

**BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ MÔI TRƯỜNG
VIỆN KHOA HỌC THỦY LỢI VIỆT NAM**

BÁO CÁO SẢN PHẨM 1

**BÁO CÁO TỔNG HỢP TÌNH HÌNH, ĐÁNH GIÁ
TÁC ĐỘNG, THIỆT HẠI VÀ XÁC ĐỊNH ĐƯỢC
CÁC NHÂN TỐ CHÍNH GÂY LŨ QUÉT LÀM
THIỆT HẠI TẠI KHU VỰC NGHIÊN CỨU**

**ĐỀ TÀI: NGHIÊN CỨU ÚNG DỤNG TRÍ TUỆ NHÂN TẠO
VÀ DỮ LIỆU ĐỊA KHÔNG GIAN ĐỂ PHÂN VÙNG LŨ
QUÉT QUY MÔ CẤP HUYỆN**

Cơ quan chủ quản: Bộ Nông nghiệp và Môi trường
Tổ chức chủ trì: Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam
Chủ nhiệm: Lê Văn Thìn
Thời gian thực hiện: 01/2023÷06/2025

HÀ NỘI - 2025

MỤC LỤC

CHƯƠNG 1. PHÂN TÍCH, LỰA CHỌN VÀ ĐÁNH GIÁ HIỆN TRẠNG KHU VỰC NGHIÊN CỨU	1
1.1. Lựa chọn khu vực nghiên cứu	1
1.2. Dữ liệu địa không gian	6
1.3. Tình hình lũ quét khu vực nghiên cứu	10
1.3.1. Mô tả chi tiết các sự kiện lũ đã xảy ra trong những năm gần đây tại huyện Mù Cang Chải, tỉnh Yên Bai	10
1.3.2. Tổng hợp các trận lũ quét trên địa bàn huyện Mù Cang Chải trong những năm gần đây.....	15
CHƯƠNG 2. ĐIỀU TRA THỰC ĐỊA PHỤC VỤ XÂY DỰNG MÔ HÌNH PHÂN VÙNG LŨ QUÉT	17
2.1. Danh mục các tài liệu thu thập tại TW và địa phương.....	17
2.2. Chuẩn hóa dữ liệu không gian.....	19
CHƯƠNG 3. ĐÁNH GIÁ DỮ LIỆU THU THẬP VÀ NGUYÊN NHÂN GÂY LŨ QUÉT TRONG NHỮNG NĂM GẦN ĐÂY	22
3.1. Các loại dữ liệu thu thập.....	22
3.2. Tác động của các yếu tố đến sự hình thành lũ quét trên khu vực nghiên cứu	25
KẾT LUẬN, KIẾN NGHỊ	30
TÀI LIỆU THAM KHẢO	32

CHƯƠNG 1. PHÂN TÍCH, LỰA CHỌN VÀ ĐÁNH GIÁ HIỆN TRẠNG KHU VỰC NGHIÊN CỨU

1.1. Lựa chọn khu vực nghiên cứu

Khu vực miền núi phía Bắc là khu vực thường xuất hiện loại hình thiên tai lũ quét và sạt lở đất. Vào mùa mưa lũ hàng năm, các khu vực miền núi có độ dốc lớn liên tục nhận được những thông tin cảnh báo về nguy cơ lũ quét từ cơ quan Trung Ương và địa phương.

Nghiên cứu này tập trung vào đánh giá khả năng ứng dụng trí tuệ nhân tạo và dữ liệu địa không gian để phân vùng lũ quét cấp huyện. Đây là định hướng quan trọng ban đầu và cũng xuyên suốt toàn bộ nghiên cứu. Do đó, việc lựa chọn khu vực nghiên cứu đóng vai trò quyết định đến tính khả thi và chất lượng của nghiên cứu ứng dụng trí tuệ nhân tạo và dữ liệu địa không gian trong phân vùng lũ quét. Quá trình lựa chọn này cần dựa trên các tiêu chí khoa học rõ ràng, phù hợp với mục tiêu nghiên cứu và khả năng thực hiện. Nghiên cứu này lựa chọn huyện Mù Cang Chải, tỉnh Yên Bai làm khu vực nghiên cứu điển hình dựa trên hệ thống tiêu chí đã được thiết lập và đánh giá toàn diện.

Thứ nhất là việc lựa chọn quy mô nghiên cứu ở cấp huyện:

Việc xác định quy mô nghiên cứu ở cấp huyện xuất phát từ những cơ sở khoa học và thực tiễn vững chắc. Nghiên cứu này hướng tới phạm vi quy mô cấp huyện do nhiều yếu tố quan trọng tạo nên sự phù hợp và tối ưu cho mục tiêu đánh giá khả năng ứng dụng công nghệ tiên tiến.

Về phạm vi nghiên cứu lũ quét, hiện tượng này thường xảy ra ở các lưu vực nhỏ có diện tích trong khoảng từ 10 đến 100km². Ở quy mô cấp huyện, có thể tồn tại vài chục lưu vực hợp thành và tập trung ở sông chính, tạo ra một hệ thống đa dạng về đặc trưng địa hình và thủy văn. Số lượng lưu vực này đủ để mô hình trí tuệ nhân tạo có thể học được sự đa dạng về đặc trưng các lưu vực sinh lũ quét, từ lưu vực nhỏ với đặc điểm thung lũng hẹp đến lưu vực trung bình với lòng chảo rộng hơn trong cùng một phạm vi nghiên cứu. Điều này tạo ra một tập dữ liệu phong phú và đại diện, mà phạm vi cấp xã khó có thể đủ về mặt quy mô để cung cấp đầy đủ sự đa dạng cần thiết cho việc huấn luyện mô hình hiệu quả.

Về năng lực xử lý tính toán, đây là một yếu tố quan trọng trong thời đại dữ liệu lớn và học máy. Nghiên cứu tiềm năng thường không được đầu tư hệ thống máy chủ hiện đại với chi phí lớn, do đó việc xử lý dữ liệu không gian cho mô hình học máy và học sâu không thể thực hiện được đối với khu vực lớn ở quy mô cấp tỉnh hay quốc gia. Điều này ảnh hưởng trực tiếp đến giới hạn tính toán và khả năng triển khai nghiên cứu. Ở quy mô cấp tỉnh hay quốc gia, năng lực xử lý tính toán ở độ phân giải 30m có thể cần đến hệ thống máy chủ lớn và chuyên nghiệp, vượt quá khả năng của hầu hết các nghiên cứu học thuật.

Mật độ quan trắc là yếu tố then chốt khác trong việc xác định quy mô nghiên cứu. Ở quy mô cấp huyện, số lượng các trạm quan trắc mưa hiện nay có thể đủ để phản ánh được sự phân bố mưa một cách tương đối chính xác. Trong khi đó, ở quy mô cấp xã hay nhỏ hơn, chỉ có thể một vài trạm quan trắc mưa được ghi nhận, dẫn đến khó khăn trong việc nắm bắt được sự phân bố hay tác động hình thành đến lũ quét. Ngược lại, ở quy mô quá lớn như cấp tỉnh, mật độ trạm quan trắc có thể không đủ để đảm bảo độ chính xác cần thiết cho mô hình.

Quan trọng nhất, mục tiêu nghiên cứu tập trung vào việc đánh giá khả năng ứng dụng công nghệ AI và dữ liệu địa không gian trong phân vùng lũ quét. Điều này không đòi hỏi phải thực hiện ở quy mô quá lớn như cấp tỉnh hay vùng. Bản chất của việc "đánh giá khả năng ứng dụng" là chứng minh tính khả thi, hiệu quả và độ tin cậy của phương pháp, chứ không phải đo lường quy mô triển khai tối đa. Tại quy mô cấp huyện, có thể kiểm chứng đầy đủ các khía cạnh then chốt: khả năng xử lý dữ liệu đa nguồn, hiệu quả của các thuật toán machine learning và deep learning, độ chính xác của kết quả phân vùng, và tính ứng dụng thực tế của sản phẩm.

Thứ hai là tiêu chí về lịch sử:

Mù Cang Chải, một huyện núi thuộc tỉnh Yên Bái, nổi tiếng với danh thắng ruộng bậc thang, cũng là điểm nóng về lũ quét tại Việt Nam trong nhiều năm qua. Các sự kiện lũ quét từ năm 2017 đến 2023 đã cho thấy tính chất nguy hiểm cao của hiện tượng thiên tai này ở khu vực địa hình chia cắt, định hình sông suối dịch chuyển nhanh và dân cư phân bố theo dòng suối. Các sự kiện lũ quét kinh hoàng trong những năm gần đây đã minh chứng rõ nét về mức độ tàn phá và những thách thức dai dẳng mà người dân cùng chính quyền địa phương phải đối mặt.

Đa số các trận lũ đều xảy ra vào khoảng thời gian ban đêm hoặc rạng sáng (như các sự kiện ngày 03/08/2017 [1, 2, 3] và 06/08/2023 [4]), hoặc vào đầu giờ sáng (20/07/2018). Đây là khoảng thời gian mà người dân ít có sự cảnh giác, dễ bị động và khó khăn trong việc di chuyển, dẫn đến thiệt hại nặng nề về người và tài sản. Thời điểm xảy ra lũ quét thường tập trung vào các tháng mùa mưa chính (tháng 7 và tháng 8), khi lượng mưa lớn kéo dài do ảnh hưởng của các hình thái thời tiết cực đoan như bão, áp thấp nhiệt đới hay dải hội tụ nhiệt đới.

Các trận lũ quét thường tập trung tại các suối, khe cạn, hoặc dọc theo các dòng sông nhỏ như Suối Háng Chú, Suối Nậm Kim, Suối Háng Gàng, Suối Ngòi Hút, Suối Mĩ Háng, cũng như tại các xã vùng thấp, có địa hình dốc như Hồ Bốn, Kim Nọi, Lao Chải, Khao Mang. Điều này hoàn toàn phù hợp với đặc tính hình thành của lũ quét, vốn là hiện tượng dòng chảy xiết chứa nhiều bùn đá, gỗ cây, xảy ra đột ngột tại các thung lũng hẹp, có độ dốc lớn. Đặc điểm địa hình đồi núi dốc, chia cắt mạnh cùng với lớp phủ thực vật dễ bị xói mòn là những yếu tố then chốt tạo nên môi trường thuận lợi cho lũ quét hình thành và phát triển.



Hình 1. Trận lũ xảy ra tại Hồ Bốn năm 2023

Một điểm đáng lưu ý khác là sự lặp lại của thiên tai. Mặc dù các trận lũ không xảy ra thường xuyên hàng năm tại cùng một địa điểm cụ thể, nhưng tần suất lũ quét lớn gây thiệt hại nghiêm trọng lại xuất hiện khá dày đặc trong những năm gần đây (2017, 2018, 2019, 2023). Điều này cho thấy Mù Cang Chải đang đối mặt với nguy cơ lũ quét ngày càng tăng cao, có thể do biến đổi khí hậu làm gia tăng cường độ mưa, hoặc do những tác động từ hoạt động của con người làm suy yếu khả năng chống chịu của tự nhiên.



Hình 2. Lũ quét tại suối Háng Chú năm 2017 [5]

Thứ ba: về mức độ nguy hiểm hay thiệt hại do lũ quét gây ra

Các sự kiện năm 2017 và 2018 [6, 2, 3] đã cướp đi sinh mạng của hàng chục người, bao gồm cả những người mất tích. Những con số này không chỉ là thống kê đơn thuần mà còn là những bi kịch gia đình, là sự mất mát không thể bù đắp. Ngay cả những trận lũ có vẻ "nhẹ" hơn như năm 2019 [7] cũng đã khiến người bị thương và ảnh hưởng đến hàng chục hộ gia đình.

Về tài sản, nhà cửa luôn là đối tượng chịu thiệt hại nặng nề nhất. Hàng trăm ngôi nhà đã bị cuốn trôi hoàn toàn, bị sập đổ do sạt lở đất hoặc hư hỏng nặng (32 nhà bị cuốn trôi, 14 nhà sập năm 2017 [1, 2, 3]; 79 nhà bị sập/cuốn trôi năm 2018 [6, 2, 3]; 248 nhà bị sập/trôi/hư hỏng nặng năm 2023 [4]). Điều này đặt ra gánh nặng tài chính không lồ cho chính quyền địa phương trong công tác hỗ trợ tái thiết, di dời dân cư đến vùng an toàn. Bên cạnh đó, hệ thống cơ sở hạ tầng công cộng cũng chịu ảnh hưởng nghiêm trọng. Các trường học (Trường mầm non Hoa Lan, Trường Tiểu học và THCS Thị trấn, Trung tâm Bồi dưỡng chính trị huyện) bị hư hỏng năm 2017 [8], và hệ thống điện, đường, trạm y tế cũng bị ảnh hưởng nặng nề năm 2023 [4]. Sự gián đoạn của các dịch vụ thiết yếu này không chỉ ảnh hưởng trực tiếp đến đời sống người dân mà còn cản trở quá trình phục hồi và phát triển kinh tế - xã hội của địa phương.

Thách thức lớn nhất sau mỗi trận lũ quét không chỉ dừng lại ở việc khắc phục hậu quả mà còn ở công tác tái thiết bền vững. Việc quy hoạch lại dân cư, xây dựng nhà ở an toàn hơn, kiên cố hơn, và đặc biệt là nâng cao ý thức chủ động phòng tránh thiên tai cho người dân là vô cùng cấp thiết. Bên cạnh đó, việc phục hồi sinh kế cho những hộ gia đình bị mất trắng tài sản cũng là một bài toán khó khăn, đòi hỏi sự chung tay của cả cộng đồng và các cấp chính quyền.

Tóm lại, việc lựa chọn Mù Cang Chải làm đối tượng nghiên cứu về lũ quét không chỉ phù hợp mà còn mang ý nghĩa chiến lược trong bối cảnh ứng dụng công nghệ hiện đại. Những dữ liệu về các trận lũ quét kinh hoàng vào các năm 2017, 2018, 2019 và 2023 không chỉ cung cấp một bức tranh rõ nét về mức độ tàn phá, mà còn là nguồn tài nguyên quý giá để phát triển và kiểm định các mô hình trí tuệ nhân tạo. Bằng cách khai thác dữ liệu địa không gian đa dạng – từ hình ảnh vệ tinh, bản đồ địa hình số (DEM), dữ liệu lượng mưa từ trạm quan trắc, đến thông tin về thảm thực vật và quy hoạch sử dụng đất – nghiên cứu có thể huấn luyện các thuật toán AI để nhận diện chính xác hơn các khu vực có nguy cơ cao, dự báo lũ quét với độ chính xác và thời gian cảnh báo sớm được cải thiện đáng kể. Sự phức tạp và tính chất lặp lại của thiên tai tại Mù Cang Chải biến nơi đây thành một "phòng thí nghiệm tự nhiên" lý tưởng để thử nghiệm các giải pháp công nghệ cao, từ đó không chỉ bảo vệ cộng đồng địa phương mà còn đóng góp vào kho tàng kiến thức ứng phó thiên tai toàn cầu.

Nghiên cứu chuyên sâu về lũ quét tại Mù Cang Chải, đặc biệt khi tích hợp AI và dữ liệu địa không gian, sẽ mở ra những hướng đi mới trong công tác phòng chống và giảm nhẹ rủi ro thiên tai. Thông qua việc phân tích chuyên sâu các yếu tố địa hình, thủy văn, và biến động khí hậu bằng các công cụ AI tiên tiến, nghiên cứu có thể hướng tới xây dựng các hệ thống cảnh báo sớm thông minh, đưa ra khuyến nghị chính xác hơn về quy hoạch sử dụng đất và tái định cư, cũng như tối ưu hóa các biện pháp công trình phòng chống lũ. Những kết quả nghiên cứu từ Mù Cang Chải không chỉ là bài học quý giá cho các vùng miền núi có đặc điểm tương tự ở Việt Nam, mà còn minh chứng cho tiềm năng to lớn của công nghệ trong việc biến những thách thức khắc nghiệt của thiên nhiên thành cơ hội để xây dựng cộng đồng kiên cường và bền vững hơn trước biến đổi khí hậu.

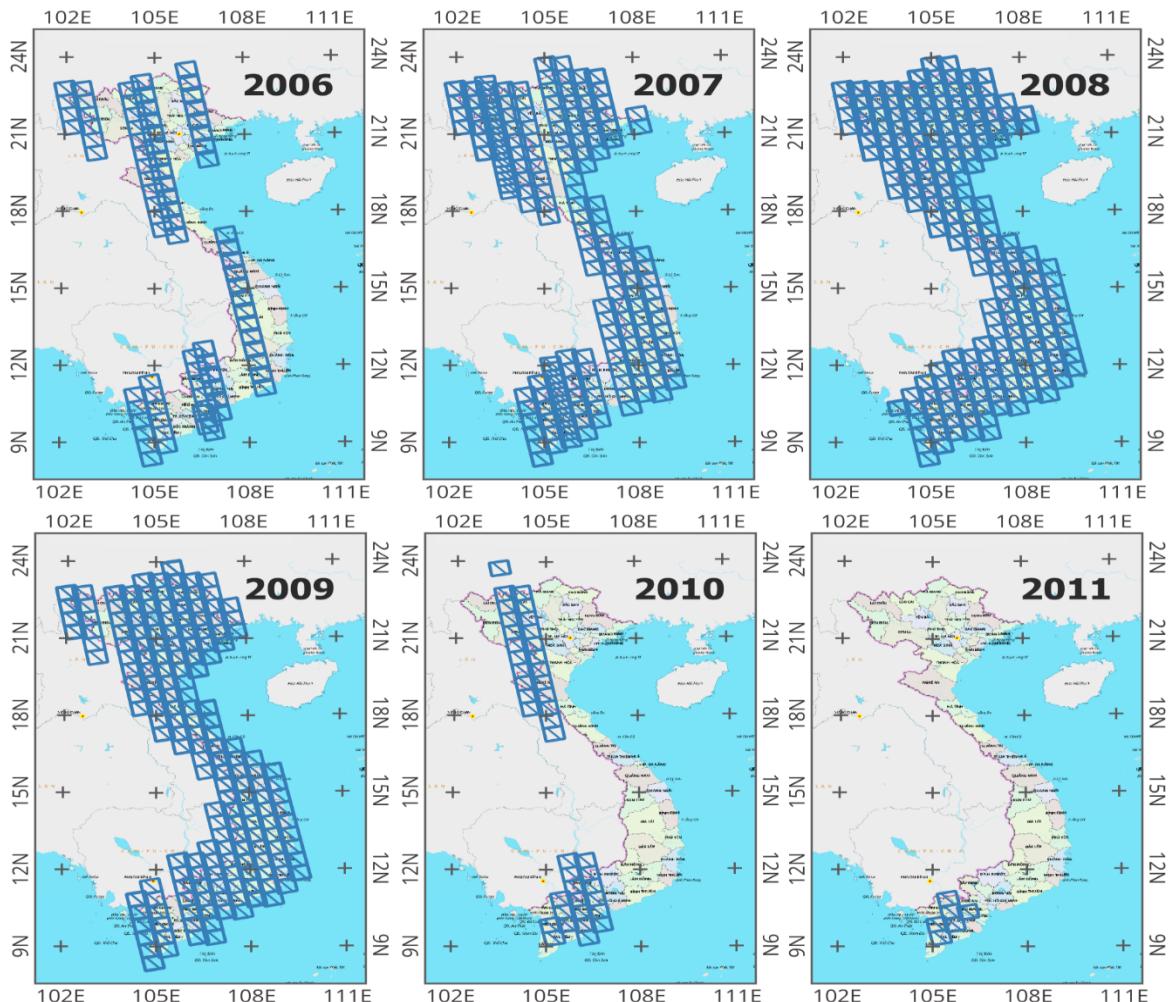
Bên cạnh đó, nghiên cứu cũng sẽ chỉ ra được sự phù hợp trong việc ứng dụng trí tuệ nhân tạo để phân vùng lũ quét, những nguyên lý hình thành hay đâu vào mang yếu tố lưu vực (thay vì giá trị nội tại điểm) kỳ vọng sẽ cho ra kết quả phù hợp trong việc phân vùng lũ quét không chỉ dựa vào đặc điểm nội tại của vị trí mà còn ảnh hưởng bởi yếu tố thượng nguồn. Giống như việc đào tạo một mô hình trí tuệ nhân tạo phân vùng lũ quét dưới vai trò của một nhà thủy văn học.

1.2. Dữ liệu địa không gian

Giai đoạn đầu tiên của quá trình nghiên cứu là tìm kiếm nguồn dữ liệu, các dữ liệu này ban đầu là các dữ liệu thô, có thể được sử dụng trực tiếp hoặc gián tiếp trong việc xây dựng mô hình trí tuệ nhân tạo. Ví dụ như dữ liệu mô hình số độ cao (DEM) có thể được sử dụng trực tiếp (giá trị độ cao) hay sử dụng gián tiếp (qua các giá trị về độ dốc, độ cong...).

Các dữ liệu thô trong nghiên cứu này được chia thành 5 nhóm: (1) Địa hình; (2) Đất và thuộc tính; (3) Dữ liệu quan trắc bề mặt; (4) Dữ liệu mưa; và (5) Các sự kiện lũ quét.

Dữ liệu địa hình: là dữ liệu đặc biệt quan trọng, có thể tạo ra các sản phẩm thứ cấp như độ dốc, chiều dài dòng chảy, mật độ sông suối, độ cong địa hình hay xác định lưu vực. Dữ liệu này bao gồm mô hình số độ cao (DEM) với độ phân giải cao, từ đó có thể trích xuất các đặc trưng địa hình quan trọng ảnh hưởng đến quá trình hình thành và phát triển lũ quét.

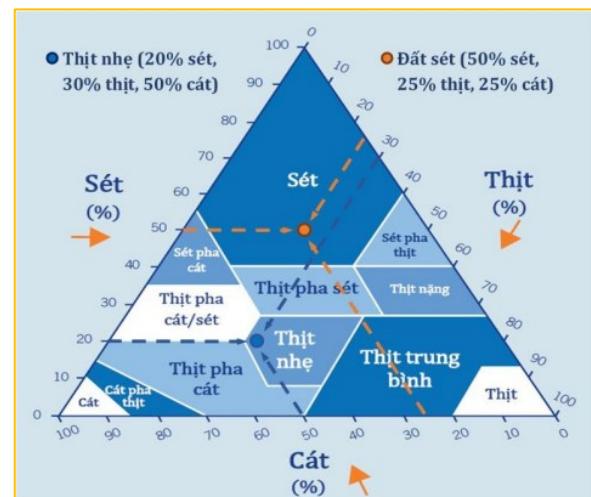


Hình 3. Sơ đồ phân bố các mảnh bản đồ địa hình độ phân giải 12,5m của ALOS

Các sản phẩm phái sinh từ DEM như bản đồ độ dốc giúp xác định những khu vực có khả năng tập trung dòng chảy nhanh, bản đồ hướng dốc cho biết xu hướng chảy của nước mặt, bản đồ độ cong địa hình phản ánh mức độ lồi lõm của bề mặt ảnh hưởng đến tốc độ dòng chảy. Thông qua phân tích thủy văn trên DEM, có thể xác định được ranh giới các lưu vực, mạng lưới sông suối, điểm tích tụ dòng chảy và các thông số thủy văn khác như diện tích lũy, thời gian tập trung, chiều dài dòng chảy chính. Những thông tin này đóng vai trò nền tảng trong việc hiểu biết về cơ chế hình thành lũ quét và xây dựng các mô hình dự báo.

Đất và thuộc tính: bao gồm thông tin về các loại đất, tính chất vật lý và hóa học của đất ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng thấm, giữ nước và tạo dòng chảy bề mặt. Dữ liệu này được thu thập từ bản đồ thổ nhưỡng chi tiết, kết hợp với các khảo sát thực địa để xác định các đặc trưng như loại đất, độ sâu tầng đất, thành phần cơ giới, độ thấm, độ ẩm bão hòa, khả năng giữ nước và các tính chất thủy lý khác. Ngoài ra, thông tin về độ dày tầng đất, mật độ thể tích, độ rỗng, và hàm lượng chất hữu cơ cũng được thu thập để đánh giá toàn diện về đặc tính thủy văn của đất. Dữ liệu này còn bao gồm thông tin về mức độ xói mòn đất, độ ổn định kết cấu đất và khả năng chống xói mòn, những yếu tố quan trọng trong quá trình hình thành và phát triển lũ quét.

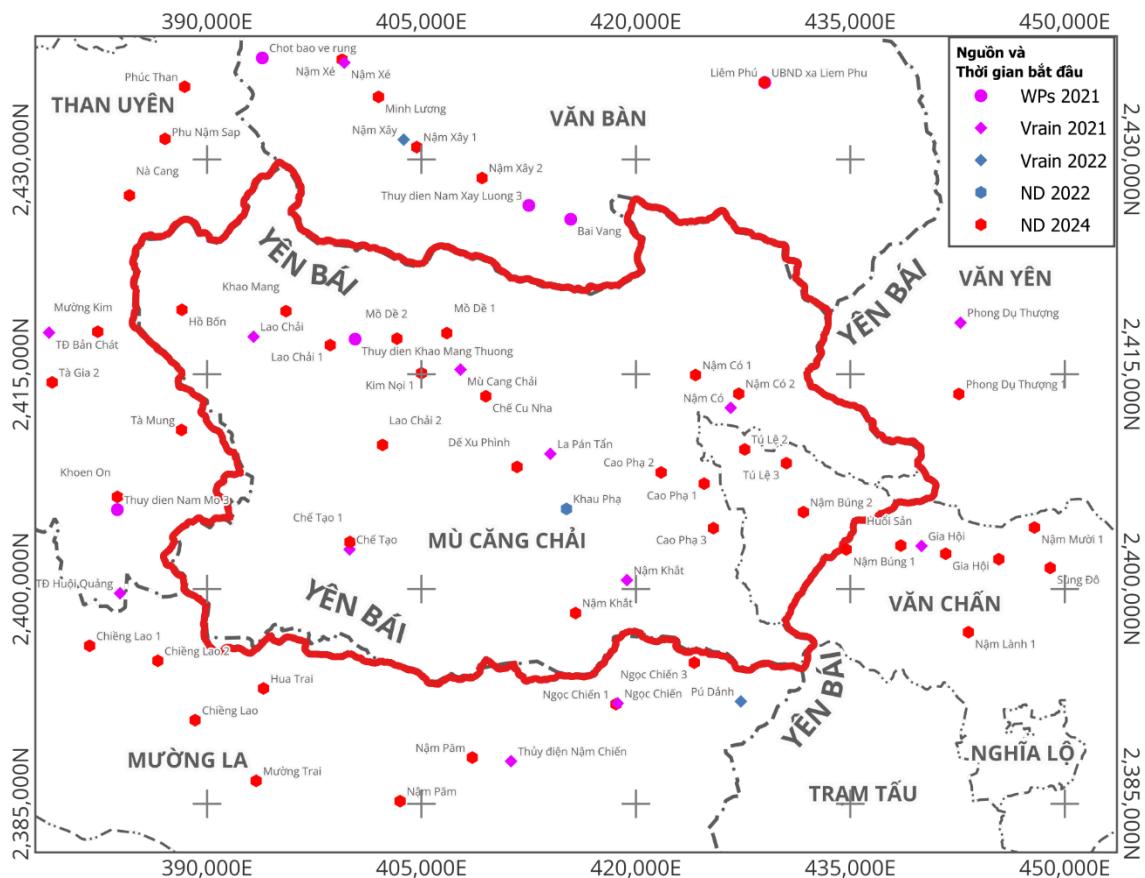
Thành phần của đất quyết định khả năng hấp thụ nước và trữ nước. Toàn bộ các loại đất được cấu tạo chủ yếu bởi 3 thành phần là Sét (clay), Thịt (silt) và Cát (sand). Sét có đặc điểm là tốc độ thấm chậm và khả năng giữ nước cao, và cát thì ngược lại, tốc độ thấm nhanh trong khi giữ nước thấp. Thịt có đặc điểm cân bằng trong thấm và giữ nước.



Dữ liệu quan trắc bề mặt: bao gồm thông tin về thảm phủ thực vật, sử dụng đất và các đặc trưng bề mặt khác thu thập từ ảnh vệ tinh và khảo sát thực địa. Dữ liệu thảm phủ được trích xuất từ các ảnh vệ tinh đa phổ như Landsat, Sentinel-2 với độ phân giải không gian và thời gian phù hợp, cho phép phân loại các loại thảm phủ như rừng tự nhiên, rừng trồng, đất nông nghiệp, đất trống, khu dân cư và các loại sử dụng

đất khác. Chỉ số thực vật chuẩn hóa (NDVI) là dữ liệu thứ cấp được tính toán để đánh giá mật độ và tình trạng phát triển của thảm phủ thực vật, yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến khả năng chặn giữ nước mưa và giảm tốc độ dòng chảy bờ mặt. Dữ liệu này cũng bao gồm thông tin về mật độ che phủ của tán rừng, chiều cao thực vật, cấu trúc tầng tán và các đặc trưng khác ảnh hưởng đến quá trình đánh chặn và bay hơi.

Dữ liệu mưa: là yếu tố kích hoạt chính của lũ quét, bao gồm chuỗi dữ liệu quan trắc từ các trạm khí tượng, trạm đo mưa tự động và dữ liệu mưa vệ tinh. Dữ liệu mưa quan trắc tại các trạm cung cấp thông tin chính xác về lượng mưa theo thời gian với độ phân giải từ giờ đến ngày, cho phép phân tích cường độ mưa, thời gian kéo dài và phân bố thời gian của các đợt mưa. Dữ liệu mưa vệ tinh như TRMM, GPM cung cấp thông tin về phân bố không gian của mưa với độ phủ toàn diện, đặc biệt hữu ích trong những khu vực có mật độ trạm quan trắc thưa thớt. Thông tin về các đợt mưa cực trị, tần suất xuất hiện, và các đặc trưng thống kê của mưa như mưa tối đa trong 1 giờ, 3 giờ, 6 giờ, 12 giờ và 24 giờ được phân tích để xác định các ngưỡng mưa có khả năng gây lũ quét. Dữ liệu này còn bao gồm thông tin về hình thái các cơn mưa, tốc độ di chuyển của các hệ thống thời tiết và dự báo mưa từ các mô hình khí tượng số, phục vụ cho việc cảnh báo sớm lũ quét.



Hình 4. Các trạm quan trắc mưa và thời gian bắt đầu đo khu vực Mù Cang Chải

Trong nghiên cứu này, dữ liệu mưa trạm được sử dụng thay vì dữ liệu vệ tinh do dữ liệu mưa vệ tinh chưa có công tác chuẩn hóa hoàn chỉnh, làm giảm độ tin cậy và có thể đưa ra những dự đoán không chính xác nếu là tham số đầu vào để phân vùng nguy cơ lũ quét. Dữ liệu mưa giờ tại các trạm được thu thập từ năm 2021÷2024 từ Vrain và các nguồn khác [9]. Khu vực nghiên cứu và phụ cận năm 2021 có 19 trạm được lắp đặt, trong đó Vrain là 13 trạm và WPs là 6 trạm. Năm 2022 có 3 trạm được ghi nhận thêm dữ liệu và năm 2024 có 48 trạm ghi nhận dữ liệu. Như vậy, năm 2024 vừa qua là năm có số lượng trạm quan trắc nhiều nhất trên khu vực.

Các sự kiện lũ quét: bao gồm thông tin về các sự kiện lũ quét đã xảy ra trong lịch sử, được thu thập từ nhiều nguồn khác nhau như báo cáo của chính quyền địa phương, cơ quan khí tượng thủy văn, báo chí và khảo sát thực địa. Dữ liệu này cung cấp thông tin chi tiết về thời gian xảy ra sự kiện, vị trí địa lý cụ thể, quy mô và mức độ thiệt hại, số người bị ảnh hưởng, diện tích ngập lút, thiệt hại về tài sản và hạ tầng. Đặc biệt quan trọng là thông tin về điều kiện thời tiết dẫn đến sự kiện, bao gồm lượng mưa trước và trong khi xảy ra lũ quét, cường độ mưa tối đa, thời gian kéo dài của đợt mưa và các yếu tố khí tượng liên quan. Dữ liệu này được sử dụng làm dữ liệu đích (target data/labels) cho việc huấn luyện và kiểm chứng các mô hình trí tuệ nhân tạo, đồng thời là cơ sở để phân tích mối quan hệ giữa các yếu tố nguyên nhân và khả năng xảy ra lũ quét.

Mặc dù vậy, các sự kiện lũ quét được ghi nhận là không đầy đủ, lý do của việc này là đôi khi lũ quét xảy ra ở các khu vực hẻo lánh và không để lại thiệt hại về người và tài sản thì không được ghi nhận. Do đó, bản chất của lũ quét vẫn chưa thể được phản ánh rõ ràng. Nếu trong cùng một điều kiện mưa, có tới 3 khu vực đều xảy ra lũ quét mà chỉ có 1 khu vực gây thiệt hại được ghi nhận, các khu vực còn lại không được ghi nhận sẽ không phản ánh đúng được tình hình mưa lũ trên khu vực. Điều này không chỉ gây ra khó khăn trong việc đảm bảo độ tin cậy của dữ liệu, mà còn gây khó khăn trong cả quá trình đánh giá các mô hình dự báo.

1.3. Tình hình lũ quét khu vực nghiên cứu

1.3.1. Mô tả chi tiết các sự kiện lũ đã xảy ra trong những năm gần đây tại huyện Mù Cang Chải, tỉnh Yên Bái

1. Sự kiện lũ quét ngày 03/08/2017 tại Mù Cang Chải

Trận lũ quét kinh hoàng đổ bộ vào Mù Cang Chải vào rạng sáng ngày 03/08/2017 đã để lại những hậu quả nặng nề, gây thiệt hại nghiêm trọng về người và tài sản, khắc sâu trong ký ức của người dân địa phương và cả nước. Khoảng 05:30 sáng, những dòng nước lũ cuồn cuộn kèm theo đất đá từ các khe suối như Suối Háng Chú, Dốc suối Nậm Kim (Thị trấn Mù Cang Chải) và Suối Háng Gàng bất ngờ ập xuống, phá hủy hàng loạt cơ sở vật chất.



Hình 5. Hình ảnh sau lũ quét 2017 tại trường THCS thị trấn Mù Cang Chải

Thiệt hại về người trong trận lũ này đặc biệt nghiêm trọng, với 15 người được xác nhận đã chết và mất tích, cùng với 8 người khác bị thương. Con số thương vong này cho thấy mức độ tàn khốc của thiên tai, khi lũ ống, lũ quét bất ngờ tràn qua.



Hình 6. Hình ảnh khó quên khi lũ quét bất ngờ ập về suối Háng Chú và đổ ra suối Nậm Kim trong đợt lũ quét năm 2017

Về tài sản, Mù Cang Chải phải hứng chịu thiệt hại ước tính khoảng 150 tỷ đồng. Hàng chục ngôi nhà bị cuốn trôi và sập đổ hoàn toàn. Cụ thể, có 46 nhà bị thiệt hại, trong đó 32 nhà bị cuốn trôi hoàn toàn và 14 nhà bị sập do sạt lở đất. Không chỉ nhà cửa của người dân, nhiều công trình công cộng quan trọng cũng chịu cảnh tan hoang. Trường mầm non Phong Lan, Trường Tiểu học và THCS Thị trấn Mù Cang Chải, Trung tâm Bồi dưỡng chính trị huyện đều bị hư hỏng nặng nề, ngổn ngang gạch đá và bùn đất. Việc này đã ảnh hưởng nghiêm trọng đến hoạt động giáo dục và công tác hành chính của địa phương.



Hình 7. Lực lượng dân quân, phụ nữ, cùng giáo viên trường Mầm non Phong Lan đang tiến hành dọn bùn đất, vệ sinh sau lũ

Cơ sở hạ tầng khác cũng không tránh khỏi thiệt hại nặng nề. Hàng chục tuyến đường bị cô lập do sạt lở đất đá và nước lũ, nhiều cầu, cống, công trình thủy lợi bị hư hỏng hoặc phá hủy. Hệ thống điện cũng bị ảnh hưởng nghiêm trọng, với 27 cột điện hạ thế và 60 công tơ khách hàng bị cuốn trôi. Điều này khiến cho công tác cứu hộ và khắc phục hậu quả ban đầu gặp rất nhiều khó khăn.

Ngay sau khi thiên tai xảy ra, công tác cứu hộ và khắc phục hậu quả đã được triển khai khẩn trương với sự tham gia của gần 1.000 người, bao gồm quân đội, công an và tình nguyện viên. Các lực lượng đã tập trung tìm kiếm người mất tích, hỗ trợ di dời những hộ dân bị ảnh hưởng và cung cấp các nhu yếu phẩm cần thiết. Chính quyền địa phương, với sự chỉ đạo sát sao của Bí thư Tỉnh ủy Phạm Thị Thanh Trà và đoàn công tác của Chính phủ do Phó Thủ tướng Trịnh Đình Dũng dẫn đầu, đã thành lập ba nhóm công tác chính. Một nhóm chuyên trách tìm kiếm người mất tích, một nhóm tập trung dọn dẹp hiện trường, khơi thông dòng chảy, vệ sinh môi trường và đảm bảo giao

thông, và nhóm thứ ba phụ trách hỗ trợ người bị thương, sắp xếp chỗ ở tạm thời và tiếp nhận, phân phối các khoản hỗ trợ. Sự chung tay của cộng đồng và các cấp chính quyền đã giúp Mù Cang Chải từng bước vượt qua giai đoạn khó khăn nhất sau thảm họa.

Mặc dù đã có những nỗ lực đáng kể, trận lũ quét năm 2017 vẫn là một bài học sâu sắc về sự tàn phá của thiên tai và tầm quan trọng của công tác phòng chống, ứng phó kịp thời.

2. *Sự kiện lũ quét ngày 20/07/2018 tại Mù Cang Chải*

Vào ngày 20/07/2018, Mù Cang Chải tiếp tục phải đối mặt với một trận lũ quét khác, gây ra bởi ảnh hưởng của hoàn lưu cơn bão số 3. Khoảng 07:00 sáng, dòng lũ dữ dội từ suối Ngòi Hút đã ập đến, kéo theo những đợt sạt lở đất nghiêm trọng, một lần nữa gây ra những hậu quả thương tâm cho người dân và cơ sở hạ tầng.

Thiệt hại về người trong sự kiện này được ghi nhận là 3 người bị lũ cuốn trôi và tổng cộng 4 người thiệt mạng do sạt lở đất đều ở bản Nậm Pắng. Những mất mát này là nỗi đau lớn đối với các gia đình và cộng đồng.

Về nhà cửa, trận lũ đã ảnh hưởng đến 118 ngôi nhà dân. Trong số đó, 96 nhà phải di dời tạm thời khỏi vùng nguy cơ sạt lở và lũ quét, bao gồm 65 nhà ở xã Nậm Có, 19 nhà ở Cao Phạ, 2 nhà ở thị trấn Mù Cang Chải, 2 nhà ở Khao Mang, 2 nhà ở Hồ Bón và 6 nhà ở La Pán Tẩn. Đặc biệt, 22 ngôi nhà đã bị sạt lở và vùi lấp hoàn toàn, với 4 nhà ở Cao Phạ và 18 nhà ở Nậm Có.

Cơ sở hạ tầng giao thông cũng chịu thiệt hại đáng kể. Quốc lộ 32 bị sạt lở tại nhiều điểm trên đèo Khau Phạ và xã La Pán Tẩn. Tuyến đường giao thông từ trung tâm huyện đi xã Ché Tạo cũng bị sạt lở ở 5 điểm, với khối lượng đất đá ước tính 2.000 m³, khiến các phương tiện ô tô không thể lưu thông.



Hình 8. Một ngôi nhà ở Mù Cang Chải bị sập đổ do trận mưa lũ sáng 20/7.

Tình hình thời tiết trong những ngày này rất phức tạp, với mưa vừa, mưa to và có nơi mưa rất to kéo dài từ đêm 19/7 đến ngày 20/7. Mực nước trên các sông Ngòi Thia, Ngòi Hút và sông Thao đều tăng nhanh, đạt mức báo động. Tỉnh Yên Bái đã ban hành công điện số 07/CĐ-UBND và công văn số 1297/CV/TU về việc chủ động ứng phó với mưa lũ, lũ quét và sạt lở đất. Ban Chỉ huy Phòng chống thiên tai – Tìm kiếm cứu nạn tỉnh cũng đã có công văn số 93/BCH-TCTT để ứng phó với ảnh hưởng của cơn bão số 3. Các cơ quan chức năng đã cảnh báo nguy cơ cao xảy ra sạt lở đất ở các khu vực miền núi như Mù Cang Chải, Trạm Táu, Văn Chấn, Lục Yên, Văn Yên, Yên Bình và thị xã Nghĩa Lộ, cùng với nguy cơ ngập úng ở vùng trũng.

Sự kiện năm 2018 một lần nữa cho thấy Mù Cang Chải là khu vực có nguy cơ cao về thiên tai lũ quét và sạt lở đất, đòi hỏi sự chủ động và kịp thời trong công tác phòng ngừa và ứng phó.

3. Sự kiện lũ quét ngày 20/7/2019 tại Mù Cang Chải

Đêm 19/7 và kéo dài đến trưa 20/7/2019, Mù Cang Chải tiếp tục hứng chịu một đợt mưa lớn gây lũ quét và sạt lở đất, mặc dù mức độ thiệt hại về người có phần thấp hơn so với các năm trước, nhưng vẫn gây ra những ảnh hưởng đáng kể đến đời sống người dân.

Trong trận lũ này, một người đã bị thương và 12 hộ dân bị thiệt hại về nhà cửa. Trận lũ tập trung chủ yếu ở khu vực suối Mí Háng, nơi dòng nước chảy xiết đã gây ra những tác động mạnh mẽ.



Hình 9. Cầu tạm bị trôi và ngập lũ tại xã Dé Xu Phình

Tình hình mưa lớn kéo dài đã khiến mực nước ở một số khe suối lên cao, đặc biệt ở huyện Trạm Táu lân cận, lượng mưa đo được tại thị trấn Trạm Táu lên mức trên 100mm. Tại Mù Cang Chải, nhiều diện tích hoa màu bị thiệt hại, gây khó khăn cho

việc đi lại của người dân. Cầu tạm dẫn vào xã Dé Xu Phình bị ngập và quá trình thi công cầu bê tông cùng tuyến đường liên xã cũng bị ảnh hưởng.

Sự kiện năm 2019 cho thấy nỗ lực của chính quyền và người dân Mù Cang Chải trong việc chủ động phòng ngừa và giảm thiểu thiệt hại do thiên tai, đặc biệt là thông qua việc nâng cao ý thức cộng đồng và chuẩn bị các phương án ứng phó.

4. Sự kiện lũ quét ngày 06/08/2023 tại Mù Cang Chải

Trận lũ quét đêm 05/8 đến rạng sáng 06/8/2023 đã gây ra thiệt hại nghiêm trọng cho Mù Cang Chải, đặc biệt là tại các xã Hồ Bón, Kim Nọi, Lao Chải và Khao Mang. Đây là một trong những trận lũ quét tàn khốc nhất trong lịch sử gần đây của huyện, gây ra những mất mát lớn về người và tài sản, đồng thời làm tê liệt nhiều cơ sở hạ tầng thiết yếu. Tổng cộng có 248 ngôi nhà bị sập, trôi hoàn toàn hoặc hư hỏng nặng, trong đó 35 nhà bị thiệt hại nặng. Theo thống kê ban đầu, 2 cháu nhỏ ở xã Khao Mang đã thiệt mạng do sạt lở đất đá lăn vào nhà. Ngoài ra, một người ở xã Hồ Bón bị mất tích.



Hình 10. Khu vực xã Hồ Bón, nơi lũ quét tràn qua



Hình 11. Lũ quét tràn qua vị trí suối Háng Nhù trước khi nhập vào Nậm Kim (khu vực UBND xã Hồ Bón)

Cơ sở hạ tầng của Mù Cang Chải cũng chịu ảnh hưởng nặng nề. Toàn huyện đã mất điện trong tối 5/8 do mưa lớn gây sạt lở, hư hỏng hệ thống lưới điện. Quốc lộ 32, tuyến huyết mạch qua địa phận xã Khao Mang và Hồ Bón, bị sạt lở hàng trăm mét, trong đó có 3 vị trí mất đường dài khoảng 100m mỗi vị trí. Điều này khiến hai xã Hồ Bón và Khao Mang bị cô lập và mất liên lạc hoàn toàn trong những giờ đầu sau lũ.



Hình 12. Hình ảnh đá bị cuốn từ suối Háng Đè Sua đến thăng trại Y tế xã Hồ Bón trong trận lũ quét kinh hoàng.

1.3.2. Tổng hợp các trận lũ quét trên địa bàn huyện Mù Cang Chải trong những năm gần đây

Sự kiện lũ quét được thu thập tại địa phương thông qua thực địa, bên cạnh đó, một số các nguồn tài liệu từ internet và các đề tài/dự án trước đây cũng được khai thác bổ sung.

Các sự kiện lũ quét được ghi nhận là không đầy đủ, lý do của việc này là đôi khi lũ quét xảy ra ở các khu vực hẻo lánh và không để lại thiệt hại về người và tài sản thì không được ghi nhận. Do đó, bản chất của lũ quét vẫn chưa thể được phản ánh rõ ràng. Nếu trong cùng một điều kiện mưa, có tới 3 khu vực đều xảy ra lũ quét mà chỉ có 1 khu vực gây thiệt hại được ghi nhận, các khu vực còn lại không được ghi nhận sẽ không phản ánh đúng được tình hình mưa lũ trên khu vực. Điều này không chỉ gây ra khó khăn trong việc đảm bảo độ tin cậy của dữ liệu, mà còn gây khó khăn trong cả quá trình đánh giá các mô hình dự báo.

Tổng hợp các sự kiện lũ quét thu thập tại huyện Mù Cang Chải trong 10 năm trở lại đây thể hiện như sau:

Bảng 1. Sự kiện lũ quét tổng hợp tại Mù Cang Chải

Ngày	Thời điểm	Vị trí	Thiệt hại
03/08/2017 [1, 2, 3]	Khoảng 05:30	- Suối Háng Chú - Dọc suối Nậm Kim (TT. Mù Cang Chải) - Suối Háng Gàng	15 người chết và mất tích, 8 người bị thương. 46 nhà bị thiệt hại (32 nhà bị cuốn trôi hoàn toàn, 14 nhà bị sập do sạt lở đất). Hư hỏng nhiều công trình công cộng, như Trường mầm non Hoa Lan, Trường Tiểu học và THCS Thị trấn, Trung tâm Bồi dưỡng chính trị huyện. [8]
20/07/2018 [6, 2, 3]	Khoảng 07:00	- Suối Ngòi Hút	- 3 người bị lũ cuốn trôi. - 79 nhà bị sập, cuốn trôi
20/7/2019 [7]	Đêm 19/7 đến trưa 20/7	- Suối Mĩ Háng	- Một người bị thương - 12 hộ bị thiệt hại về nhà cửa
06/08/2023 [4]	Đêm 05/8 đến rạng sáng 06/8	- Xã Hồ Bốn - Xã Kim Nọi, Lao Chải, Khao Mang	- 248 ngôi nhà bị sập, trôi hoàn toàn hoặc hư hỏng nặng. - Hư hỏng cơ sở hạ tầng như điện, đường, trường, trạm.

Ngoài các trận lũ trên, tại suối Nậm Khắt (8 giờ sáng ngày 23/6/2011) cũng xảy ra một trận lũ quét làm 5 người bị cuốn trôi (gây hậu quả 4 người chết). Tuy nhiên, trận lũ này ít có thông tin và chỉ được mô tả là “một trận lũ quét nghiêm trọng” [10, 11].

CHƯƠNG 2. ĐIỀU TRA THỰC ĐỊA PHỤC VỤ XÂY DỰNG MÔ HÌNH PHÂN VÙNG LŨ QUÉT

2.1. Danh mục các tài liệu thu thập tại TW và địa phương

Nhóm nghiên cứu đã tiến hành đợt thực địa tại huyện Mù Cang Chải và các xã Hồ Bón, Khao Mang, Lao Chải, Mồ Dè và xã Ché Tạo. Các xã này đều có ghi nhận lũ lớn trên một số nhánh sông thuộc địa bàn trong trận lũ năm 2023.



Hình 13. Một số hình ảnh thực địa tại huyện Mù Cang Chải

Mục tiêu của đợt thu thập tài liệu là thu thập các dữ liệu địa không gian trên khu vực huyện Mù Cang Chải và các sự kiện lũ quét thông qua phòng Nông nghiệp huyện và xác nhận/mô tả lũ của các xã, nơi xảy ra lũ lớn, lũ quét trên các nhánh suối trên địa bàn. Chi tiết thể hiện như sau:

Bảng 2. Các dữ liệu thu thập tại địa phương, TW và nguồn gốc thu thập

TT	Tên tài liệu	Nguồn	Mô tả	Mục đích sử dụng
1	Sử dụng đất Bao gồm cả hiện trạng sử dụng đất và quy hoạch sử dụng đất.	Phòng tài nguyên và môi trường huyện Mù Cang Chải	Bản đồ kế hoạch sử dụng đất giai đoạn 2021 – 2025. Bản đồ quy hoạch sử dụng đất thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến 2050	Xây dựng bản đồ LULC (Land Use Land Cover) phục vụ tính toán chỉ số CN trong thủy văn
2	Hiện trạng rừng trên nền thành lập năm 2017, cập nhật đến	Cơ sở dữ liệu tài nguyên rừng Việt Nam	Bản đồ phân loại rừng theo loại đất loại rừng, với mô tả rừng giàu, trung bình, nghèo, nghèo kiệt	Xây dựng bản đồ LULC (Land Use Land Cover) phục vụ tính toán chỉ số CN trong

TT	Tên tài liệu	Nguồn	Mô tả	Mục đích sử dụng
	2020			thủy văn
3	Bản đồ địa hình 1/10.000	Cục đo đạc và bản đồ	Bản đồ địa hình 1/10.000 bao gồm đường đồng mức và điểm độ cao	Đa mục tiêu: tạo bản đồ độ dốc, độ cong, phân tích thủy văn...
4	Lượng mưa	Phòng nông nghiệp và PTNT huyện Mù Cang Chải	Xin quyền truy cập tài khoản xem thông tin về lượng mưa. Thời gian có dữ liệu: từ năm 2021 đến 2023.	Thu thập lượng mưa trong lịch sử để xác định lượng mưa sinh lũ quét.
5	Lượng mưa	Tổng cục KTTV	Lượng mưa giờ huyện Mù Cang Chải từ năm 2000 đến 2019	Thu thập lượng mưa trong lịch sử để xác định lượng mưa sinh lũ quét.
6	Sự kiện lũ quét	Phòng nông nghiệp và PTNT huyện Mù Cang Chải, các xã	Trao đổi trực tiếp với cán bộ phòng Nông nghiệp và PTNT về các sự kiện lũ quét. Xác nhận với các xã nơi xảy ra lũ quét về nhánh suối bị xảy ra	Xác định các suối có lũ quét, lũ lớn đã xảy ra phục vụ phân loại nguy cơ.

Ngoài những tài liệu thu thập trực tiếp ở trên, nhóm nghiên cứu cũng tiến hành thu thập các tài liệu thông qua nền tảng internet về các sự kiện lũ quét, tình hình lũ quét trên lưu vực và các tài liệu địa không gian được công bố rộng rãi bao gồm:

Bảng 3. Các dữ liệu khác được thu thập tại nhiều nguồn khác nhau được công bố trên internet

TT	Tên tài liệu	Nguồn	Mô tả	Mục đích sử dụng
I	Địa hình			
1	Bản đồ mô hình số độ cao	ALOS	Bản đồ mô hình số độ cao được thu thập cho huyện Mù Cang Chải với độ phân giải 12,5m. Dữ liệu này có từ năm 2006 đến năm 2011	Xây dựng các bản đồ thành phần phục vụ nghiên cứu lũ quét.
II	Đất và thuộc tính			
1	Cấu trúc đất	USDA	Bản đồ cấu trúc đất (hay kết cấu của đất) được phân loại cho 6 độ sâu đất (0, 10, 30, 60, 100 và 200 cm) ở độ phân giải 250m	Xây dựng bản đồ tốc độ thẩm của bề mặt dựa vào thành phần kết cấu đất
2	Nhóm đất thủy văn	ORNL DAAC	Nhóm đất thủy văn được chia thành 4 loại: A, B, C, và D theo xu hướng tăng dần về mức độ không thẩm	Xây dựng bản đồ chỉ số đường cong CN trong tính toán thủy văn
III	Dữ liệu quan trắc bờ			

TT	Tên tài liệu	Nguồn	Mô tả	Mục đích sử dụng
	mặt			
1	Ảnh Landsat, Sentinel-2A, Sentinel-1C	GEE	Ảnh quang học (Landsat 8, Sentinel-2A) và ảnh Radar (Sentinel-1C) chụp bề mặt theo chu kỳ.	Xây dựng bản đồ NDVI và phân loại LULC.

2.2. Chuẩn hóa dữ liệu không gian

Quá trình chuẩn hóa dữ liệu là một bước quan trọng trong nghiên cứu lũ quét tại huyện Mù Cang Chải, nhằm đảm bảo tính nhất quán, chính xác và khả năng tương thích giữa các nguồn dữ liệu khác nhau. Việc chuẩn hóa không chỉ giúp tối ưu hóa quá trình phân tích mà còn đảm bảo chất lượng của các sản phẩm cuối cùng như bản đồ thảm phủ và bản đồ phân vùng nguy cơ lũ quét. Với sự đa dạng về nguồn gốc, định dạng, độ phân giải và hệ tọa độ của các tập dữ liệu được thu thập, việc thiết lập quy trình chuẩn hóa thống nhất trở thành yếu tố then chốt quyết định đến thành công của toàn bộ nghiên cứu.

Đối với việc xây dựng bản đồ thảm phủ, quá trình chuẩn hóa tập trung vào việc xử lý các chỉ số thực vật và các thông số địa hình từ nhiều nguồn dữ liệu khác nhau. Các chỉ số NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), EVI (Enhanced Vegetation Index), GNDVI (Green Normalized Difference Vegetation Index), và GRVI (Green Red Vegetation Index) được tính toán từ dữ liệu ảnh vệ tinh Landsat và Sentinel-2A yêu cầu việc hiệu chỉnh bức xạ và khí quyển trước khi áp dụng các công thức tính toán. Quá trình chuẩn hóa này bao gồm việc loại bỏ ảnh hưởng của mây, bóng mây và các nhiễu khí quyển thông qua việc sử dụng các thuật toán lọc như Fmask và Sen2Cor. Đồng thời, các giá trị pixel bị lỗi hoặc bất thường được xác định và xử lý thông qua các phương pháp nội suy không gian và thời gian.

Các chỉ số liên quan đến nước như NDWI1 (Normalized Difference Water Index 1), NDWI2 (Normalized Difference Water Index 2), và NDWI (Normalized Difference Water Index) được chuẩn hóa để đảm bảo khả năng phân biệt chính xác giữa các loại bề mặt khác nhau, đặc biệt là các vùng có độ ẩm cao và các khu vực có nguy cơ lũ quét cao. Quá trình này yêu cầu việc hiệu chỉnh các giá trị phản xạ phổ trong các kênh cận hồng ngoại và hồng ngoại sóng ngắn, đồng thời áp dụng các ngưỡng phù hợp để phân loại chính xác các loại bề mặt nước. Chỉ số GSI (Grain Size Index) và các chỉ số khác như NDBI (Normalized Difference Built-up Index) và BSI

(Bare Soil Index) cũng được chuẩn hóa theo cùng quy trình để đảm bảo tính nhất quán trong việc phân loại thảm phủ.

Dữ liệu địa hình từ mô hình số độ cao ALOS với độ phân giải 12,5m được chuẩn hóa thông qua việc hiệu chỉnh độ cao tuyệt đối và loại bỏ các lỗi do nhiễu hoặc thiếu dữ liệu. Chỉ số Slope (độ dốc) được tính toán từ DEM sau khi đã được làm mịn để loại bỏ nhiễu nhỏ nhưng vẫn giữ nguyên các đặc trưng địa hình quan trọng. Quá trình chuẩn hóa này đặc biệt quan trọng trong việc xác định các khu vực có địa hình phức tạp, nơi có nguy cơ cao xảy ra lũ quét. Các kênh phổ cơ bản Red, Green, Blue từ ảnh vệ tinh cũng được chuẩn hóa về cùng một thang đo để đảm bảo tính tương thích khi kết hợp với các chỉ số khác.

Dữ liệu radar từ Sentinel-1C với các kênh phân cực VV và VH được chuẩn hóa thông qua việc hiệu chỉnh bức xạ và áp dụng các bộ lọc nhiễu phù hợp. Quá trình này bao gồm việc chuyển đổi từ giá trị số nguyên sang hệ số tán xạ ngược (backscatter coefficient) và áp dụng hiệu chỉnh địa hình để loại bỏ ảnh hưởng của độ dốc địa hình đến tín hiệu radar. Việc chuẩn hóa dữ liệu radar đặc biệt quan trọng trong việc xác định các khu vực có độ ẩm đất cao và các vùng có khả năng tích nước, những yếu tố quan trọng trong đánh giá nguy cơ lũ quét.

Đối với phân vùng lũ quét, quá trình chuẩn hóa tập trung vào việc xử lý các thông số thủy văn và địa hình phức tạp. Các thông số như eleStream (độ cao dòng chảy), disStream (khoảng cách đến dòng chảy), và wSlope (độ dốc có trọng số) được tính toán từ DEM sau khi đã được chuẩn hóa và yêu cầu việc áp dụng các thuật toán thủy văn chuyên biệt. Quá trình này bao gồm việc xác định hướng dòng chảy, tích lũy dòng chảy và mạng lưới thủy văn một cách chính xác. Các lỗi trong DEM như các vùng trũng giả hoặc đỉnh giả được xác định và hiệu chỉnh thông qua các thuật toán điền đầy (fill) và bằng phẳng (flat) để đảm bảo tính liên tục của dòng chảy.

Thông số streamSlope (độ dốc dòng chảy) và flowLength (chiều dài dòng chảy) được chuẩn hóa dựa trên mạng lưới thủy văn đã được xác định chính xác. Quá trình này yêu cầu việc áp dụng các thuật toán phức tạp để tính toán độ dốc dọc theo từng đoạn sông suối và tổng chiều dài dòng chảy từ mỗi điểm đến điểm thoát nước. Thông số area (diện tích lưu vực con) được tính toán thông qua việc phân định lưu vực tự động và yêu cầu việc chuẩn hóa để đảm bảo tính chính xác của ranh giới lưu vực.

Các chỉ số địa hình như TWI (Topographic Wetness Index), SPI (Stream Power Index), và TPI (Topographic Position Index) được chuẩn hóa thông qua việc áp dụng các công thức tính toán chuẩn và sử dụng các thông số đầu vào đã được hiệu chỉnh. TWI phản ánh khả năng tích nước của địa hình và được tính toán dựa trên tỷ lệ giữa diện tích đóng góp dòng chảy và độ dốc địa phương. SPI cho biết khả năng xói mòn của dòng chảy và được tính toán dựa trên diện tích lưu vực con và độ dốc. TPI phản ánh vị trí tương đối của một điểm so với địa hình xung quanh và được tính toán thông qua việc so sánh độ cao tại mỗi điểm với độ cao trung bình trong một vùng lân cận xác định.

Các thông số có trọng số như wNdvi (NDVI có trọng số), wCN (chỉ số đường cong có trọng số), và wInfiRate (tốc độ thẩm có trọng số) được chuẩn hóa thông qua việc áp dụng các hệ số trọng số phù hợp với điều kiện địa phương. Quá trình này yêu cầu việc kết hợp nhiều lớp dữ liệu khác nhau và áp dụng các phương pháp phân tích không gian phức tạp. Chỉ số CN (Curve Number) được tính toán dựa trên sự kết hợp giữa loại đất thủy văn, loại thảm phủ và điều kiện tiền tê về độ ẩm, yêu cầu việc chuẩn hóa tất cả các lớp dữ liệu đầu vào theo cùng một hệ thống phân loại.

Thông số eleWatershed (độ cao lưu vực) được chuẩn hóa thông qua việc tính toán các đặc trưng thống kê của độ cao trong từng lưu vực con. Các thông số cong địa hình như profCurvature (cong dọc) và planCurvature (cong ngang) được tính toán từ DEM đã được chuẩn hóa và yêu cầu việc áp dụng các thuật toán tính toán đạo hàm bậc hai chính xác. Những thông số này phản ánh hình dạng bề mặt địa hình và có ảnh hưởng quan trọng đến quá trình tích tụ và dòng chảy của nước.

Dữ liệu lượng mưa được chuẩn hóa thông qua việc tính toán các chỉ số cực trị như max_precip (lượng mưa cực đại), max_3h_precip (lượng mưa cực đại 3 giờ), max_6h_precip (lượng mưa cực đại 6 giờ), và max_24h_precip (lượng mưa cực đại 24 giờ). Quá trình này yêu cầu việc phân tích chuỗi dữ liệu thời gian dài để xác định các sự kiện mưa cực trị và tính toán các giá trị thống kê phù hợp. Các giá trị thiếu trong chuỗi dữ liệu được xử lý thông qua các phương pháp nội suy thời gian phù hợp, đồng thời các giá trị bất thường được xác định và hiệu chỉnh dựa trên phân tích thống kê.

Toàn bộ quá trình chuẩn hóa được thực hiện trong cùng một hệ tọa độ địa lý (UTM Zone 48N) với cùng độ phân giải không gian 12,5m để đảm bảo tính tương thích giữa các lớp dữ liệu. Việc tái chiếu và tái lấy mẫu các dữ liệu có độ phân giải khác nhau

được thực hiện bằng các phương pháp nội suy phù hợp, trong đó ưu tiên sử dụng phương pháp nội suy song tuyến tính cho dữ liệu liên tục và phương pháp lảng giềng gần nhất cho dữ liệu rời rạc. Quá trình kiểm tra chất lượng được thực hiện thường xuyên thông qua việc so sánh chéo giữa các nguồn dữ liệu và xác nhận với dữ liệu thực địa khi có thể.

CHƯƠNG 3. ĐÁNH GIÁ DỮ LIỆU THU THẬP VÀ NGUYÊN NHÂN GÂY LŨ QUÉT TRONG NHỮNG NĂM GẦN ĐÂY

3.1. Các loại dữ liệu thu thập

Dữ liệu sử dụng đất thu thập từ Phòng Tài nguyên và Môi trường huyện Mù Cang Chải đóng vai trò then chốt trong việc xây dựng bản đồ LULC (Land Use Land Cover) phục vụ tính toán chỉ số CN. Đặc điểm địa hình núi cao và độ dốc lớn của huyện Mù Cang Chải tạo ra sự đa dạng trong các loại hình sử dụng đất, từ ruộng bậc thang truyền thống đến rừng tự nhiên trên các sườn núi.

Bản đồ kế hoạch sử dụng đất giai đoạn 2021-2025 và quy hoạch đến 2030-2050 cung cấp thông tin về xu hướng thay đổi cơ cấu sử dụng đất theo thời gian. Điều này đặc biệt quan trọng vì các hoạt động như chuyển đổi rừng thành đất nông nghiệp, phát triển cơ sở hạ tầng, hay thay đổi phương thức canh tác có thể ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng thẩm, giữ nước của đất và tăng nguy cơ xói mòn. Trong bối cảnh biến đổi khí hậu và gia tăng các hiện tượng thời tiết cực đoan, việc phân tích xu hướng thay đổi sử dụng đất giúp dự báo những khu vực có nguy cơ lũ quét cao hơn trong tương lai.

Chỉ số CN (Curve Number) được tính toán từ dữ liệu LULC là thông số quan trọng trong mô hình thủy văn SCS-CN, phản ánh khả năng tạo dòng chảy bề mặt của các loại hình sử dụng đất khác nhau. Đối với địa hình miền núi như Mù Cang Chải, sự kết hợp giữa độ dốc lớn và các loại đất có tính thẩm khác nhau tạo ra sự phân hóa mạnh về giá trị CN, từ đó ảnh hưởng đến tốc độ và lượng dòng chảy bề mặt khi có mưa lớn.

Dữ liệu hiện trạng rừng từ Cơ sở dữ liệu tài nguyên rừng Việt Nam, được cập nhật đến năm 2020, cung cấp thông tin chi tiết về phân loại rừng theo chất lượng (rừng giàu, trung bình, nghèo, nghèo kiệt). Đây là yếu tố then chốt trong việc đánh giá khả năng chống xói mòn và giữ nước của các khu vực có rừng.

Rừng đóng vai trò như một "bọt biển tự nhiên" trong việc điều hòa dòng chảy. Tán rừng giúp chặn mưa, giảm tốc độ rơi của giọt mưa xuống đất, trong khi hệ thống rễ cây

tạo ra các kênh thấm nước và gia cố đất. Rừng giàu với tán rừng dày đặc và hệ thống rẽ phát triển sẽ có khả năng giữ nước và chống xói mòn tốt hơn nhiều so với rừng nghèo kiệt. Trong bối cảnh huyện Mù Cang Chải có độ dốc lớn và lượng mưa tập trung, sự khác biệt về chất lượng rừng này có thể tạo ra sự chênh lệch đáng kể về nguy cơ lũ quét giữa các khu vực.

Việc phân tích không gian các khu vực rừng nghèo kiệt, đặc biệt là những nơi tiếp giáp với khu dân cư hoặc nằm trên các lưu vực nhỏ, sẽ giúp xác định những điểm có nguy cơ cao về lũ quét. Ngoài ra, xu hướng thay đổi chất lượng rừng theo thời gian (từ 2017 đến 2020) cũng cung cấp thông tin về tác động của các hoạt động nhân sinh và biến đổi khí hậu đến khả năng phòng chống thiên tai của hệ sinh thái rừng.

Bản đồ địa hình tỷ lệ 1:10.000 từ Cục Đo đạc và Bản đồ Việt Nam cung cấp độ chi tiết cao về địa hình khu vực nghiên cứu. Độ phân giải này cho phép xác định chính xác các yếu tố vi địa hình có ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình hình thành và phát triển lũ quét, bao gồm độ dốc, độ cong của sườn núi, và mạng lưới thoát nước tự nhiên...

Trong nghiên cứu lũ quét, độ dốc là yếu tố quyết định tốc độ dòng chảy bờ mặt. Các khu vực có độ dốc lớn hơn 25° thường được coi là có nguy cơ cao về xói mòn và lũ quét. Độ cong của sườn núi (profile curvature và plan curvature) ảnh hưởng đến việc tập trung hay phân tán dòng chảy. Các khu vực có độ cong âm (lõm) có xu hướng tập trung nước, tạo điều kiện thuận lợi cho hình thành dòng chảy tập trung và lũ quét.

Mô hình số độ cao (DEM) được tạo ra từ dữ liệu địa hình này không chỉ phục vụ tính toán các thông số hình thái mà còn là cơ sở để phân tích thủy văn, xác định hướng dòng chảy, tích lũy dòng chảy, và phân định lưu vực. Đối với một khu vực có địa hình phức tạp như Mù Cang Chải, việc có dữ liệu địa hình chính xác là điều kiện tiên quyết để mô phỏng chính xác quá trình hình thành lũ quét.

Dữ liệu lượng mưa được thu thập từ hai nguồn chính: Phòng Nông nghiệp và PTNT huyện (2021-2023) và Tổng cục Khí tượng Thủy văn (2000-2019), tạo ra một chuỗi số liệu tương đối dài từ năm 2000 đến 2023. Sự kết hợp này cho phép phân tích xu hướng biến đổi lượng mưa theo thời gian và xác định các ngưỡng mưa sinh lũ quét.

Đặc điểm khí hậu miền núi phía Bắc với mùa mưa tập trung từ tháng 5 đến tháng 10 tạo ra những đợt mưa cường độ lớn trong thời gian ngắn, đây chính là nguyên nhân chính gây ra lũ quét. Việc phân tích dữ liệu mưa giờ cho phép xác định cường độ mưa

tối đa, thời gian tập trung mưa, và mối quan hệ giữa lượng mưa với các sự kiện lũ quét đã xảy ra.

Thông qua phân tích thống kê, có thể xác định được các ngưỡng mưa nguy hiểm cho từng tiêu lưu vực, chẳng hạn như lượng mưa 1 giờ, 3 giờ, 6 giờ và 24 giờ có thể gây ra lũ quét. Những thông tin này rất quan trọng trong việc xây dựng hệ thống cảnh báo sớm lũ quét cho địa phương. Đồng thời, xu hướng biến đổi lượng mưa cực trị qua các năm cũng phản ánh tác động của biến đổi khí hậu đến khu vực, làm cơ sở cho việc điều chỉnh các ngưỡng cảnh báo phù hợp với điều kiện khí hậu hiện tại.

Dữ liệu viễn thám từ các vệ tinh Landsat 8, Sentinel-2A và Sentinel-1C thông qua nền tảng Google Earth Engine (GEE) cung cấp khả năng giám sát biến động LULC theo thời gian với chi phí thấp và độ bao phủ cao. Sự kết hợp giữa ảnh quang học và ảnh radar tạo ra lợi thế trong việc giám sát ngay cả trong điều kiện thời tiết có mây mù, điều thường xuyên xảy ra ở vùng núi cao.

Chỉ số NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) được tính từ ảnh quang học phản ánh mật độ và sức khỏe của thảm thực vật. Các khu vực có NDVI thấp thường có nguy cơ xói mòn cao hơn do thiếu sự bảo vệ của thảm thực vật. Việc theo dõi biến động NDVI theo mùa và theo năm giúp xác định những khu vực có xu hướng suy thoái thảm thực vật, từ đó dự báo nguy cơ gia tăng lũ quét.

Ảnh radar Sentinel-1C có ưu điểm không bị ảnh hưởng bởi thời tiết và có thể thu thập dữ liệu liên tục. Khả năng xuyên qua mây của sóng radar đặc biệt quan trọng trong việc giám sát các khu vực thường xuyên có mây mù như Mù Cang Chải. Dữ liệu radar cũng nhạy cảm với độ ẩm đất và có thể được sử dụng để theo dõi điều kiện ẩm ướt của đất trước khi có mưa lớn, từ đó đánh giá khả năng thẩm nước và nguy cơ tạo dòng chảy bùn mặt.

Việc tích hợp thành công các loại dữ liệu từ nhiều nguồn khác nhau đòi hỏi quy trình chuẩn hóa và đồng nhất về mặt không gian và thời gian. Các dữ liệu có độ phân giải không gian khác nhau (từ 12.5m của ALOS DEM đến 250m của dữ liệu đất USDA) cần được nội suy hoặc tái lấy mẫu về cùng một độ phân giải chuẩn để đảm bảo tính nhất quán trong phân tích.

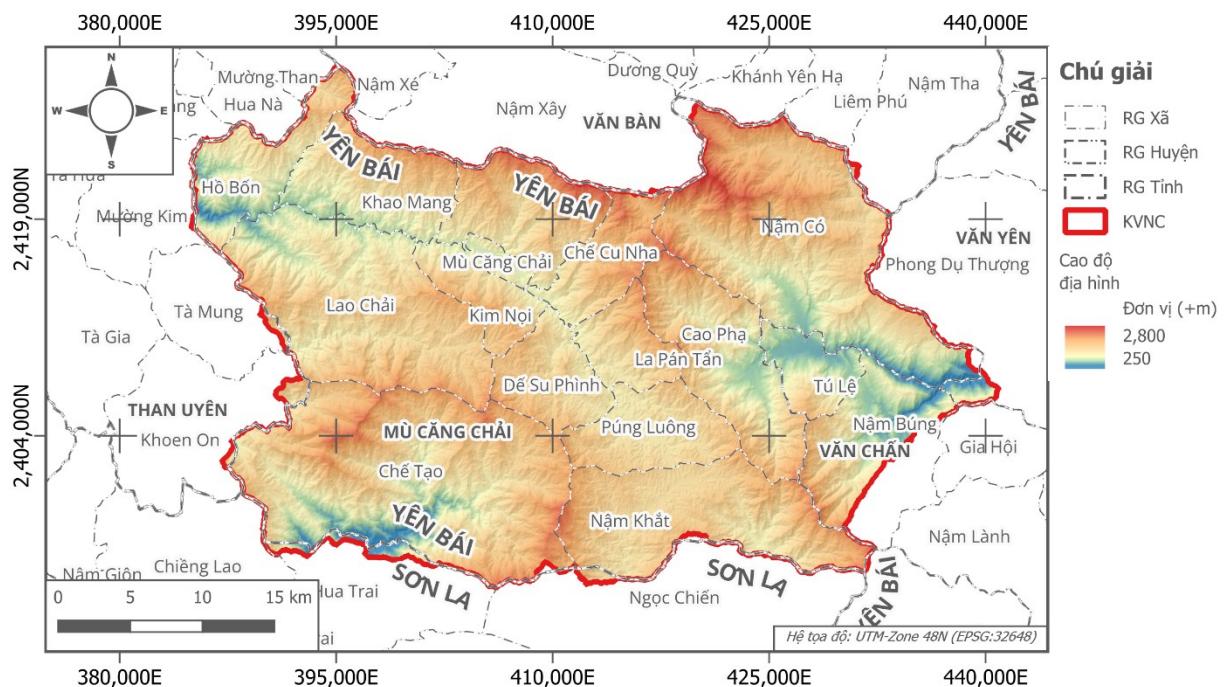
Đặc biệt, việc kết hợp dữ liệu địa phương (có độ chính xác cao về mặt không gian nhưng thời gian ngắn) với dữ liệu toàn cầu (có chuỗi thời gian dài nhưng độ phân giải thấp hơn) tạo ra thách thức trong việc hiệu chỉnh và kiểm định. Quá trình so sánh chéo

giữa các nguồn dữ liệu khác nhau, chẳng hạn như giữa bản đồ sử dụng đất đai phong và kết quả phân loại LULC từ ảnh vệ tinh, sẽ giúp đánh giá độ tin cậy và xác định những khu vực cần khảo sát thực địa bổ sung.

Thông tin về các sự kiện lũ quét thu thập từ phòng chuyên môn và các xã địa phương đóng vai trò quan trọng trong việc kiểm định và hiệu chỉnh các mô hình dự báo. Những thông tin định tính về vị trí, thời gian, quy mô và thiệt hại của các sự kiện lũ quét trong quá khứ sẽ được sử dụng để xác định ngưỡng và tham số cho các mô hình, đồng thời đánh giá độ chính xác của kết quả phân loại nguy cơ lũ quét.

3.2. Tác động của các yếu tố đến sự hình thành lũ quét trên khu vực nghiên cứu

Huyện Mù Cang Chải nằm trong vùng núi cao phía Tây Bắc Việt Nam, với địa hình có độ phân hóa mạnh đã tạo ra những sườn núi có độ dốc lớn, thường xuyên trên 25-35°, và một số khu vực có độ dốc có thể đạt đến 45-60°. Độ dốc lớn là yếu tố quyết định trực tiếp đến tốc độ dòng chảy bề mặt và khả năng xói mòn.

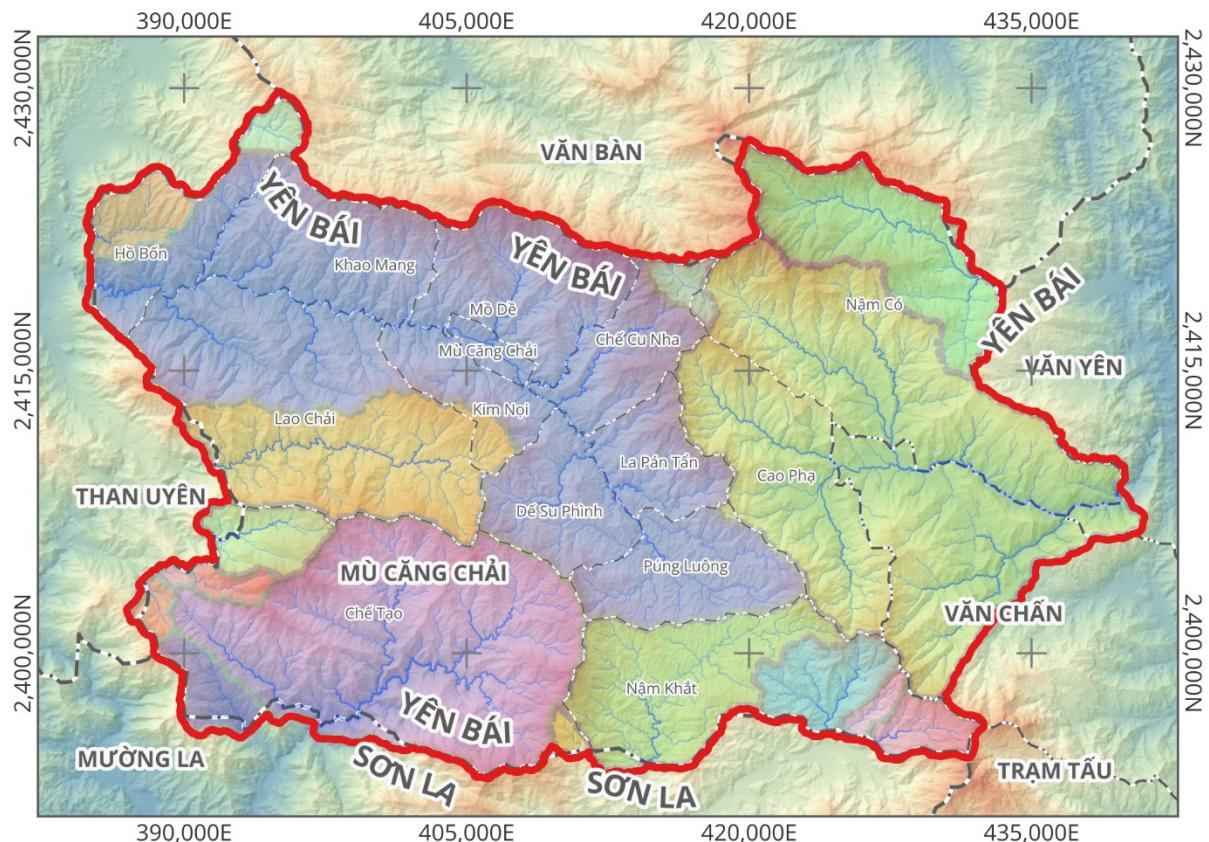


Hình 14. Bản đồ cao độ địa hình khu vực nghiên cứu

Khi có mưa lớn, nước mưa trên các sườn núi dốc sẽ chảy xuống với tốc độ cao, không có đủ thời gian để thấm vào đất. Theo định luật vật lý, tốc độ dòng chảy tỷ lệ thuận với căn bậc hai của độ dốc, do đó những khu vực có độ dốc lớn sẽ tạo ra dòng chảy có tốc độ và năng lượng rất lớn. Năng lượng này không chỉ cuốn theo nước mà

còn cuốn theo đất đá, cây cối, tạo thành những dòng lũ bùn đá có sức tàn phá khủng khiếp.

Đặc biệt, địa hình của Mù Cang Chải có nhiều thung lũng hẹp với hai bên là những sườn núi dốc đứng. Hình thái này tạo ra hiệu ứng "phễu" tập trung nước từ một diện tích lớn về những khu vực nhỏ hẹp, làm tăng cường độ và tốc độ dòng chảy. Các khe suối nhỏ trong điều kiện bình thường có thể trở thành những dòng lũ quét mạnh mẽ khi có mưa lớn.



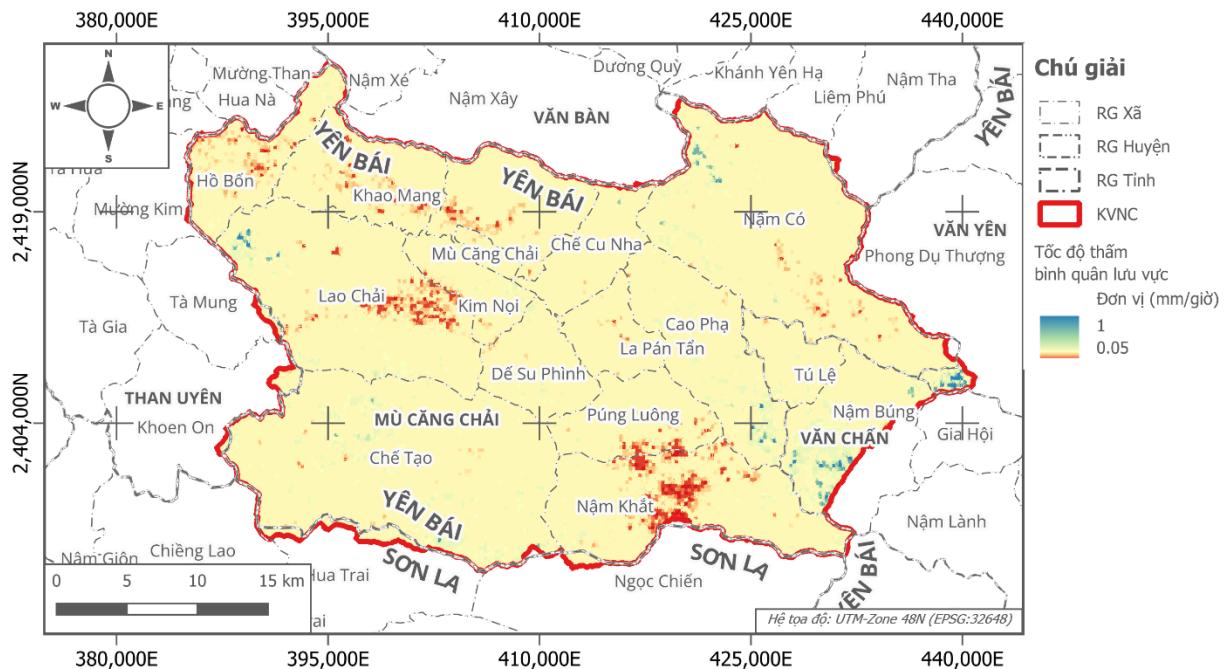
Hình 15. Huyện Mù Cang Chải là thượng nguồn của nhiều lưu vực, không chịu sự tác động lũ quét từ bên ngoài mà chỉ xảy ra ở nội tại huyện

Mạng lưới thủy văn của huyện Mù Cang Chải có đặc điểm hình cây với nhiều nhánh suối nhỏ chảy từ các sườn núi cao xuống, sau đó hợp lưu tại các thung lũng chính. Hình thái này tạo ra thời gian tập trung ngắn (time of concentration), nghĩa là nước mưa từ các điểm xa nhất trong lưu vực có thể nhanh chóng đổ về điểm xả chính trong thời gian rất ngắn, thường chỉ từ 30 phút đến vài giờ.

Độ cong của lòng suối và thung lũng cũng ảnh hưởng đến đặc tính dòng chảy. Các đoạn suối thẳng sẽ tạo ra dòng chảy nhanh, trong khi các khúc cua có thể tạo ra hiệu ứng "đập" tạm thời, sau đó phóng thích một lượng nước lớn khi không thể chứa thêm.

Hiện tượng này thường xảy ra ở các khu vực có nhiều gỗ, đất đá bị cuốn trôi tạo thành những "đập tự nhiên" tạm thời.

Đất ở vùng núi cao Mù Cang Chải chủ yếu thuộc nhóm đất feralit vàng đỏ trên nền địa chất granit và gneis. Loại đất này có đặc điểm tầng đất mỏng (thường dưới 50cm), có độ xốp cao nhưng dễ bị bão hòa nước. Khi lượng mưa vượt quá khả năng thấm của đất, phần nước thừa sẽ chảy tràn trên bề mặt, tạo thành dòng chảy bờ mặt.



Hình 16. Tốc độ thấm bình quân lưu vực

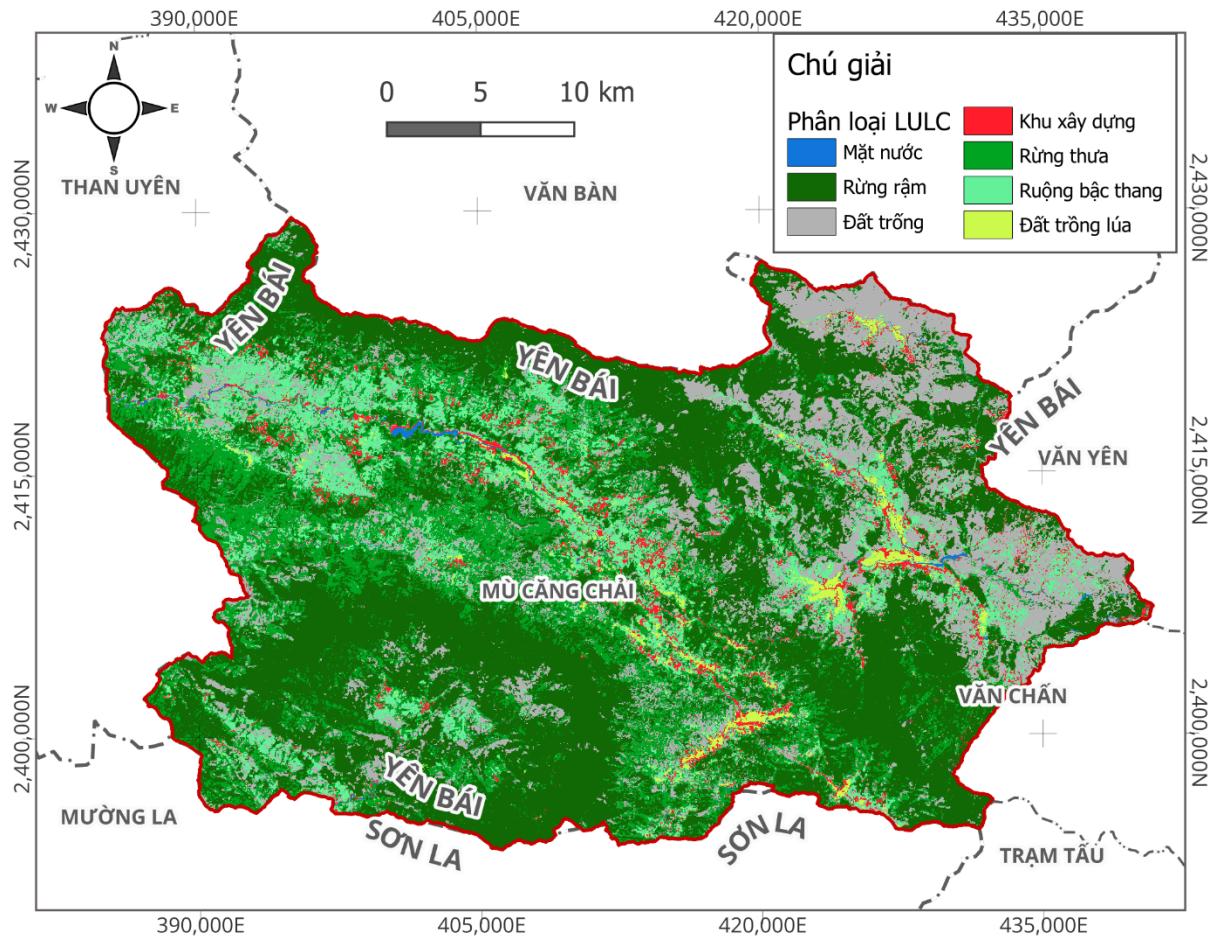
Thành phần cơ giới của đất cũng ảnh hưởng đáng kể đến khả năng thấm nước. Đất có nhiều thành phần sét sẽ có tốc độ thấm chậm hơn đất cát, nhưng lại có khả năng giữ nước tốt hơn. Ở Mù Cang Chải, do quá trình phong hóa mạnh mẽ trên nền đá gốc, đất thường có hàm lượng sét cao, tạo ra lớp không thấm nước ở độ sâu 30-50cm. Điều này làm hạn chế khả năng thấm sâu của nước mưa và thúc đẩy hình thành dòng chảy bờ mặt.

Độ ẩm ban đầu của đất trước khi có mưa lớn cũng là yếu tố quan trọng. Trong mùa mưa, đất thường ở trạng thái gần bão hòa, do đó khả năng thấm thêm nước rất hạn chế. Hiện tượng này được gọi là "saturation excess overland flow", là một trong những cơ chế chính tạo ra lũ quét ở vùng núi.

Thảm thực vật đóng vai trò quan trọng trong việc điều hòa dòng chảy thông qua các cơ chế: chặn mưa (interception), tăng cường thấm nước, và gia cố đất chống xói mòn. Tán rụng có thể chặn 15-25% lượng mưa, giảm năng lượng tác động của giọt

mưa lên bề mặt đất. Hệ thống rẽ cây tạo ra những kênh thấm nước trong đất, tăng tốc độ và khả năng thấm nước.

Tuy nhiên, ở huyện Mù Cang Chải, tình trạng suy thoái rừng do khai thác, chuyển đổi mục đích sử dụng đất, và tác động của biến đổi khí hậu đang làm giảm khả năng điều hòa dòng chảy của thảm thực vật. Những khu vực rừng bị suy thoái hoặc bị phá để làm nương rẫy có nguy cơ lũ quét cao hơn đáng kể.



Hình 17. Bản đồ LULC huyện Mù Cang Chải

Đặc biệt, các ruộng bậc thang truyền thống của người Mông và Thái, mặc dù là di sản văn hóa quý báu, nhưng cũng có thể tạo ra những điểm yếu trong hệ thống phòng chống lũ quét. Khi các bậc thang bị vỡ do mưa lớn, chúng có thể tạo ra hiệu ứng domino, làm tăng tốc độ và lượng dòng chảy xuống các khu vực thấp hơn.

Quá trình phát triển kinh tế - xã hội đã dẫn đến những thay đổi đáng kể trong cơ cấu sử dụng đất tại huyện Mù Cang Chải. Việc mở rộng diện tích canh tác, xây dựng cơ sở hạ tầng giao thông, và phát triển du lịch đã làm thay đổi đặc tính thủy văn tự nhiên của khu vực.

Việc chuyển đổi rừng tự nhiên thành đất nông nghiệp, đặc biệt là trồng cây công nghiệp như chè, cà phê trên các sườn dốc, đã làm giảm đáng kể khả năng giữ nước và chống xói mòn của đất. Các hoạt động canh tác không bền vững như đốt nương làm rẫy, chăn thả gia súc tự do cũng góp phần làm suy thoái thảm thực vật tự nhiên.

Sự hình thành lũ quét tại huyện Mù Cang Chải là kết quả của sự tương tác phức tạp giữa nhiều yếu tố khác nhau. Chuỗi nhân quả thường bắt đầu từ điều kiện khí tượng bất lợi (mưa lớn cường độ cao), kết hợp với địa hình dốc và đất có khả năng thẩm hạn chế. Khi lượng mưa vượt quá khả năng thẩm của đất, dòng chảy bờ mặt sẽ hình thành và tăng tốc khi chảy xuống các sườn dốc.

Quá trình này được khuếch đại bởi hình thái lưu vực hình cây, nơi nước từ nhiều nhánh suối nhỏ tập trung về một điểm. Tại các điểm hợp lưu, lưu lượng nước tăng lên đột ngột, tạo ra những làn sóng lũ có thể cao hơn mực nước bình thường trong thời gian rất ngắn.

Vai trò của con người trong vấn đề này thể hiện qua việc làm thay đổi điều kiện tự nhiên ban đầu. Đặc biệt là các hoạt động sinh kế và tác động đến rừng làm giảm khả năng chặn mưa và tăng cường thẩm nước, trong khi việc xây dựng cơ sở hạ tầng có thể tạo ra những điểm tập trung dòng chảy bất thường.

Sự phân bố mưa trên huyện Mù Cang Chải cũng rất biến đổi mang tính cục bộ, đợt mưa năm 2023 là một điển hình khi các khu vực giáp với tỉnh Lai Châu (phía Đông của huyện) chịu mưa lớn, trong khi đó phía Tây của huyện giáp huyện Văn Chấn có lượng mưa không đáng kể. Sự phân bố này gây ra lũ lớn theo từng khu vực, ngoài ra tính cục bộ về lượng mưa cũng góp phần gây đột biến về giá trị mưa, dễ hình thành lũ lớn, lũ quét.

KẾT LUẬN, KIẾN NGHỊ

Đợt thu thập tài liệu nghiên cứu lũ quét tại huyện Mù Cang Chải đã được thực hiện một cách có hệ thống và toàn diện, bao gồm cả nguồn dữ liệu địa phương và các tài liệu được công bố trên các nền tảng quốc tế. Quá trình này đã thu thập thành công 13 loại tài liệu chính từ 8 nguồn khác nhau, tạo ra một cơ sở dữ liệu đa dạng và phong phú phục vụ cho việc nghiên cứu lũ quét.

Việc phối hợp với các cơ quan địa phương, đặc biệt là Phòng Tài nguyên và Môi trường, Phòng Nông nghiệp và PTNT huyện Mù Cang Chải, cùng với các xã trên địa bàn đã mang lại những thông tin quý giá về hiện trạng sử dụng đất, lượng mưa quan trắc, và đặc biệt là các sự kiện lũ quét đã xảy ra trong quá khứ. Đây là những dữ liệu có giá trị cao về mặt độ chính xác và tính đặc thù địa phương.

Đồng thời, việc khai thác các nguồn dữ liệu toàn cầu từ các tổ chức quốc tế như ALOS, USDA, ORNL DAAC, và nền tảng Google Earth Engine đã bổ sung những thông tin quan trọng về địa hình, đất đai, và dữ liệu viễn thám. Sự kết hợp giữa dữ liệu địa phương và toàn cầu tạo ra một bộ dữ liệu tương đối hoàn chỉnh cho nghiên cứu.

Dữ liệu thu thập có độ bao phủ không gian hoàn toàn trên toàn bộ diện tích huyện Mù Cang Chải. Độ phân giải không gian dao động từ 12,5m (ALOS DEM) đến 250m (dữ liệu đất USDA), đáp ứng được các yêu cầu phân tích ở nhiều tỷ lệ khác nhau. Đặc biệt, bản đồ địa hình tỷ lệ 1:10.000 từ Cục Đo đạc và Bản đồ cung cấp độ chi tiết cao cho việc phân tích địa hình.

Về mặt thời gian, dữ liệu lượng mưa có chuỗi từ năm 2000 đến 2023, tạo ra một chuỗi số liệu dài 23 năm, đủ để phân tích xu hướng và xác định các ngưỡng thống kê. Dữ liệu viễn thám từ các vệ tinh Landsat và Sentinel cho phép theo dõi biến động sử dụng đất trong những năm gần đây.

Bộ dữ liệu thu thập được có tính đa dạng cao, bao gồm các nhóm chính: (1) Dữ liệu địa hình và thủy văn, (2) Dữ liệu khí tượng và thủy văn, (3) Dữ liệu về đất và thảm thực vật, (4) Dữ liệu sử dụng đất và hoạt động con người, (5) Dữ liệu viễn thám và quan trắc. Sự đa dạng này đảm bảo có thể tiếp cận vấn đề lũ quét từ nhiều góc độ khác nhau.

Đặc biệt quan trọng là việc thu thập được thông tin về các sự kiện lũ quét lịch sử từ kinh nghiệm thực tế của cán bộ địa phương và người dân. Những thông tin này sẽ đóng vai trò quan trọng trong việc kiểm định và hiệu chỉnh các mô hình nghiên cứu.

Bên cạnh đó, một số khó khăn chính gặp phải bao gồm: (1) Sự không đồng nhất về độ phân giải không gian và thời gian giữa các nguồn dữ liệu khác nhau, đòi hỏi các bước xử lý và chuẩn hóa phức tạp; (2) Một số dữ liệu địa phương có thời gian quan trắc ngắn, chưa đủ để phân tích xu hướng dài hạn; (3) Thông tin về các sự kiện lũ quét trong quá khứ chủ yếu mang tính định tính.

Từ góc độ thực tiễn, bộ dữ liệu này sẽ là cơ sở để triển khai các nội dung nghiên cứu tiếp theo của đề tài, trong đó phần lớn tập trung vào việc nghiên cứu và xây dựng mô hình trí tuệ nhân tạo trong dự đoán nguy cơ lũ quét và xây dựng bản đồ thảm phủ. Các dữ liệu thu thập đóng vai trò trực tiếp hoặc gián tiếp trong quá trình hình thành lũ quét, do đó hoàn toàn có thể thể hiện được bản chất của quá trình hình thành lũ quét, các yếu tố tác động chính đến lũ quét và quan trọng hơn cả là hướng tới xây dựng một phương pháp phân vùng lũ quét bằng trí tuệ nhân tạo kết hợp với dữ liệu địa không gian.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Theo Vietnamplus, "Yên Bai: Bảy người mất tích do lũ ống, lũ quét ở Mù Cang Chải," [Trực tuyến]. Địa chỉ: <https://daidoanket.vn/yen-bai-bay-nguo-mat-tich-do-lu-ong-lu-quet-o-mu-cang-chai-10078324.html>. [Truy cập 17/4/2025].
- [2] Vũ Bá Thao and Bùi Xuân Việt, "Phân tích ngưỡng mưa phát sinh một số trận lũ quét, lũ bùn đá thuộc các tỉnh Lai Châu, Điện Biên, Yên Bai, Sơn La," *Tạp chí Khí tượng thủy văn*, vol. 749, pp. 96-110, 2023. DOI:10.36335/VNJHM.2023(749).96-110.
- [3] JICA, "Khảo sát thu thập dữ liệu về các giải pháp phòng chống lũ quét và sạt lở đất tại khu vực miền núi phía Bắc của Việt Nam," Cơ quan hợp tác quốc tế Nhật Bản (JICA), Hà Nội, 2021. Địa chỉ: https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12357885_01.pdf.
- [4] Báo Nông Nghiệp VÀ Môi Trường and Thanh Ngà - Trần Nam, "Mưa lũ ở Mù Cang Chải, Yên Bai: Nhiều thôn bản của xã Hồ Bón vẫn chưa thể tiếp cận," 2023. [Trực tuyến]. Địa chỉ: <https://nongnghiepmoitruong.vn/mua-lu-o-mu-cang-chai-yen-bai-nhieu-thon-ban-cua-xa-ho-bon-van-chua-the-tiep-can-i717002.html>. [Truy cập 17/4/2025].
- [5] Bá Thao, Vũ, "Phương pháp xác định khu vực rủi ro lũ bùn đá dựa vào bản đồ địa hình," *Vietnam Journal of Hydrometeorology*, vol. 713, no. 5, pp. 37-46, 2020. DOI:10.36335/vnjhm.2020(713).37-46.
- [6] Đình Sơn, "Mưa lũ làm 3 người chết và 11 nạn nhân mất tích ở Yên Bai," 2018. [Trực tuyến]. Địa chỉ: <https://znews.vn/mua-lu-lam-3-nguo-chet-va-11-nan-nhan-mat-tich-o-yen-bai-post861935.html>. [Truy cập 17/4/2025].
- [7] Mạnh Cường, "Thiệt hại do mưa, lũ gây ra trên địa bàn huyện Mù Cang Chải ước khoảng 920 triệu đồng," Trang Thông tin điện tử Mù Cang Chải, 22/7/2019. [Trực tuyến]. Địa chỉ: <https://mucangchai.yenbai.gov.vn/news/tin-moi/?UserKey=Thiet-hai-do-mua-lu-gay-ra-tren-dia-ban-huyen-Mu-Cang-Chai-uoc-khoang-920-trieu-dong&PageIndex=12>. [Truy cập 17/4/2025].
- [8] Thanh Thủy, "Lũ quét ở Mù Cang Chải: Ước thiệt hại khoảng 150 tỷ đồng," [Trực tuyến]. Địa chỉ: https://baoyenbai.com.vn/12/151798/Luquet_o_Mu_Cang_Chai_Uoc_thiet_hai_khoang_150_ty_dong.htm. [Truy cập 17/4/2025].
- [9] Thủy Thanh, "Yên Bai: Chủ động ứng phó với mưa lớn diện rộng từ chiều tối ngày 14 đến 16/10," Báo Yên Bai, 13/10/2020. [Trực tuyến]. Địa chỉ: <https://baoyenbai.com.vn/PrintPreview/198871/>. [Truy cập 15/6/2023].
- [10] "Yên Bai: Hiệu quả từ mô hình phòng chống, giảm nhẹ thiên tai tại trường THPT Mù Cang Chải," 2011. [Trực tuyến]. Địa chỉ: <https://baochinhphu.vn/yen-bai-hieuqua-mo-hinh-phong-chong-giam-nhe-thien-tai-tai-truong-thpt-mu-cang-chai-102104536.htm>. [Truy cập 17/4/2025].
- [11] "Ứng dụng khoa học công nghệ trong phòng, chống thiên tai trên địa bàn tỉnh Yên Bai còn nhiều hạn chế," [Trực tuyến]. Địa chỉ: <https://phongchongthientai.mard.gov.vn/Pages/Ung-dung-khoa-hoc-cong-nghe-trong-phong-chong-thie-5821976939.aspx>. [Truy cập 17/4/2025].