

# CÁC PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH NGUY CƠ LŨ QUÉT

Lê Văn Thìn<sup>1</sup>\*, Trần Đình Hòa<sup>2</sup>

## TÓM TẮT

Nghiên cứu này thống kê các phương pháp xác định nguy cơ lũ quét trên thế giới và ở Việt Nam, các chỉ số phân loại nguy cơ lũ quét và đánh giá mức độ tin cậy dựa trên các ấn phẩm khoa học đã được công bố đến tháng 4 năm 2023. Nguồn khai thác và đánh giá sử dụng bao gồm: (1) từ Crossref (một cơ quan đăng ký mã DOI định danh cho các ấn phẩm khoa học) với 143.500.238 bản ghi và (2) từ cơ sở dữ liệu (CSDL) công bố Khoa học và Công nghệ Việt Nam (Vista) 340.813 bản ghi.

**Từ khóa:** Phương pháp, chỉ số, nguy cơ, lũ quét, GIS, học máy, crossref.

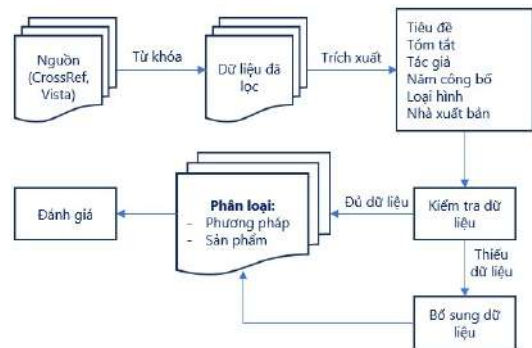
## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm gần đây, tác động của biến đổi khí hậu đã làm cho thời tiết càng trở nên có những diễn biến bất thường, mưa lớn trong gian đoạn ngắn và cục bộ đã gây ra những tác động rất lớn đến các loại hình thiên tai có liên quan đến nước nói chung, đặc biệt là lũ quét nói riêng. Từ năm 2022 đến nay, cả nước đã xảy ra 310 trận lũ quét ở các khu vực miền núi [1], đây là loại hình thiên tai đặc biệt nguy hiểm, gây thiệt hại lớn về người và tài sản và thường xuất hiện ở các khu vực miền núi nước ta.

Để dự báo nguy cơ về lũ quét, đã có nhiều nghiên cứu trong nước và trên thế giới đạt được những thành tựu đáng kể. Nghiên cứu này tổng hợp các phương pháp được sử dụng để xác định nguy cơ lũ quét, các sản phẩm hình thành từ kết quả nghiên cứu về lũ quét và mức độ tin cậy của chúng. Số liệu được thu thập tới tháng 4 năm 2023.

## 2. DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Để đánh giá được các nghiên cứu, phương pháp phân tích thống kê được áp dụng để phân loại và tổng hợp dữ liệu. Quy trình thực hiện nghiên cứu như hình 1.



Hình 1. Quy trình nghiên cứu, đánh giá các nghiên cứu về lũ quét.

### 2.1. Nguồn dữ liệu

Nguồn dữ liệu trong nghiên cứu được lấy trực tiếp từ hai nguồn: Crossref [2] và Vista (hệ thống thông tin khoa học và công nghệ) [3].

### 2.2. Từ khóa và dữ liệu

Do dữ liệu về các ấn phẩm bao trùm mọi lĩnh vực, các dữ liệu thu thập được cần được lọc ra các nghiên cứu về lũ quét. Trong CSDL Crossref, các từ khóa bao gồm: flash flood, flash-flood. Toàn bộ các ấn phẩm mà tiêu đề (title) hoặc tóm tắt (abstract) có chứa từ khóa này được liệt kê và thu thập thành CSDL của nghiên cứu.

Tương tự như vậy với CSDL của Vista, các nghiên cứu có tiêu đề hoặc tóm tắt có chứa từ khóa “lũ quét” được liệt kê và đưa vào trong CSDL của nghiên cứu.

### 2.3. Phương pháp nghiên cứu

Dựa trên các nghiên cứu đã thu thập, việc đánh giá các phương pháp xác định lũ quét bao

<sup>1</sup> Phòng Thí nghiệm trọng điểm Quốc gia về Động lực học sông biển

<sup>2</sup> Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam

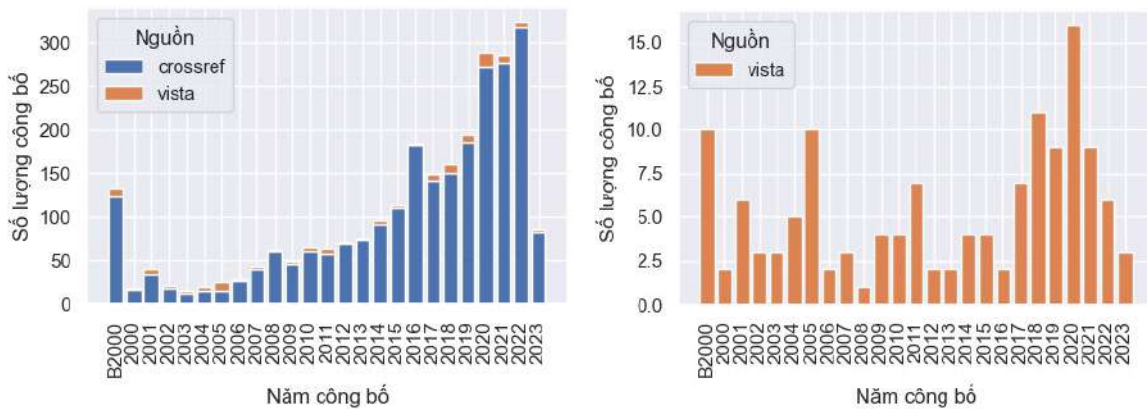
\* Email: levanthin@gmail.com

gồm: Các chỉ số về lũ quét, các phương pháp, công cụ sử dụng để xác định nguy cơ lũ quét. Mỗi chỉ số lại sử dụng một phương pháp cụ thể như: phương pháp GIS, phương pháp thủy văn, phương pháp học máy hay phương pháp kết hợp... để tính toán, xác định lũ quét theo không gian và thời gian.

**3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN**

**3.1. Xu hướng công bố**

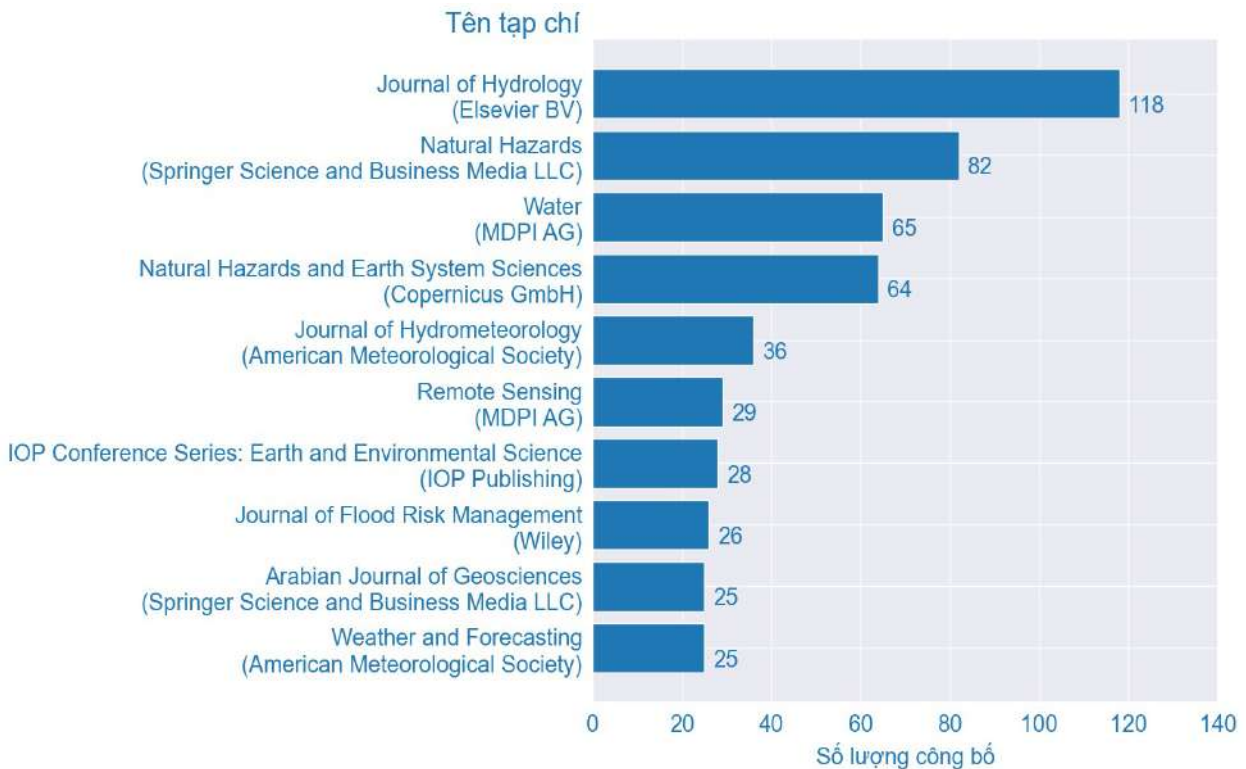
Kết quả lọc với từ khóa “flash flood”, “flash-flood” ở nguồn dữ liệu Crossref thu được tổng số nghiên cứu là 2.471 nghiên cứu có liên quan tới lũ quét. Nghiên cứu sớm nhất bắt đầu từ năm 1943 [4]. Kết quả lọc với từ khóa “lũ quét” ở nguồn dữ liệu Vista thu được tổng số 135 nghiên cứu. Nghiên cứu sớm nhất được đăng tải bắt đầu từ năm 1994 [5].



**Hình 2. Tổng hợp số lượng công bố liên quan đến lũ quét trên thế giới (bên trái) và trong nước (bên phải)**

Do các công bố trước năm 2000 khá hạn chế về số lượng, nghiên cứu đã gộp toàn bộ số lượng các nghiên cứu trước năm 2000 để mô tả trực quan

hơn và gán nhãn B2000. Kết quả về số lượng các công bố hàng năm được thể hiện ở hình 2.



**Hình 3. Danh sách 10 tạp chí phổ biến trên thế giới có công bố liên quan đến lũ quét**

Kết quả về số lượng cho thấy, ngày càng có nhiều các nghiên cứu về lũ quét được tiến hành theo thời gian. Số liệu năm 2023 mới chỉ được cập nhật đến tháng 4 nên không mang tính đại diện cho năm 2023. Không như xu hướng của thế giới, các nghiên cứu về lũ quét của Việt Nam phát triển theo từng giai đoạn. Số lượng công bố của Việt Nam theo Vista cao nhất là năm 2020 với 16 bài, giai đoạn từ năm 2018 - 2023 có số bài đăng trên 9 bài/năm.

Trong các nhà xuất bản, Copernicus GMBH và Elsevier BV là 2 nhà xuất bản phổ biến nhất (với tổng số 345 và 328 công bố liên quan đến lũ quét cho các tạp chí trực thuộc). Ngoài ra, Springer cũng là 1 trong các nhà xuất bản lớn với 245 công bố. Các tạp chí phổ biến bao gồm Tạp chí Thủy văn (Journal of Hydrology), Tạp chí Thiên tai (Natural Hazards) và Nước (Water).



**Hình 4. Danh sách 10 các tạp chí phổ biến trong nước có liên quan đến lũ quét**

Trong nước, các bài công bố về lũ quét cũng xuất hiện nhiều ở các tạp chí kỹ thuật. Các tạp chí bao gồm: Tạp chí Tài nguyên và Môi trường, Tạp chí Khí tượng Thủy văn và Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi.

**3.2. Phương pháp xác định lũ quét**

Cho đến nay, có nhiều phương pháp để xác định lũ quét mà cụ thể là dự báo hay cảnh báo lũ quét. Quá trình rà soát các nghiên cứu cho thấy, có 4 cách tiếp cận bao gồm: (1) đánh giá tính nhạy cảm với lũ quét; (2) đánh giá lũ quét dựa trên lượng mưa; (3) đánh giá lũ quét dựa trên các yếu tố thủy văn; (4) đánh giá lũ quét dựa trên các yếu tố thủy lực.

**3.2.1. Đánh giá tính nhạy cảm với lũ quét**

Đây là một cách tiếp cận tương đối đơn giản để phân tích các khu vực thường xuyên xảy ra lũ quét dựa trên nhiều yếu tố như độ dốc, lượng mưa bình quân năm hay các đặc điểm cụ thể về địa hình. Do đơn giản nên hầu hết các nghiên cứu này chỉ xác định khu vực có tính nhạy cảm cao về lũ quét mà chưa thể xác định được nguy cơ xảy ra lũ

quét (điều kiện cụ thể để xảy ra lũ quét). Các nghiên cứu này thường sử dụng phương pháp phổ biến như các phương pháp chồng chập nhân tố (AHP) [6], tỷ lệ tần suất (FR) [7], trọng số dẫn chứng (WOE) [8]... hay các mô hình học máy: hồi quy tuyến tính, hồi quy logistic, mô hình máy hỗ trợ vector (SVM), mô hình cây quyết định [9]...

Sản phẩm các nghiên cứu này là bản đồ các khu vực dễ bị ảnh hưởng bởi lũ quét, mặc dù không thể dự báo được khi nào xảy ra lũ quét hay lũ quét sẽ xảy ra trong điều kiện nào, nhưng kết quả này lại giúp các nhà quản lý trong công tác quy hoạch sử dụng đất và quy hoạch tái định cư.

**3.2.2. Đánh giá lũ quét dựa trên lượng mưa**

Mưa là một trong những yếu tố chính trong việc hình thành lũ quét, do vậy, nhiều nghiên cứu đã cố gắng xây dựng ngưỡng mưa sinh lũ quét phục vụ công tác dự báo, cảnh báo nguy cơ lũ quét. Thông thường, ngưỡng mưa này dựa vào lượng mưa lịch sử của trận lũ quét đã từng xảy ra trong quá khứ. Các phương pháp phổ biến bao gồm: Phương pháp đường tới hạn (CL) [10],

đường quan hệ cường độ mưa - thời gian mưa - tần suất (IDF) [11], hay phương pháp tần suất.

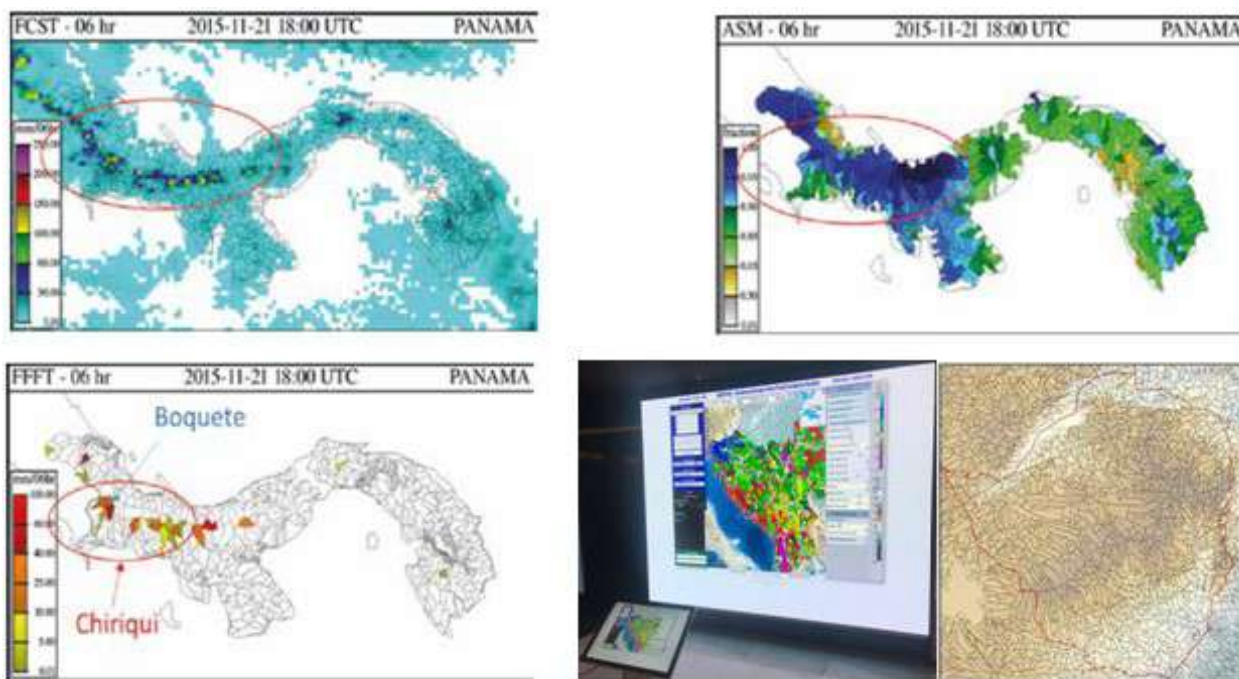
Do sử dụng lượng mưa để xây dựng ngưỡng sinh lũ quét, kết quả của nghiên cứu này có thể sử dụng trực tiếp lượng mưa thực đo hoặc lượng mưa dự báo từ các nguồn dự báo để có thể xác định nguy cơ xảy ra lũ quét phục vụ bài toán dự báo, cảnh báo lũ quét. Mặc dù vậy, các lượng mưa tính toán chỉ đại diện cho một khu vực cụ thể trong phạm vi tính toán (thậm chí khu vực xung quanh một trạm quan trắc mưa cụ thể), phương pháp này có thể sinh ra cảnh báo không chính xác nếu áp dụng thực tế đo: (1) lượng mưa lớn tại một trạm có thể không đủ khả năng sinh ra lũ quét trên lưu vực; (2) số liệu dự báo mưa thiếu chính xác (mặc dù đã có sự gia tăng đáng kể độ tin cậy từ dữ liệu Radar thời tiết).

### 3.2.3. Đánh giá lũ quét dựa trên các yếu tố thủy văn

Do những nhược điểm của việc sử dụng lượng mưa để cảnh báo nguy cơ lũ quét, nhiều nghiên

cứ đã đưa phương pháp thủy văn vào để tính toán sự tương tác của mưa đến bề mặt lưu vực nhằm đưa ra các chỉ số cần thiết phục vụ cảnh báo thay vì sử dụng lượng mưa trực tiếp. Một chỉ số vô cùng nổi tiếng là chỉ số chỉ dẫn lũ quét Flash Flood Guidance (FFG).

FFG là một sản phẩm chủ chốt trong việc xác định khả năng xảy ra lũ quét của hệ thống chỉ dẫn lũ quét Flash Flood Guidance System (FFGS). FFG được hiểu là lượng mưa thực tế (tổng lượng mưa) trong một khoảng thời gian nhất định (như 1, 3 hoặc 6 giờ) vừa đủ để gây ra dòng chảy tràn bờ ( $Q_{bankfull}$ ) tại vị trí tính toán nguy cơ lũ quét [12]. Chỉ số FFG là một chỉ số động, thay đổi dựa trên khả năng trữ nước của lưu vực và được cập nhật 6 giờ/lần, sau mỗi lần cập nhật, các giá trị dự báo đưa ra các thông tin cho 1, 3, 6 giờ tiếp theo. Nếu lượng mưa dự báo vượt lượng mưa FFG tương ứng thì có khả năng xảy ra lũ quét tại vị trí cửa ra của lưu vực. Chỉ số FFG càng thấp thì khả năng xảy ra lũ quét càng cao.

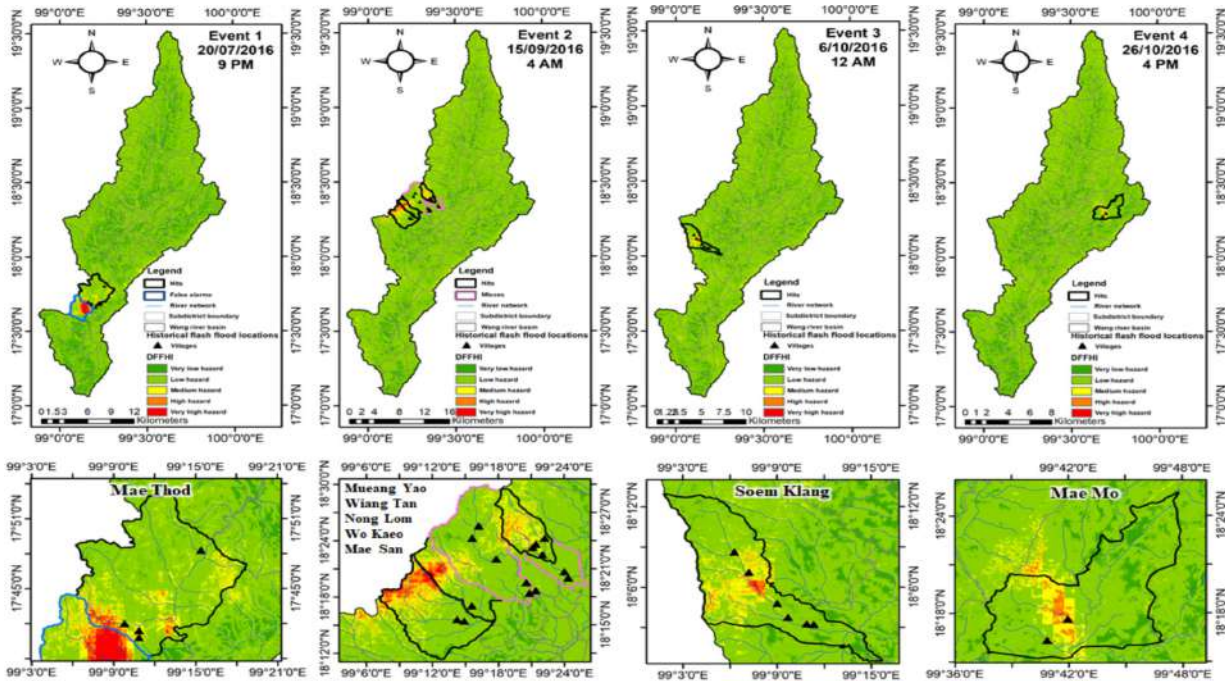


Hình 5. Sản phẩm của hệ thống FFGS

Để tính được FFG, cần xác định lưu lượng tràn bờ tại mỗi vị trí tính toán. Lưu lượng tràn bờ được tính bằng phương pháp thủy lực với một mặt cắt đã biết. Hiện nay, trên thế giới đã có hơn 50 quốc gia sử dụng hệ thống FFGS cho cảnh báo nguy cơ lũ quét.

Trong hệ thống FFGS, chỉ số nguy cơ lũ quét dự báo (FFFT) được tính toán bằng hiệu số của lượng mưa dự báo (FMAP) và lượng mưa cần thiết để sinh lũ tràn bờ (FFG). Ngoài chỉ số FFFT, việc sử dụng dòng chảy bề mặt (runoff) cũng được sử dụng để đánh giá nguy cơ lũ quét [13], đây chính





Hình 6. Chỉ số DFFHI cho lưu vực sông Wang ở Thái Lan

Theo đó, DFFHI được xác định bằng công thức sau:

$$DFFHI = (0.50 \times FFPI) + (0.45 \times RI) + (0.05 \times SWI)$$

Việc xác định FFPI hoàn toàn tương tự như đã trình bày ở trên bằng phương pháp GIS, tuy nhiên có 8 yếu tố được tính toán tương ứng với các trọng số hiệu chỉnh bao gồm: Sử dụng đất (0,15); nhóm đất (0,15); chỉ số thực vật (0,1); độ dốc (0,25); độ cong hướng dòng (0,05); độ cong địa hình (0,05); tích lũy dòng chảy (0,1) và khoảng cách đến sông suối (0,15). Chỉ số mưa RI được xác định bằng công thức sau:

$$RI = [(R_{-3day} \times 0.2) + (R_{-2day} \times 0.3) + (R_{-1day} \times 0.5)] \times I$$

Trong đó,  $R_{-3day}$ ,  $R_{-2day}$ ,  $R_{-1day}$  là lượng mưa ngày thứ 3, thứ 2 và ngày thứ nhất trong quá khứ tính theo mm,  $I$  là cường độ mưa giờ tại thời điểm tính toán (mm/giờ). Chỉ số SWI được lấy từ bản đồ vệ tinh độ phân giải 0,1 độ từ Copernicus Global Land Service mỗi ngày. Chỉ số DFFHI được tính toán cho lưu vực sông Wang ở Thái Lan thể hiện ở hình 6.

### 3.3.4. Đường tới hạn CL

Trên cơ sở nghiên cứu sự xuất hiện của lũ quét từ Nhật Bản và các nước nhiệt đới khu vực

Đông Nam Á, sự xuất hiện lũ quét được xét phụ thuộc vào quan hệ tổng lượng mưa tích lũy các thời đoạn và cường độ mưa lớn nhất xuất hiện trong thời đoạn đó tại một khu vực có điều kiện mặt đệm đã biết. Như vậy, việc xuất hiện một trận mưa gây lũ quét được xác định qua số liệu quan trắc mưa và sự xuất hiện lũ quét tại mỗi trạm đo mưa [20].



Hình 7. Phương pháp đường tới hạn CL

Phương pháp này được sử dụng để cảnh báo sự xuất hiện của lũ quét sử dụng các chỉ số mưa (cường độ và tổng lượng mưa) rút ra từ số liệu về cường độ mưa và tổng lượng mưa thu thập được từ các trận lũ quét, sạt lở đất đã xảy ra trong khu vực nghiên cứu. Do đó, ngưỡng mưa gây lũ quét được nhìn nhận là ngưỡng động phụ thuộc vào mối quan hệ giữa lượng mưa lũy tích từ khi mưa và



đặc lực trong công tác dự báo, cảnh báo nguy cơ lũ quét trên toàn quốc.

Kết quả nghiên cứu này có thể hữu ích đối với các nhà khoa học trong việc tìm kiếm góc nhìn tổng quan về tình hình nghiên cứu lũ quét đến thời điểm hiện nay.

#### **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

1. Lan Anh (2023). Thiệt hại gần 25 tỷ đồng do thiên tai gây ra từ năm 2022 đến nay. *Tạp chí điện tử Kinh tế Môi trường*. <https://kinhtemoitruong.vn/thiet-hai-gan-25-ty-dong-do-thien-tai-gay-ra-tu-nam-2022-den-nay-76907.html>. Truy cập ngày 24/06/2023.
2. CrossRef, "You are Crossref," Crossref. <https://www.crossref.org>. Accessed May 1st, 2023.
3. Cục thông tin Khoa học và Công nghệ Quốc gia. "Cơ sở dữ liệu công bố KH&CN Việt Nam." [https://sti.vista.gov.vn/Pages/danh-sach-tai-lieu-khcn-moi-nhat.aspx?Type\\_CSDL=TAILIEUKHCN](https://sti.vista.gov.vn/Pages/danh-sach-tai-lieu-khcn-moi-nhat.aspx?Type_CSDL=TAILIEUKHCN). Truy cập ngày 01/5/2023.
4. Bernard S. Bush, M. J. Barrick (1943) "Emergency Experiences During Flash Floods". *Wiley - American Water Works Association*, vol. 35, no. 1, pp. 81 - 87.
5. Hà Văn Khôi, Lê Đình Thành (1994) "Một số kết quả nghiên cứu về lũ quét tại thị xã Sơn La năm 1991". *Tạp chí Thủy lợi*, vol. 300, no. 0866 - 8736, pp. 34 - 36.
6. Dương Thị Lợi, Đặng Phương Lan (2021) "Ứng dụng mô hình đa chỉ tiêu nhằm đánh giá nguy cơ lũ quét trong bối cảnh biến đổi khí hậu toàn cầu. Trường hợp nghiên cứu cụ thể: miền núi Tây Bắc - Việt Nam". *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, vol. 721, no. 1, pp. 31 - 45, doi:10.36335/VNJHM.2021(721).31 - 45.
7. Aqil Tariq, Jianguo Yan, Bushra Ghaffar, Shujing Qin , B. G. Mousa, Alireza Sharifi, Md. Enamul Haq, Muhammad Aslam (2022). "Flash Flood Susceptibility Assessment and Zonation by Integrating Analytic Hierarchy Process and Frequency Ratio Model with Diverse Spatial Data". *Water*, vol. 14, no. 19, p. 3069.
8. Romulus Costache (2019). "Flash-flood Potential Index mapping using weights of evidence, decision Trees models and their novel hybrid integration". *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, vol. 33, pp. 1375 - 1402.
9. Ngô Thị Phương Thảo, Ngô Hùng Long, Nguyễn Quang Khánh, Bùi Thanh Tịnh, Trần Văn Phong, Nhữ Việt Hà, Nguyễn Thị Hải Yến (2020). "Ứng dụng phương pháp Random Forest dự báo vị trí có nguy cơ xảy ra lũ quét cho khu vực tỉnh Lào Cai". *Tạp chí khoa học kỹ thuật Mỏ - Địa chất*, vol. 61, no. 5, pp. 30 - 42.
10. Hoàng Anh Huy, Hoàng Văn Đại, Văn Thị Hằng (2018). "Xây dựng quy trình cảnh báo lũ quét bằng phương pháp ngưỡng mưa cảnh báo lũ quét FFG và đường tới hạn CL, thí điểm cho thượng nguồn sông Cà". *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, vol. 10, pp. 16 - 27.
11. Nejc Bezak, Mojca vSraj, Matjaz Mikovs (2016). "Copula-based IDF curves and empirical rainfall thresholds for flash floods and rainfall-induced landslides". *Journal of Hydrology*, vol. 541, pp. 272 - 284. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2016.02.058.
12. WMO, "Flash flood guidance (FFG)," <https://etrp.wmo.int/mod/resource/view.php?id=14342>. Accessed December 25<sup>th</sup>, 2021.
13. Lê Văn Thìn, Đào Anh Tuấn, Nguyễn Đăng Giáp (2021). "Nghiên cứu tính toán nguy cơ lũ quét trên lưu vực Trạm Tấu - tỉnh Yên Bái". *Khoa học và Công nghệ Thủy lợi*, vol. 67.
14. Jonathan D Phillips (2002). "Geomorphic impacts of flash flooding in a forested headwater basin". *Journal of Hydrology*, vol. 269, pp. 236 - 250, doi:10.1016/S0022-1694(02)00280-9.
15. Gregory E. Smith, "NWS" [https://www.weather.gov/media/owp/oh/rfcdev/docs/cbrfc\\_ffg2.pdf](https://www.weather.gov/media/owp/oh/rfcdev/docs/cbrfc_ffg2.pdf). Accessed December 25<sup>th</sup>, 2021.
16. Kiều Văn Hoan, Nguyễn Hà Trang, Nguyễn Phương Thúy, Nguyễn Hữu Thanh (2019). "Ứng dụng công nghệ GIS và Viễn thám xây dựng bản đồ tiềm năng lũ quét tỉnh Sơn La".



*Tạp chí Khoa học*, vol. 64, pp. 120 - 132, doi:10.18173/2354-1067.2019-0053.

17. Quách Thị Chúc, Bùi Thị Thúy Đào (2021). "Nghiên cứu phân vùng nguy cơ lũ quét khu vực huyện Quang Bình, tỉnh Hà Giang bằng dữ liệu viễn thám và GIS trên cơ sở chỉ số FFPI". *Tạp chí Khoa học Tài nguyên và Môi trường*, vol. 38, pp. 17 - 29.

18. Trần Tuyết Mai, Đoàn Văn Hải, Trịnh Thu Phương (2020). "Nghiên cứu ứng dụng công cụ khai thác sản phẩm của hệ thống định hướng cảnh báo lũ quét của Ủy hội sông Mê Công quốc tế (MRCFFGS) phục vụ xác định vùng nguy cơ lũ quét". *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, vol. 720, pp. 10 - 22, doi:10.36335/VNJHM.2020(720).

19. Sathit Chantip, Nat Marjang, Kobkiat Pongput (2020). "Development of Dynamic Flash Flood Hazard Index (DFFHI) in Wang River Basin, Thailand" International Association for Hydro-Environment Engineering and Research. <https://www.iahr.org/library/infor?pid=7663>. Accessed December 25<sup>th</sup>, 2021.

20. Lã Thanh Hà (2021). "Phương pháp cảnh báo lũ quét thời gian thực cho miền Trung". Người đô thị. <https://nguoidothi.net.vn/phuong-phap-can-hao-lu-quet-thoi-gian-thuc-cho-mien-trung-27133.html>. Accessed December 25<sup>th</sup>, 2021.

21. Eric Gaume, Valerie Bain, Pietro Bernardara, Olivier Newinger, Mihai Barbu, Allen Bateman, Lotta Blaškovićová, Günter Blöschl, Marco Borga, Alexandru Dumitrescu, Ioannis Daliakopoulos, Joachim Garcia, Anisoara Irimescu, Silvia Kohnova, Aristeidis Koutroulis, Lorenzo Marchi, Simona Matreata, Vicente Medina, Emanuele Preciso, Daniel Sempere-Torres, Gheorghe Stancalie, Jan Szolgay, Ioannis Tsanis, David Velasco, Alberto Viglione (2009). "A compilation of data on European flash floods" *Journal of Hydrology*, vol. 367, no. doi:10.1016/j.jhydrol.2008.12.028, 2009, pp. 70 - 78.

22. I. Braud, P.-A. Ayrat, C. Bouvier, F. Branger, G. Delrieu, J. Le Coz, G. Nord, J.-P. Vandervaere, S. Anquetin, M. Adamovic, J. Andrieu, C. Batiot, B. Boudevillain, P. Brunet, J. Carreau, A. Confoland, J.-F. Didon-Lescot, J.-M. Domergue, J. Douvinet, G. Dramais, R. Freydier, S. Gérard, J. Huza, E. Leblois, O. Le Bourgeois, R. Le Boursicaud, P. Marchand, P. Martin, L. Nottale, N. Patris, B. Renard, J.-L. Seidel, J.-D. Taupin, O. Vannier, B. Vincendon, A. Wijbrans (2014). "Multi-scale hydrometeorological observation and modelling for flash flood understanding". *Hydrology and Earth System Sciences*, vol. 18, no. doi:10.5194/hess-18-3733-2014, pp. 3733 - 3761.

## METHODS TO DETERMINE THE FLASH FLOOD HAZARD

Le Van Thin<sup>1</sup>, Tran Dinh Hoa<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Key Laboratory of River and Coastal Engineering

<sup>2</sup> Vietnam Academy for Water Resources

### Summary

This study presents the methods of determining flash flood hazard in the world and Vietnam, the flash flood indexes and their reliability base on articles published until April 2023. Exploitation and usage assessment sources include: (1) from Crossref (a DOI registration agency that provides Digital Object Identifiers (DOIs) for scholarly content) with 143,500,238 records and (2) from Vietnam S&T publication database (Vista) with 340,813 records.

**Keywords:** *Methods, index, hazard, flash flood, GIS, machine learning, crossref.*

**Người phản biện:** PGS.TS. Hoàng Việt Hùng

**Ngày nhận bài:** 18/7/2023

**Ngày thông qua phản biện:** 18/8/2023

**Ngày duyệt đăng:** 25/8/2023