu tố ảnh hưởng đến lũ.

Bảng 3. Ma trận chuẩn hoá

Nhân tố	Lượng mưa	Thổ nhưỡng	Độ dốc	Lớp phủ	Mật độ lưới sông	Chiều dài sườn dốc	Tổng hàng	Trọng số
Lượng mưa	0.495	0.389	0.523	0.389	0.357	0.625	2.779	0.47
Thổ nhưỡng	0.071	0.056	0.035	0.056	0.071	0.042	0.330	0.05
Độ dốc	0.165	0.278	0.174	0.278	0.214	0.125	1.234	0.21
Lớp phủ	0.071	0.056	0.035	0.056	0.071	0.042	0.330	0.05
Mật độ lưới sông	0.099	0.056	0.058	0.056	0.071	0.042	0.381	0.06
Chiều dài sườn dốc	0.099	0.0167	0.174	0.167	0.214	0.125	0.946	0.16
Tổng cột	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	6.000	

Bảng 4. Các thông số của AHP

Thông số	Giá trị
Giá trị riêng của ma trận (λ_{max})	6.153
Số yếu tố ảnh hưởng (n)	6
Chỉ số nhất quán (CI)	0.030
Chỉ số ngẫu nhiên (RI)	1.11
Tỷ số nhất quán (CR)	0.027

Hai yếu tố ảnh hưởng nhiều nhất đến lũ trong nghiên cứu này là lượng mưa và độ dốc địa hình. Hai nhân tố này cũng đã được nghiên cứu [1] đề cập đến khi phân vùng nguy cơ lũ trên lưu vực sông Lam bằng phương pháp phân tích nhân tố chính với trọng số (cũng ảnh hưởng với mức độ nhiều nhất) của lượng mưa và độ dốc lần lượt là 40% và 25%. Kết quả của bài báo cũng đạt xấp xỉ với trọng số của lượng mưa là 47% và độ dốc chiếm trọng số là 21%. Như vậy, bằng cách sử dụng hai phương pháp khác nhau cho cùng khu vực nghiên cứu là lưu vực sông Lam, kết quả thu được gần như nhau. Điều này có thể khẳng định thuật toán AHP hoàn toàn có thể tin cậy khi phân loại các tiêu chí ảnh hưởng đến nguy cơ lũ trên lưu vực sông Lam cũng như các lưu vực sông khác.

4. Kết luận

Bằng thuật toán AHP cho thấy mức độ ảnh hưởng của các nhân tố đến nguy cơ xảy ra lũ trên lưu vực sông Lam theo thứ tự từ cao đến thấp: lượng mưa, độ dốc, chiều dài sườn dốc tương đối, mật

độ lưới sông, thổ nhưỡng và thực phủ. Đây là một kết quả quan trọng có thể sử dụng để xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ lũ phục vụ công tác cảnh báo lũ lụt trên lưu vực sông Lam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. 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.

[2]. Trần Thị Phương, 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.

[3]. 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 ĐHQGHN, các Khoa học Trái đất và Môi trường 3(29), tr. 64-72.

[4]. Paweł C. (2010). *Using the analytic hierarchy process in evaluating decision alternative*. Operations research and decisions, No.1

[5]. Saaty T.L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGrawHill, New York.

[6]. Saaty T.L. (1987). *The Analytic Hierarchy Process - what it is and how it is used*. Mathematical modelling, Elsevier volume 9.

BBT nhận bài: 10/8/2018; Phản biện xong: 24/8/2018