



## Nghiên cứu thành lập bản đồ mưa giờ từ nguồn dữ liệu khí tượng mở phục vụ phân tích phạm vi và diễn biến ảnh hưởng của các sự kiện lũ quét

Đào Minh Đức<sup>1</sup>, Lê Quang Đạo<sup>1</sup>, Nguyễn Đức Anh<sup>1</sup>, Lương Thị Nguyễn Quỳnh<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Viện Các Khoa học Trái đất

<sup>2</sup>Sở Nông nghiệp và Môi trường Sơn La

Email tác giả liên hệ: [daominhduc\\_dkt@ies.vast.vn](mailto:daominhduc_dkt@ies.vast.vn)

doi.org/10.5281/zenodo.17068845

### Tóm tắt:

Nghiên cứu về lũ quét và các tai biến địa chất đã có nhiều công trình tập trung vào việc phân tích nguy cơ không gian. Các công trình nghiên cứu theo diễn biến thời gian của thiên tai hiện còn hạn chế do thiếu dữ liệu mưa giờ. Các dữ liệu mưa từ trạm quan trắc truyền thống không phản ánh được phạm vi ảnh hưởng rộng của thiên tai và thường có mật độ không gian không đều và thưa ở vùng núi. Bài báo này đề xuất một phương pháp tiếp cận mới, sử dụng ngôn ngữ lập trình R để khai thác, xử lý và hiệu chỉnh dữ liệu từ các nguồn khí tượng mở, nhằm thành lập bản đồ mưa giờ lịch sử. Phương pháp này được áp dụng thử nghiệm cho ba sự kiện mưa cực đoan tại khu vực miền núi phía Bắc, bao gồm: (1) Sự kiện lũ quét ngày 01/08/2025 tại Điện Biên và Sơn La; (2) Sự kiện lũ quét ngày 18/05/2025 tại Tuyên Quang và Bắc Kạn; và (3) Sự kiện lũ quét ngày 05/08/2023 tại Yên Bái và Lai Châu. Kết quả nghiên cứu cho thấy, cường độ và phạm vi mưa giờ biến đổi rất nhanh. Cường độ mưa giờ cực đại thường lớn hơn 60mm, và những vị trí có cường độ mưa này thường là những nơi chịu thiệt hại nặng nề nhất. Đặc biệt, phạm vi ảnh hưởng của các trận lũ quét thường trùng khớp với phạm vi tích lũy lượng mưa trong 24 giờ vượt quá 200mm. Quy trình thành lập bản đồ diễn biến mưa giờ cho phép nhận diện phạm vi ảnh hưởng của thiên tai lũ quét phù hợp với các thiệt hại thực tế, và là cơ sở để xây dựng công cụ thu thập dữ liệu xác định các ngưỡng cảnh báo lũ quét.

**Từ khóa:** bản đồ lượng mưa, lượng mưa giờ, dữ liệu khí tượng, lũ quét, API

Ngày nhận bài: 17/08/2025

Ngày sửa lại: 25/08/2025

Ngày chấp nhận đăng: 26/08/2025

Ngày xuất bản: 30/08/2025

## Developing hourly rainfall maps from open meteorological data sources to analyze the spatial extent and temporal evolution of flash flood events

Dao Minh Duc<sup>1</sup>, Le Quang Dao<sup>1</sup>, Nguyen Duc Anh<sup>1</sup>, Luong Thi Nguyen Quynh<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Earth Sciences

<sup>2</sup>Department of Agriculture and Environment of Sơn La Province

Corresponding Author Email: [daominhduc\\_dkt@ies.vast.vn](mailto:daominhduc_dkt@ies.vast.vn)

### Abstract:

Research on flash floods and related geological hazards has often focused on spatial hazard assessment. However, studies on the temporal evolution of such disasters remain limited, primarily due to the lack of hourly rainfall data. Conventional rain gauge stations fail to capture the full spatial extent of disaster impacts and are typically unevenly distributed, especially in mountainous regions. This paper proposes a novel approach using the R programming language to retrieve, process, and calibrate open-access meteorological datasets in order to generate historical hourly rainfall maps. The proposed method is tested on three extreme rainfall events in Northern mountainous Vietnam: (1) the flash flood on August 1, 2025 in Điện Biên and Sơn La; (2) the flash flood on May 18, 2025 in Tuyên Quang and Bắc Kạn; and (3) the flash flood on August 5, 2023 in Yên Bái and Lai Châu. Results indicate that both the intensity and spatial distribution of hourly rainfall change rapidly. Peak hourly rainfall intensities often exceed 60 mm, and the locations experiencing such rainfall levels are typically those suffering the most severe damage. Notably, the spatial extent of flash flood impacts generally overlaps with areas where 24-hour accumulated rainfall exceeds 200 mm. The workflow for generating hourly rainfall evolution maps provides a reliable basis for delineating disaster-affected areas in alignment with actual damage observations. It also serves as a foundation for developing data-driven tools to establish quantitative thresholds for flash flood early warning systems.

**Keywords:** rainfall map, hourly rainfall, meteorological data, flash flood, API

Submission received: 17/08/2025

Revised: 25/08/2025

Accepted: 26/08/2025

Published: 30/08/2025

## 1. Giới thiệu



Lũ quét là một trong những loại hình thiên tai nguy hiểm, phạm vi ảnh hưởng rộng và khó dự báo cho các khu vực đồi núi, đặc biệt ở những vùng có địa hình dốc, mật độ sông suối dày đặc [1,2]. Bên cạnh đó, dữ liệu quan trắc mưa tại trạm ở miền núi phía Bắc còn thưa, chưa đủ để phản ánh tính cục bộ của các trận mưa cực đoan. Hơn nữa, các nghiên cứu hiện tại chủ yếu tập trung vào phân tích nguy cơ không gian dựa trên các yếu tố địa hình, địa chất và thủy văn [3-8], trong khi việc nghiên cứu diễn biến theo thời gian còn hạn chế do thiếu dữ liệu mưa theo giờ.

Các hình thái thời tiết như xoáy thuận nhiệt đới, hội tụ gió, hay tương tác giữa áp thấp nóng và không khí lạnh đều đóng vai trò quyết định trong việc tạo ra mưa lớn [9]. Biến đổi khí hậu đang làm gia tăng tần suất các sự kiện mưa cực đoan, diễn ra nhanh, gây ra các trận lũ quét nghiêm trọng, điển hình như tại Điện Biên, Sơn La (01/08/2025), Tuyên Quang, Bắc Kạn (18/05/2025) và Yên Bái, Lai Châu (05/08/2023). Do đó, việc phát triển các công cụ cho phép mô phỏng chính xác sự thay đổi của lượng mưa theo không gian và thời gian là nhu cầu cấp thiết để nâng cao hiệu quả công tác cảnh báo và ứng phó với lũ quét.

Các nguồn dữ liệu viễn thám hiện nay đang cung cấp giải pháp tổng quát cho nhiều khu vực, với khả năng vượt trội về phạm vi bao trùm và khả năng cập nhật liên tục [10,11]. Các sản phẩm như GPM (Global Precipitation Measurement), CHIRPS (Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data), hoặc các hệ thống cung cấp dữ liệu online như NASA Giovanni, Google Earth Engine, hay Climate SERVER đã mở ra cơ hội khai thác thông tin mưa ở độ phân giải cao về không gian và thời gian. Với công nghệ vệ tinh quan sát tài nguyên môi trường không ngừng phát triển, kết hợp với những nguồn dữ liệu mở rất lớn mang lại nhiều cơ hội mới để cải thiện độ chính xác và độ phân giải của dữ liệu bản đồ phân bố lượng mưa, giúp xem xét vấn đề theo cả không gian và thời gian. [12] đã tập trung vào việc phát triển bộ cơ sở dữ liệu không gian gồm các bản đồ lượng mưa giờ lịch sử dựa vào bộ dữ liệu ERA5 kết hợp với các thông tin như địa mạo, địa chất và sử dụng đất. [13] đã áp dụng phân tích phân cụm cho dữ liệu mưa, đóng góp những hiểu biết mới về phân bố không gian và biến thiên của lượng mưa hàng tháng, hỗ trợ quyết định trong quản lý tài nguyên nước. [14] đã xem xét xu thế mưa và nhiệt độ, nhấn mạnh sự cần thiết phải hiểu rõ biến đổi không gian và thời gian nhằm nâng cao độ chính xác của dự báo mưa. Đặc biệt, việc sử dụng số liệu radar thời tiết kết hợp với các thuật toán học máy để phân tích và dự báo mưa, [15] đã tạo thành một bộ công cụ dự báo mưa giờ hiệu quả. Việc lập bản đồ phân bố lượng mưa giờ là một bước cực kỳ quan trọng và cần thiết, để nâng cao hiệu quả công tác cảnh báo và ứng phó với lũ quét tại các khu vực đồi núi của Việt Nam.

Bài báo này tập trung vào việc thiết lập một công cụ thành lập bản đồ mưa giờ cho khu vực miền núi phía Bắc bằng cách khai thác các nguồn dữ liệu khí tượng mở từ vệ tinh. Việc khoanh vùng mưa lịch sử này giúp xem xét lại vùng ảnh hưởng của thiên tai lũ quét, và lên phương án nhanh cho việc ứng phó cứu trợ cho những khu vực bị ảnh hưởng của thiên tai. Nhóm nghiên cứu sử dụng ngôn ngữ lập trình R để xây dựng một quy trình tự động hóa việc thu thập, xử lý và hiệu chỉnh dữ liệu, từ đó thành lập các bản đồ mưa giờ lịch sử.

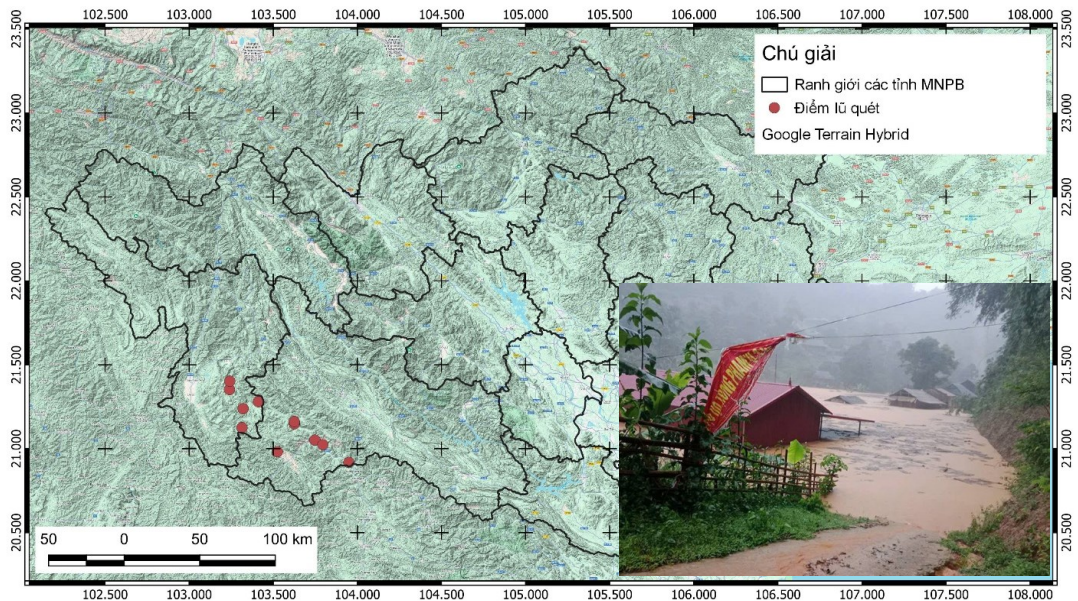
## **2. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu**

### **2.1. Thu thập diễn biến và phạm vi ảnh hưởng của lũ quét**

Vị trí thiệt hại được thu thập từ các báo cáo thiệt hại của VP BCH PCTT Sơn La, Điện Biên, Tuyên Quang Bắc Kạn (2025), BCH PCTT huyện Than Uyên và Mù Cang Chải (2023) được lựa chọn trong 3 sự kiện sau:

*a./ Mưa lớn gây lũ quét rạng sáng ngày 1/8/2025 tại các khu vực Điện Biên Đông (Điện Biên) và Sông Mã (Sơn La)*

Từ đêm ngày 31/7 đến rạng sáng 1/8/2025, mưa giông trên diện rộng khiến mực nước trên các sông suối khu vực Điện Biên Đông (Điện Biên) và Sông Mã (Sơn La) dâng nhanh gây ra lũ quét trên nhiều sông suối. Trong đó mực nước tại trạm thủy văn Xã Là trên sông Mã (xã Chiềng Khương) vượt báo động cấp 3 là khoảng 28.370 cm, tăng 220 cm so với mức nguy hiểm, tiếp tục tăng mạnh vào buổi chiều 1/8. Theo số liệu từ Đài khí tượng thủy văn tỉnh Điện Biên, trong 12 giờ (từ 21 giờ ngày 31/7 đến 9 giờ ngày 01/8), khu vực Điện Biên Đông đã có mưa to đến rất to như tại Phì Nhừ 2262,8mm, Na Sơn 1 là 250,6mm. Mưa lớn tập trung hình thành từ tương tác giữa áp thấp nóng phía Tây và không khí lạnh kích thích sự phát triển của các dải mây đối lưu, gây mưa cường độ cao và cục bộ cho khu vực Điện Biên Đông (Điện Biên) và Sông Mã (Sơn La) từ 19 giờ ngày 31/7 đến 7 giờ ngày 1/8 đã gây thiệt hại nghiêm trọng về người và tài sản. Vị trí các điểm bị ảnh hưởng do lũ quét được thể hiện tại hình 1 và mức độ thiệt hại được mô tả trong bảng 1.

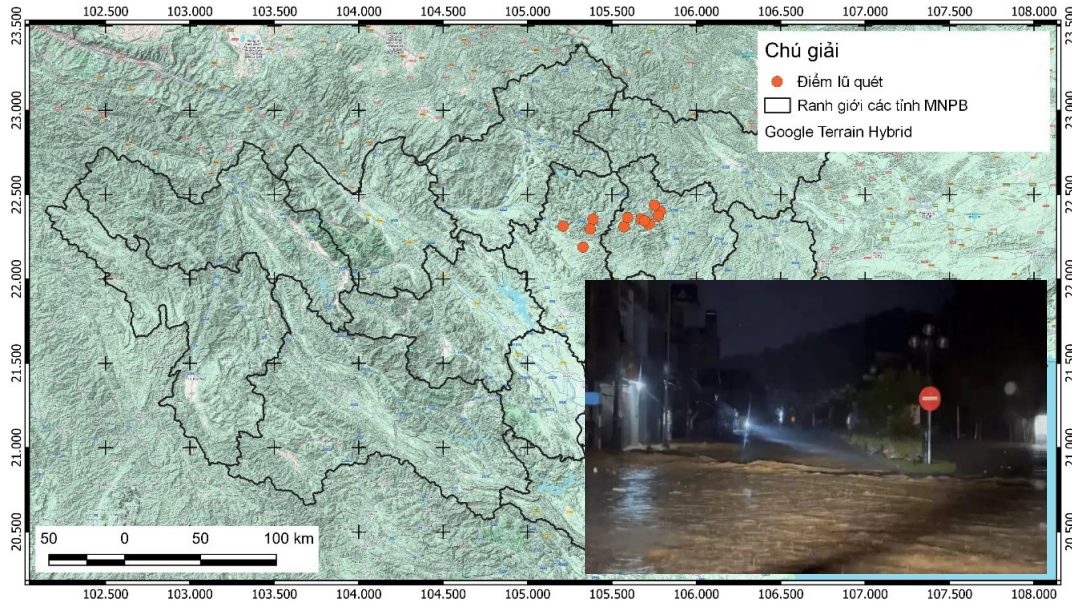


Hình 1. Bản đồ vị trí các điểm bị ảnh hưởng do lũ quét tại khu vực Điện Biên và Sơn La ngày 1/8/2025, kèm hình ảnh lũ quét làm ngập nhiều nhà ven suối tại xã Na Sơn, Điện Biên Đông (Điện Biên)

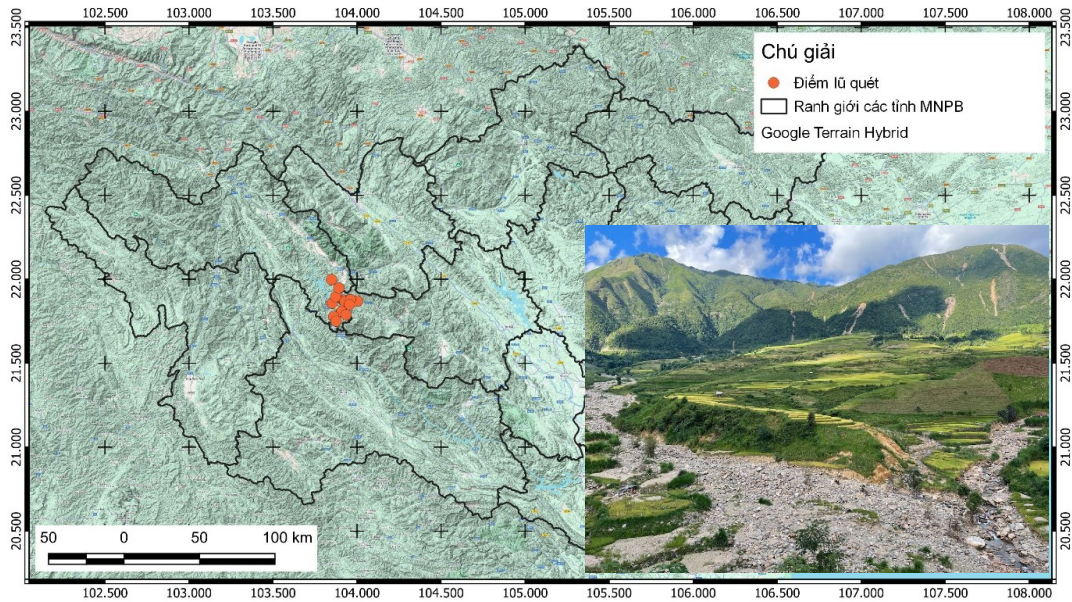
*b./ Mưa lớn gây lũ quét ngày tối ngày 17/5/2025 tại khu vực thị trấn Na Hang và Chiêm Hóa (Tuyên Quang) và tại Ba Bể (Bắc Kạn)*

Một cơn mưa lớn hình thành từ tương tác giữa áp thấp nóng phía Tây và không khí lạnh gây mưa cường độ cao có hướng di chuyển từ Tây (khu vực Bắc Quang - Hà Giang) sang Đông (khu vực Ba Bể - Bắc Kạn). Lượng mưa tính từ 19h ngày 17/5 đến 3h ngày 18/5 có nơi trên 150mm như Tân Lập (Hà Giang) 167mm, Na Hang (Tuyên Quang) 232mm, Yên Dương (Bắc Kạn) 214mm. Từ 20h đến 23h đêm 17/5, tại thị trấn Na Hang (Tuyên Quang) có mưa rất to với lượng mưa đo được tại trạm Nhà Đỉnh Đập 235mm, có nơi ghi nhận lượng mưa lên tới 312mm. Sau cơn mưa lớn kéo dài đã khiến nhiều tuyến đường ở thị trấn Na Hang ngập sâu, làm xuất hiện nhiều điểm sạt lở trên tuyến đường QL 279, đất đá chắn ngang đường gây ách tắc nhiều giờ tại đèo Lai, Phúc Sơn, Chiêm Hóa. Tỉnh Hà Giang có 3 nhà bị sạt lở taluy; tỉnh Bắc Kạn có 57 nhà bị hư hại, 7 cầu bị trôi, hư hỏng do lũ quét. Đặc biệt, vào lúc 23h45 phút ngày 17/5/2025, một trận lũ quét kết

hợp lũ bùn đá có cường độ mạnh đã xảy ra tại các xã Yên Dương và Đồng Phúc thuộc tỉnh Bắc Kạn, gây ra những thiệt hại nghiêm trọng, bao gồm cả tổn thất về người và tài sản. Vị trí các điểm bị ảnh hưởng do lũ quét được thể hiện tại hình 2 và mức độ thiệt hại được mô tả trong bảng 1.



Hình 2. Bản đồ vị trí các điểm bị ảnh hưởng do lũ quét tại khu vực Tuyên Quang và Bắc Kạn tối ngày 17/5/2025, kèm hình ảnh nước chảy như thác trên đường ở thị trấn Na Hang làm ngập nhiều tuyến đường c./ Mưa lớn gây lũ quét tối ngày 5/8/2023 tại khu vực xã Hồ Bốn, Lao Chải (Mù Cang Chải, Yên Bái) và xã Tà Mung, Khoen On (Than Uyên, Lai Châu)



Hình 3. Bản đồ vị trí các điểm bị ảnh hưởng do lũ quét tại khu vực Than Uyên (Lai Châu) và Mù Cang Chải (Yên Bái) đêm ngày 5/8/2025, kèm hình ảnh lũ quét và sạt lở đất khu vực xã Tà Mung

Khoảng 18h00 ngày 5/8/2023, một đám mây giông hình thành do hội tụ gió trên cao ở phía Đông ảnh hưởng trực tiếp trước tiên tới khu vực trung tâm thị trấn Mù Cang Chải, mở rộng dần và có xu hướng di chuyển về phía Tây. Khoảng 23h30', sạt lở kèm theo lũ quét xuất hiện ở khắp nơi trong xã Hồ Bốn, điện và mạng lưới thông tin liên lạc mất tín



hiệu, mọi người phải tự tìm nơi an toàn để tránh trú. Trạm quan trắc mưa tại Hồ Bốn đã ghi nhận lượng mưa trước và sau thời điểm xảy ra lũ bùn đá tại khu vực khá lớn từ 41,8mm (03/8/2023) đến 163,4mm (ngày 06/8/2023) [16]. Quan sát trên ảnh vệ tinh Google Earth kết hợp các ảnh chụp từ UAV cho thấy phạm vi ảnh hưởng của mưa lớn còn để lại các vết sạt lở lớn trên sườn đồi núi ở các xã Lao Chải, xã Hồ Bốn, xã Tà Mung và xã Khoen On. Theo ghi nhận từ các BCH PCTT huyện Than Uyên và Mù Cang Chải thì đây cũng là những xã chịu thiệt hại lớn nhất do ảnh hưởng của mưa lớn ngày 5/8/2025. Vị trí các điểm bị ảnh hưởng do lũ quét được thể hiện tại hình 3 và mức độ thiệt hại được mô tả trong bảng 1.

*Bảng 1. Danh mục các điểm bị ảnh hưởng do thiên tai lũ quét trong 3 sự kiện lũ quét ở trên*

TT	Vị trí xuất hiện lũ quét	Thời điểm hình thành	Thiệt hại
1	xã Chiềng Khương, Sông Mã	2025-08-01 03:00	mực nước trên sông Mã vượt báo động cấp 3, đoạn đường QL12 tại Sông Mã ngập từ 1,4–1,6 m
2	thị trấn Sông Mã	2025-08-01 03:00	đường từ Dòm Cang đến Púng Bính ngập sâu đến 2 m, cô lập hoàn toàn khoảng 10 bản
3	các xã Púng Bính, Chiềng So, Chiềng Khoong	2025-08-01 03:00	khoảng 18 bản làng bị cô lập hoàn toàn, có nơi ngập sâu đến 2 m
4	xã Mường Lan, Sốp Cộp	2025-08-01 03:00	4 ngôi nhà bị cuốn trôi
5	xã Xa Dung, Điện Biên Đông	2025-08-01 01:00	3 người chết ở bản Cồ Dề, 2 người bị lũ cuốn ở bản Háng Pú Xi, 3 người bị lũ cuốn ở bản Chông Sur A; 3 người bị lũ cuốn ở bản Từ Xa B
6	xã Tia Đình, Điện Biên Đông	2025-08-01 01:00	bản Tia Đình 2 có nhiều điểm sạt lở; 1 người ở bản Háng Tây mất tích do lũ cuốn
7	thị trấn Na Hang	2025-05-17 20:30	nhiều tuyến đường ở thị trấn Na Hang ngập sâu
8	xã Phúc Sơn, Chiêm Hóa, xã Thanh Tương huyện Lâm Bình	2025-05-17 20:30	gây thiệt hại về nhà ở, và nhiều diện tích sản xuất nông nghiệp
9	xã Yên Dương và Đồng Phúc, Ba Bể	2025-05-17 23:30	4 người tử vong và 2 người bị thương
10	xã Hà Hiệu, xã Phúc Lộc, xã Địa Linh huyện Ba Bể	2025-05-17 23:30	có tới 5 cây cầu cứng, 2 cầu treo, 2 tràn liên hợp và 3 kè bên suối bị hư hỏng
11	Cao Bằng	2025-05-18 00:00	có 47 nhà bị sạt lở taluy
12	xã Lao Chải, Hồ Bốn, Khao Mang, huyện Mù Cang Chải	2023-08-05 23:00	sạt lở nhiều đoạn QL32, 48 nhà dân bị sập đổ hoàn toàn, khu trụ sở xã, Trạm Y tế, Trường Tiểu học, THCS xã Hồ Bốn bị ảnh hưởng nặng nề
13	xã Khoen On, Tà Mung, Mường Mít, Mường Kim huyện Than Uyên	2023-08-05 23:30	4 người thiệt mạng và 3 người bị thương, 25 nhà dân bị ảnh hưởng, khoảng 150ha lúa bị vùi lấp, trong đó trên 80% diện tích không thể khôi phục.

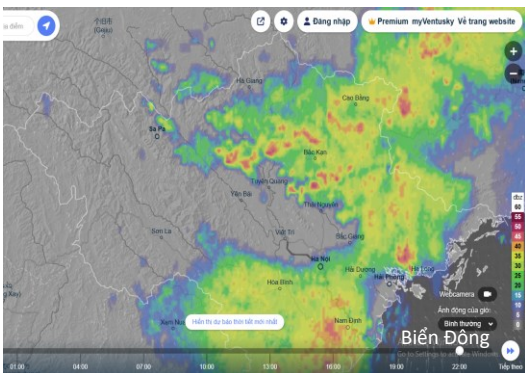
## 2.2. Thu thập dữ liệu khí tượng mở

Để hỗ trợ các nghiên cứu về lũ quét và các hiện tượng thời tiết cực đoan, các nguồn dữ liệu mở được phân loại thành hai nhóm chính: dữ liệu vệ tinh kết hợp đã xử lý và dữ liệu quan trắc của các tổ chức khí tượng. Với nhóm dữ liệu vệ tinh, GPM, CHIRPS và ERA5 có thể cung cấp dữ liệu mưa toàn cầu với độ phân giải cao ( $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ ) và có thể truy cập theo giờ hoặc 30 phút. Gần đây, việc kết hợp giữa ước tính lượng mưa dựa trên

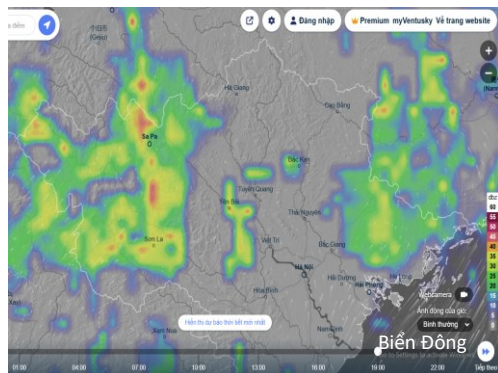
vệ tinh dạng lưới của NASA và NOAA với dữ liệu trạm đo đã được tận dụng để xây dựng các mô hình khí hậu dạng lưới có độ phân giải cao ( $0,05^\circ$ ) và có thể loại bỏ sai số hệ thống. Bài báo này sử dụng các nền tảng dữ liệu khí tượng mở Open-Meteo là một nền tảng đã tích hợp và xử lý dữ liệu từ nhiều mô hình thời tiết uy tín như ECMWF IFS, ERA5 và CERRA, cho độ phân giải từ 9-11km ( $\sim 0.1^\circ$ ) đảm bảo tính chính xác và tin cậy của dữ liệu. Nền tảng này được thiết kế lấy dữ liệu dựa vào kết nối API JSON để dễ dàng truy cập dữ liệu thời tiết theo giờ, bằng cách cung cấp tọa độ địa lý (hệ tọa độ WGS84), khoảng thời gian cần cung cấp dữ liệu và múi giờ mà không cần thông qua các quy trình phức tạp như đăng ký sử dụng API key hay cung cấp thông tin thẻ tín dụng. Open-Meteo hoạt động dựa trên triết lý phần mềm nguồn mở, với toàn bộ mã nguồn có sẵn trên GitHub theo giấy phép AGPLv3. Do đó, nhóm nghiên cứu đã sử dụng mã nguồn này kết hợp với ngôn ngữ phân tích dữ liệu R để xử lý dữ liệu và lập bản đồ, hướng tới tạo thành một bộ công cụ thu thập dữ liệu tự động.

Các số liệu thu thập từ hệ thống có tần suất 1 giờ/lần gồm các thông số: tọa độ địa lý các điểm lưới cho toàn bộ miền núi phía Bắc với khoảng cách ( $\sim 0.1^\circ$ ), thời gian, nhiệt độ không khí, lượng mưa, tốc độ gió, độ ẩm mặt đất. Cấu trúc API của Open Meteo gồm chuỗi thông số như sau: [https://archive-api.open-meteo.com/v1/archive?latitude=\[Vĩđộ\]&longitude=\[Kinhđộ\]&start\\_date=&end\\_date=hourly=temperature\\_2m,precipitation,rain,soil\\_temperature\\_0\\_to\\_7cm,wind\\_speed\\_10m](https://archive-api.open-meteo.com/v1/archive?latitude=[Vĩđộ]&longitude=[Kinhđộ]&start_date=&end_date=hourly=temperature_2m,precipitation,rain,soil_temperature_0_to_7cm,wind_speed_10m).

Để kiểm tra và đánh giá mức độ chính xác theo thời gian của diễn biến mưa, các dữ liệu mưa thu thập được đánh giá so sánh với 2 nguồn dữ liệu khác thu thập từ đề tài ĐTDL.CN.78/21 là: dữ liệu quan trắc mưa tại trạm (của Vrain) và dữ liệu radar thời tiết lấy từ nguồn của Ventusky (hình 4 và 5). Dữ liệu thu thập qua Open Meteo API so sánh với dữ liệu tại các vị trí lắp đặt trạm đo mưa theo thời gian cho thấy diễn biến khá tương đồng [17] và thể hiện chi tiết theo giờ trên các hình 7, 9 và 11. Tại các thời điểm ghi nhận mưa lớn tại trạm thì dữ liệu Open Meteo API cho thấy thấp hơn một chút xong về tổng cộng dồn lượng mưa trong một khoảng thời gian ngắn thì không nhận thấy sai số.



Hình 4. Khu vực xuất hiện mây giông diện rộng di chuyển từ phía Tây sang Đông đang có chỉ số phân xạ radar lớn tại khu vực Hàm Yên, Tuyên Quang lúc 22h00 ngày 17/05/2025 (nguồn Ventusky)



Hình 5. Khu vực mây giông cục bộ di chuyển từ phía Đông sang Tây đang có chỉ số phân xạ radar lớn tại khu vực Mù Cang Chải, Yên Bái lúc 19h00 ngày 5/8/2023 (nguồn Ventusky)

### 2.3. Xử lý và thành lập bản đồ mưa giờ

Hướng tới việc xây dựng một công cụ mã nguồn mở phục vụ thành lập bản đồ mưa giờ, việc thiết lập một quy trình chuẩn là rất cần thiết. Quy trình này đảm bảo dữ liệu được thu thập, xử lý và xây dựng bản đồ một cách thống nhất, giảm thiểu sai sót và tăng

khả năng so sánh giữa các sự kiện. Thay vì xử lý dữ liệu rời rạc, quy trình cung cấp khung làm việc có hệ thống: từ khâu thu thập dữ liệu mưa đầu vào, tổ chức thành dạng lưới không gian – thời gian, đến các bước nội suy, hiển thị và xuất bản đồ. Quy trình xử lý và thành lập bản đồ mưa giờ được thực hiện qua 7 bước (hình 6) hoàn toàn bằng phần mềm R kết hợp với các gói công cụ sẵn có như `jsonlite`, `httr`, `dplyr`, `xts`, `ggplot2`, `geom_raster`, `shapefile`.



Hình 6. Quy trình xử lý dữ liệu và thành lập bản đồ mưa giờ

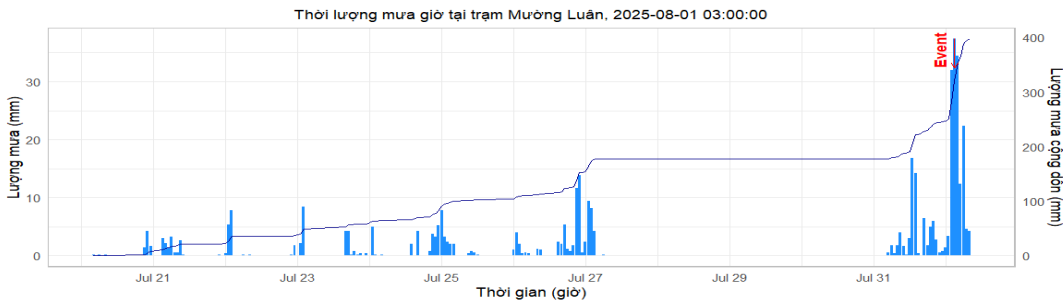
#### 2.4. Phân tích sự ảnh hưởng của diễn biến mưa giờ tới sự hình thành lũ quét qua số liệu ghi nhận về thiệt hại

Phương pháp phân tích sự ảnh hưởng của mưa giờ đến lũ quét được thực hiện thông qua hai hướng tiếp cận bổ sung: đối chiếu sự kiện và so sánh không gian. Đối chiếu các chuỗi mưa giờ với thời điểm xảy ra lũ quét nhằm xác định các dạng phân bố của mưa tại các trạm khu vực xuất hiện lũ quét trước thời điểm xảy ra thiên tai. Khi đó các thời điểm xảy ra thiên tai được xác định là thời điểm lượng mưa giờ lớn nhất được ghi nhận (2025-08-01 03:00 tại trạm Mường Luân; 2025-05-17 23:30 tại trạm Yên Dương; 2023-08-05 23:00 tại trạm Khoen On). Bên cạnh đó, so sánh không gian nhấn mạnh việc đối chiếu bản đồ phân bố mưa với bản đồ các điểm ghi nhận thiệt hại, qua đó kiểm tra xem vị trí các khu vực chịu ảnh hưởng lũ quét có trùng khớp với vùng mưa cường độ cao nhất trong chuỗi giờ hay không. Để xác định cả vùng bị ảnh hưởng và vùng không bị ảnh hưởng, bài báo này đã xử lý dữ liệu và so sánh không gian đối với toàn bộ khu vực miền núi phía Bắc. Sự kết hợp giữa hai phương pháp này vừa làm rõ mối quan hệ theo thời gian, vừa khẳng định vai trò chi phối của không gian, từ đó cung cấp bằng chứng khoa học để xây dựng các ngưỡng cảnh báo mưa giờ gắn trực tiếp với rủi ro thiệt hại do lũ quét.

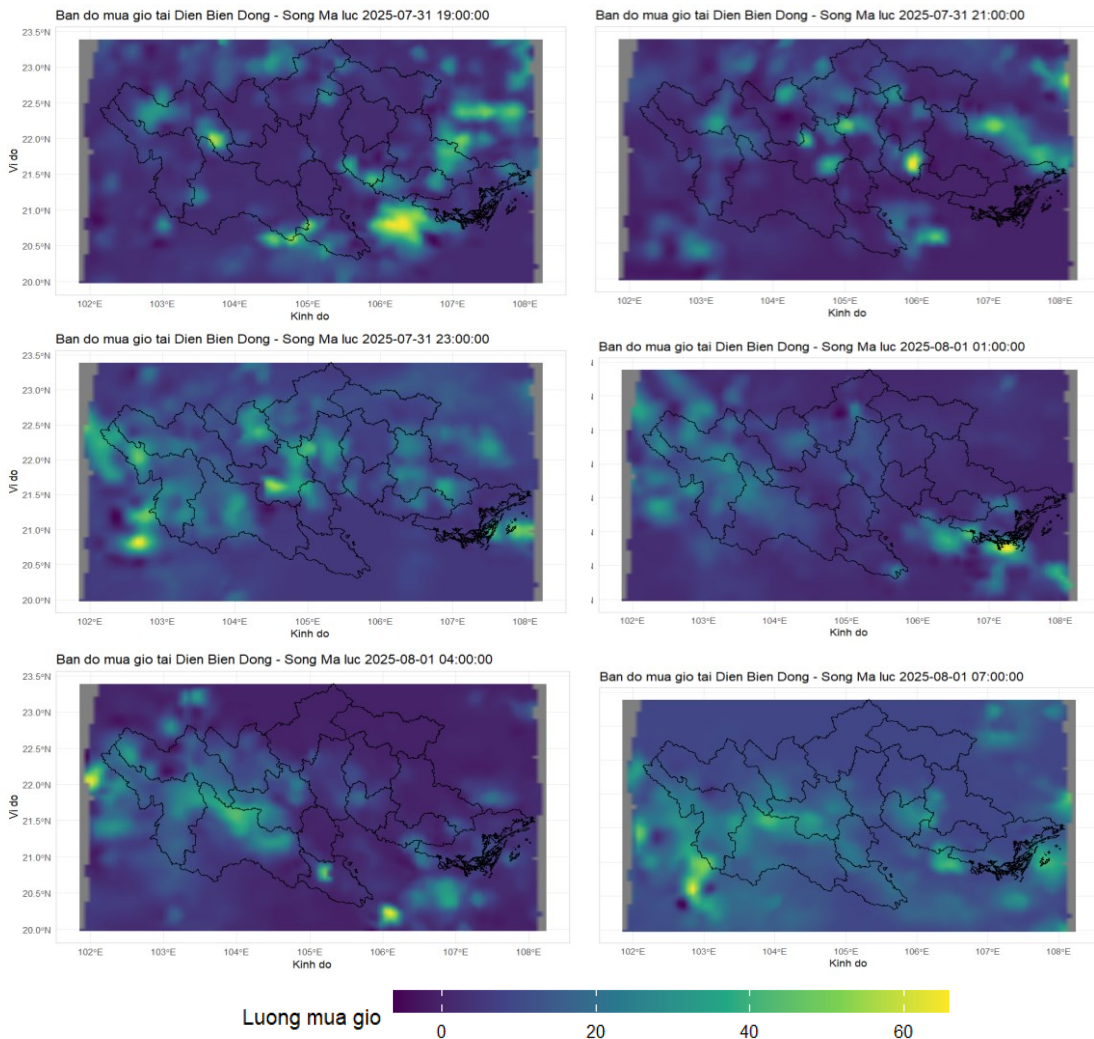
### 3. Kết quả thành lập bản đồ mưa giờ cho một số sự kiện lũ quét

#### 3.1. Ngày 31/07/2025 đến 01/08/2025

Theo số liệu quan trắc tại trạm Mường Luân (Điện Biên Đông - đầu nguồn sông Mã) còn cho thấy mưa còn diễn ra liên tục nhiều ngày trước khi xảy ra lũ quét. Lượng mưa giờ liên tục kéo dài trong 23 giờ (bắt đầu từ 05:00 ngày 31/07/2025) và lớn nhất vào lúc 03:00 ngày 01/08/2025 đạt 45mm/ giờ.



Hình 7. Diễn biến mưa giờ tại trạm Mường Luân (Điện Biên Đông)



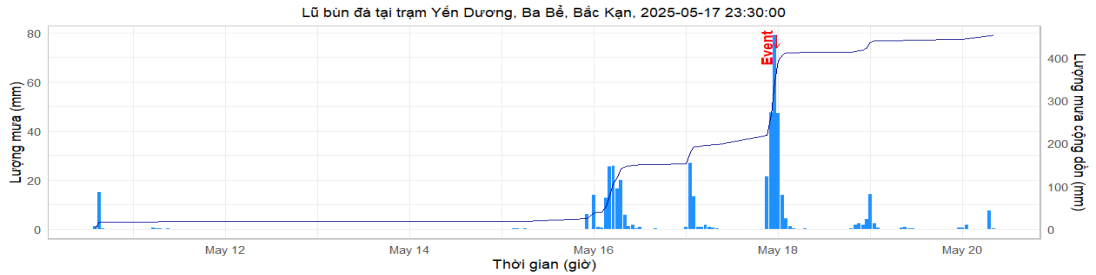
Hình 8. Bản đồ chuỗi phân bố mưa giờ khu vực miền núi phía Bắc từ 19:00 ngày 31/07/2025 đến 07:00 ngày 01/08/2025

Ban đầu khu vực Điện Biên, Sơn La hình thành các điểm mây giông diện nhỏ hẹp với lượng mưa khoảng 30mm/giờ bắt đầu từ khoảng đầu giờ chiều ngày 31/07/2025. Càng về chiều mưa lớn hơn do tương tác giữa áp thấp nóng phía Tây và không khí lạnh kích thích sự phát triển của các dải mây đối lưu, gây mưa cường độ cao và cục bộ. Đới mây giông có xu hướng dịch chuyển dần từ phía Tây sang Đông và lớn dần hình thành thành mưa diện rộng toàn bộ khu vực tỉnh Điện Biên và phía Tây Sơn La. Thời điểm 23:00 31/07/2025 lượng mưa bắt đầu hình thành rõ hơn trên diện rộng thể hiện rõ trên hình 8.

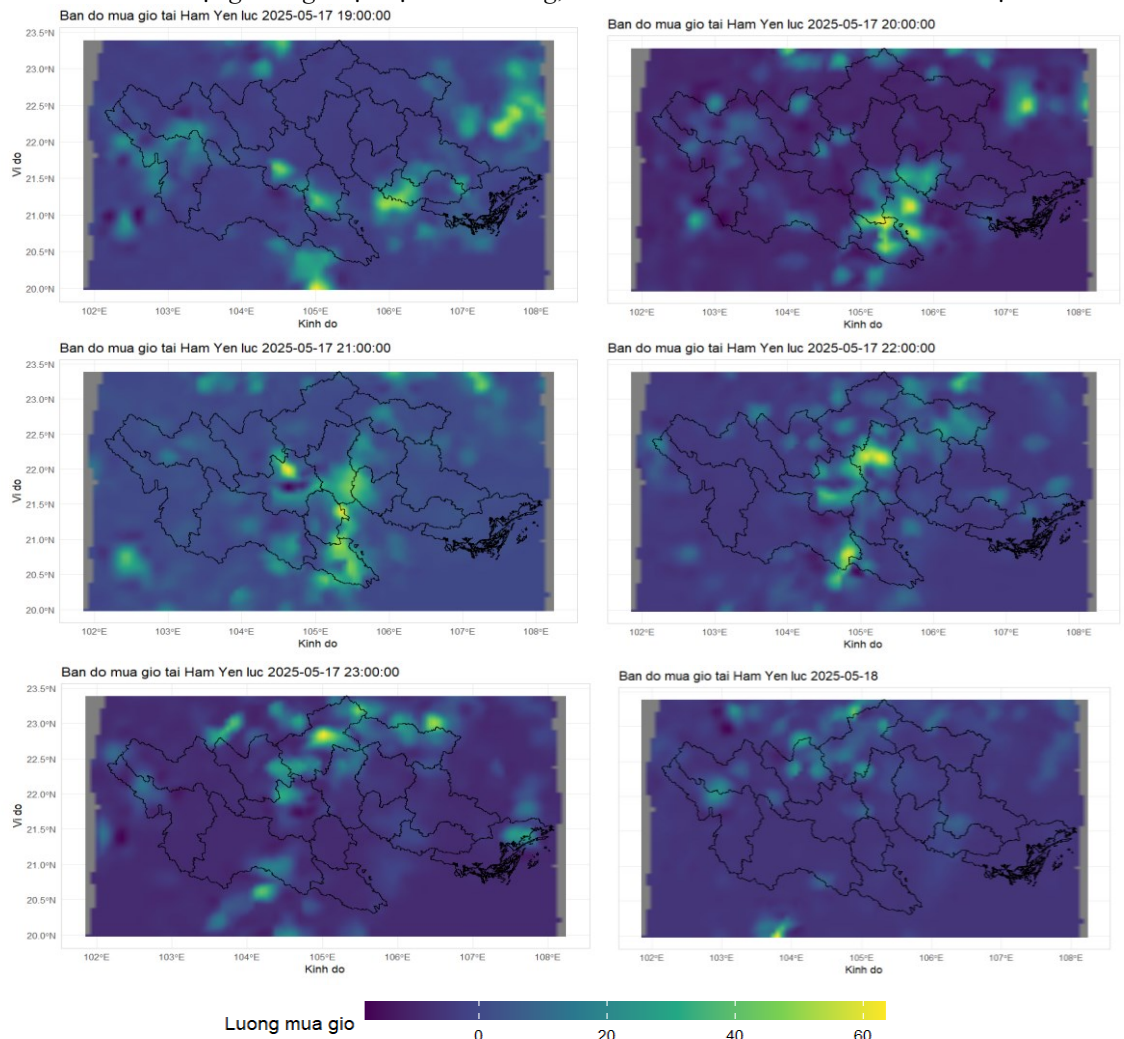
Hiện tượng mưa diện rộng này diễn ra khá dài và liên tục trong khoảng từ 23:00 31/07/2025 đến 07:00 01/08/2025. Lượng mưa giờ tại lớn nhất ghi nhận theo số liệu thu được từ Open Meteo API tại khu vực Điện Biên, Sơn La là 62mm/ giờ.

### 3.2. Ngày 17/05/2025 đến 18/05/2025

Số liệu quan trắc tại trạm Yên Dương (huyện Ba Bể, Bắc Kạn) còn cho thấy mưa còn diễn ra liên tục 2 ngày hôm trước khi xảy ra lũ quét. Lượng mưa giờ liên tục kéo dài trong 62 giờ (bắt đầu từ 10:00 ngày 15/05/2025) và lớn nhất vào lúc 23:30 ngày 17/05/2025 đạt 80mm/ giờ.



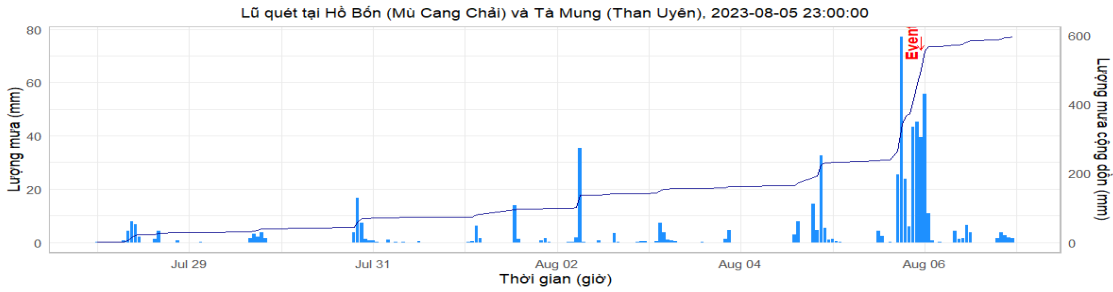
Hình 9. Lượng mưa giờ tại trạm Yên Dương, Ba Bể trước thời điểm lũ bùn đá xuất hiện



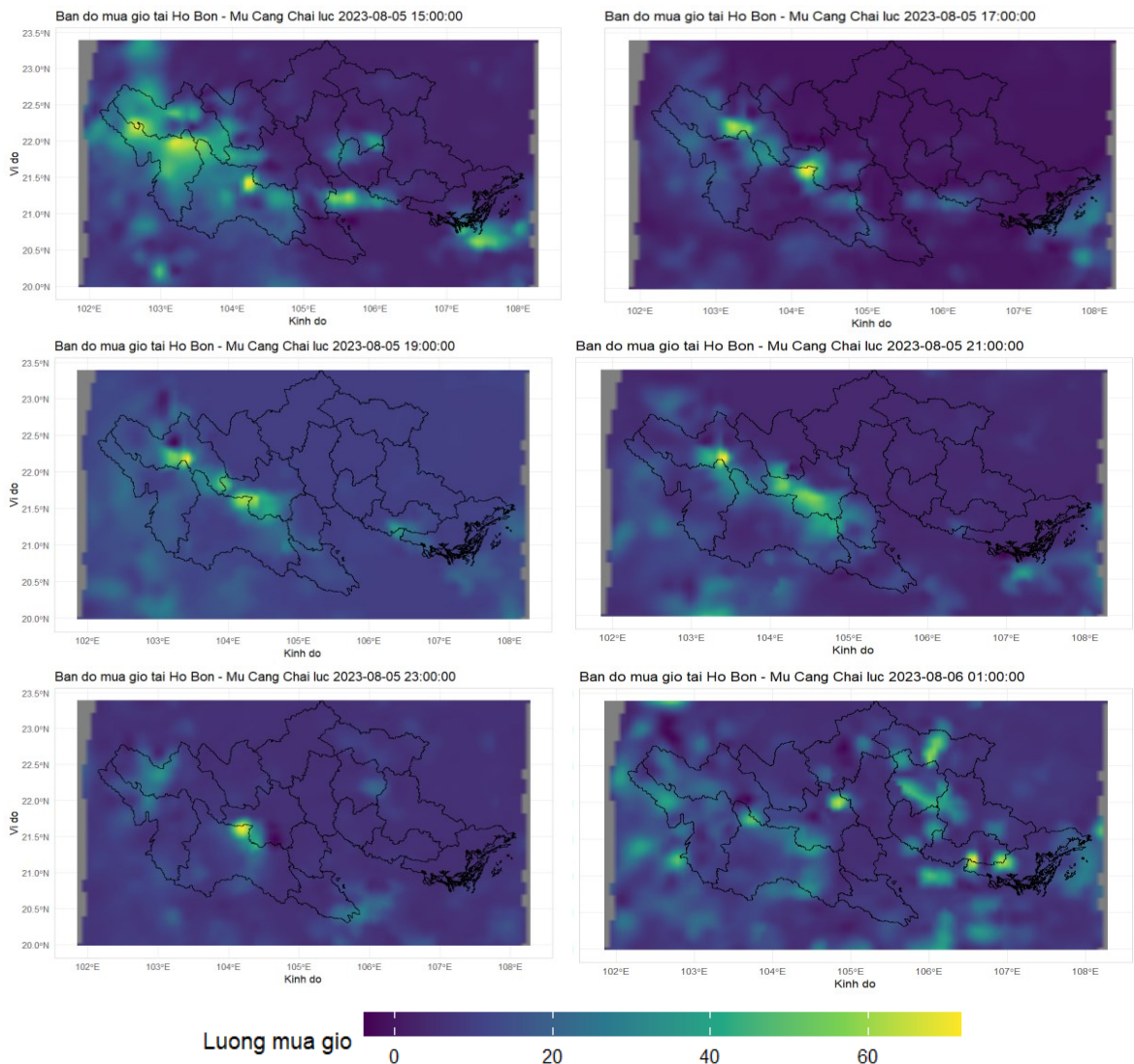
Hình 10. Bản đồ chuỗi phân bố mưa giờ khu vực miền núi phía Bắc từ 19:00 ngày 17/05/2025 đến 00:00 ngày 18/05/2025

### 3.3. Ngày 05/08/2023 đến 06/08/2023

Số liệu quan trắc tại trạm Khoen On (huyện Than Uyên) cho thấy mưa diễn ra liên tục nhiều ngày trước khi xảy ra lũ quét. Lượng mưa giờ liên tục kéo dài trong 6 giờ (bắt đầu từ 12:00 ngày 05/08/2023) và lớn nhất vào lúc 18:00 ngày 05/08/2023 đạt 75mm/ giờ và xuất hiện lũ bùn đá lúc 23:00.



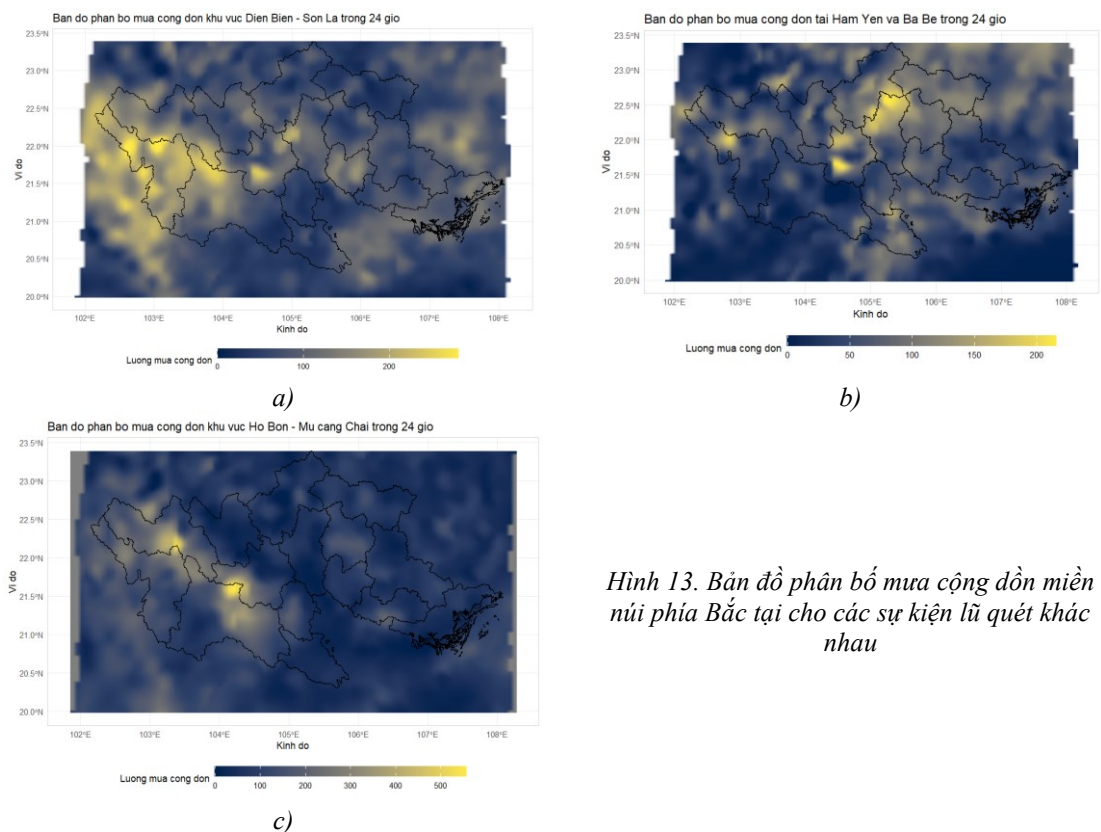
Hình 11. Diễn biến mưa giờ tại trạm Khoen On (Than Uyên)



Hình 12. Bản đồ chuỗi phân bố mưa giờ khu vực miền núi phía Bắc từ 15:00 ngày 05/08/2023 đến 01:00 ngày 06/08/2023

### 3.4. Thảo luận

Sự hình thành lũ quét ở khu vực miền núi là một hiện tượng phức tạp, phụ thuộc vào cả yếu tố thời gian (đặc điểm mưa) và các yếu tố không gian (địa hình, địa chất, thảm phủ thực vật và sử dụng đất). Các sự kiện lũ quét trong nghiên cứu này được xác định là do các hình thái thời tiết gây mưa lớn trong thời gian ngắn, điển hình là các đối hội tụ gió trên cao hoặc tương tác giữa áp thấp nóng phía Tây và không khí lạnh. Do cường độ mưa rất lớn và thời gian mưa ngắn, dường như các yếu tố không gian đóng vai trò thứ yếu trong việc kích hoạt lũ quét so với yếu tố lượng mưa. Ngược lại, đối với các hình thái thời tiết gây mưa diện rộng kéo dài như bão và hoàn lưu bão (chưa được xem xét trong nghiên cứu này), yếu tố không gian sẽ có ảnh hưởng lớn hơn đến sự hình thành và phân bố của lũ quét.



Hình 13. Bản đồ phân bố mưa cộng dồn miền núi phía Bắc tại cho các sự kiện lũ quét khác nhau

Phân tích bản đồ mưa giờ tại các khu vực miền núi phía Bắc cho thấy cường độ và phạm vi mưa có sự biến đổi nhanh chóng. Một đám mây giông ban đầu có quy mô nhỏ có thể di chuyển và mở rộng liên tục, tạo ra một vùng mưa rộng lớn gây lũ quét. Thời gian hình thành của các đối mây giông cho ba sự kiện lũ quét được xem xét chỉ kéo dài trong khoảng 10 giờ. Cường độ mưa giờ cực đại thường vượt quá 60 mm, và những vị trí có cường độ mưa này thường là nơi ghi nhận thiệt hại nặng nề nhất.

Bên cạnh cường độ mưa giờ, lượng mưa tích lũy cũng cho thấy mối liên hệ chặt chẽ với phạm vi ảnh hưởng của lũ quét. Phân bố mưa cộng dồn trong 24 giờ tại các khu vực xảy ra lũ quét đều cho thấy những vùng bị ảnh hưởng có lượng mưa tích lũy lớn. Cụ thể, tại những điểm ghi nhận ảnh hưởng của lũ quét, lượng mưa tích lũy trong 24 giờ thường lớn hơn 200 mm. So sánh phân bố không gian cho thấy vị trí lũ quét ở hình 1 tương đồng với lượng mưa phân bố trong hình 13a, vị trí lũ quét ở hình 2 tương đồng với lượng mưa



phân bố trong hình 13b và vị trí lũ quét trong hình 3 tương đồng với lượng mưa phân bố hình 13c. Những phát hiện này không chỉ góp phần xác định ngưỡng mưa cho các sự kiện lũ quét mà còn hỗ trợ việc xây dựng các công cụ cảnh báo ứng phó.

#### 4. Kết luận

Nghiên cứu này đã thành công trong việc xây dựng một phương pháp hiệu quả để khai thác, xử lý và thành lập bản đồ mưa giờ từ các nguồn dữ liệu khí tượng mở, nhằm phục vụ cho việc phân tích diễn biến và phạm vi ảnh hưởng của các sự kiện lũ quét. Các kết quả chính của nghiên cứu bao gồm:

1. Quy trình gồm 7 bước từ thu thập, xử lý và xây dựng bản đồ bằng ngôn ngữ lập trình R và dữ liệu từ các nguồn mở như GPM, ERA5 đã chứng minh khả năng tái tạo một cách chính xác diễn biến của các trận mưa cực đoan, bao gồm cả cường độ và phạm vi không gian. Phương pháp này đặc biệt hữu ích cho các khu vực miền núi, nơi mật độ trạm quan trắc mưa không đều và thưa ở vùng miền núi.
2. Phân tích cho thấy có một mối liên hệ chặt chẽ giữa cường độ mưa giờ cực đại (>60 mm/giờ) và lượng mưa tích lũy trong 24 giờ (>200 mm) với mức độ thiệt hại thực tế của các sự kiện lũ quét: (1) lũ quét rạng sáng ngày 1/8/2025 tại các khu vực Điện Biên Đông (Điện Biên) và Sông Mã (Sơn La); (2) lũ quét ngày tối ngày 17/5/2025 tại khu vực thị trấn Na Hang và Chiêm Hóa (Tuyên Quang) và tại Ba Bể (Bắc Kạn); (3) lũ quét tối ngày 5/8/2023 tại khu vực xã Hồ Bốn, Lao Chải (Mù Cang Chải, Yên Bái) và xã Tà Mung, Khoen On (Than Uyên, Lai Châu). Những phát hiện này cung cấp cơ sở định lượng quan trọng để xác định các ngưỡng mưa cảnh báo lũ quét.
3. Sản phẩm bản đồ mưa giờ không chỉ là một công cụ phân tích hữu ích cho các nghiên cứu lịch sử mà còn là tiền đề trong việc xây dựng các hệ thống cảnh báo sớm lũ quét theo thời gian thực. Bằng cách tích hợp dữ liệu mưa giờ vào các mô hình thủy văn và địa chất, mô hình học máy để phục vụ phân tích cảnh báo các khu vực có nguy cơ cao, giúp người dân chủ động hơn trong công tác cảnh báo ứng phó.

#### Lời cảm ơn

Nghiên cứu này đã sử dụng dữ liệu tổng hợp của đề tài cấp nhà nước mã số ĐTĐL.CN-78/21, của Viện Các Khoa học Trái đất, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

#### Cam kết của các tác giả

Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả

#### Tài liệu tham khảo

- [1] Cao Đăng Dư, Lê Bắc Huỳnh. “Lũ quét: Nguyên nhân và biện pháp phòng tránh”. Nhà xuất bản Nông nghiệp, 2000.
- [2] Lê Thanh Hà. “Những điều cần biết về lũ quét”. Sách chuyên khảo. Nhà xuất bản Tài nguyên môi trường và Bản đồ Việt Nam, 2017.
- [3] Bryndal, T. “The impact of extreme rainfall and flash floods on the food risk management process and geomorphological changes in small Carpathian catchments: a case study of the Kasiniczanka river (Outer Carpathians, Poland)”. *Nat Hazards* Vol88(1):95–120. 2017
- [4] Fei He, Suxia Liu, Xingguo Mo & Zhonggen Wang. “Interpretable flash flood susceptibility mapping in Yarlung Tsangpo River Basin using H2O Auto-ML”. *Sci Rep* 15, 1702, 2025.
- [5] Al-Kindi, K.M., Alabri, Z. “Investigating the Role of the Key Conditioning Factors in Flood Susceptibility Mapping Through Machine Learning Approaches”. *Earth Syst Environ* 8, 63–81, 2024.
- [6] Nguyễn Thị Mỹ Duyên, Hà Quang Hải. “Xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ lũ quét ở huyện Hương Khê, Hà Tĩnh”. *Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ*, Vol 20 số T4-2017.



- [7] Đào Minh Đức, Vũ Cao Minh, Hoàng Hải Yến, Phạm Quang Anh, Đặng Kinh Bắc. “Đánh giá nguy cơ hình thành lũ quét trên suối Nghĩa Đô, huyện Bảo Yên, tỉnh Lào Cai bằng phương pháp phân tích thống kê”. *Tạp chí Khí tượng thủy văn EME4*, 341-354, 2022.
- [8] Vũ Cao Minh. Nghiên cứu đánh giá tai biến lũ quét – lũ bùn đá các tỉnh phía Bắc - đề tài nhánh thuộc đề tài “Nghiên cứu đánh giá tổng hợp các loại hình tai biến địa chất lãnh thổ Việt Nam và các giải pháp phòng chống” *Đề tài NCKH độc lập cấp Nhà nước 1999- 2003 Viện Địa chất*, 2013.
- [9] Lê Bắc Huỳnh, Dương Thiên Lý. “Khái quát về những đặc điểm hình thể thời tiết gây mưa dẫn tới hình thành lũ lớn trên hệ thống sông Hồng - Thái Bình”. *Tạp chí Khí tượng thủy văn* 1992, 382, 5-13, 1992.
- [10] Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Biavati, G., Horányi, A., Muñoz Sabater, J., Nicolas, J., Peubey, C., Radu, R., Rozum, I., Schepers, D., Simmons, A., Soci, C., Dee, D., Thépaut, J-N. “ERA5 hourly data on single levels from 1940 to present”. *ECMWF* 2023.
- [11] Huffman, G. J., Bolvin, D. T., Braithwaite, D., Hsu, K., Joyce, R., Kidd, C., ... & Xie, P. “Integrated Multi-satellite Retrievals for GPM (IMERG) algorithm theoretical basis document (ATBD)” Version 06. NASA, 2020.
- [12] Vennari Carmela, Parise .M, Nicoletta Santangelo, Antonio Santo. “A database on flash flood events in Campania, southern Italy, with an evaluation of their spatial and temporal distribution”. *Natural Hazards and Earth System Sciences*. Vol 16(12):2485-2500, 2016.
- [13] Lyra, G., Oliveira-Júnior, J. F., & Zeri, Marcelo. Cluster analysis applied to the spatial and temporal variability of monthly rainfall in Alagoas state, Northeast of Brazil. *International Journal of Climatology*, 34, 2014 .
- [14] Mondal, Arun., Khare, D., & Kundu, S. Spatial and temporal analysis of rainfall and temperature trend of India. *Theoretical and Applied Climatology* , 122, 143-158, 2015.
- [15] Đỗ Hồng Hoạt, Lê Ngọc Quyền, Vũ Diệu Hồng, Nguyễn Công Thành. “Xây dựng công cụ ước lượng mưa từ độ phản hồi radar bằng công nghệ AI”. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, 747, 70-80, 2023.
- [16] Trần Trung Hiếu, Phạm Văn Tiền, Nguyễn Công Quân, Trần Quốc Cường, Phạm Thanh Hải, Chu Văn Dũng, Nguyễn Trung Thành, Nguyễn Đức Anh và Bùi Phương Thảo. “Đánh giá phạm vi ảnh hưởng dòng lũ bùn đá bằng mô hình LAHARZ - Trường hợp nghiên cứu tại lưu vực đầu nguồn bản Trống Là, xã Hồ Bốn, Mù Cang Chải, Yên Bái”. *Tạp chí Khoa học kỹ thuật Mỏ - Địa chất*, số 66, kỳ 1, tr. 31-42, 2025.
- [17] Zippenfenig, P. Open-Meteo.com Weather API. *Zenodo.*, 2023.

