

Bài báo khoa học

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

Đào Minh Đức^{1*}, Vũ Cao Minh¹, Hoàng Hải Yến¹, Phạm Quang Anh², Đặng Kinh Bắc³

¹ Viện Địa chất, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam;

daominhduc_dkt@yahoo.com; vucaominh@gmail.com; yenhhl1@gmail.com

² Viện Nghiên cứu Thiết kế trường học, Bộ Giáo dục và Đào tạo; pqanh@moet.edu.vn

³ Khoa Địa lý, Trường Đại học Khoa học tự nhiên, ĐHQG Hà Nội;

kinhbachus@gmail.com

*Tác giả liên hệ: daominhduc_dkt@yahoo.com; Tel.: +84-916903618

Ban Biên tập nhận bài: 28/2/2022; Ngày phản biện xong: 1/4/2022; Ngày đăng bài: 25/4/2022

Tóm tắt: Nghiên cứu cảnh báo sớm nguy cơ tai biến lũ quét trên các lưu vực miền núi là yêu cầu cấp thiết hiện nay không chỉ với những nước phát triển, mà còn với các nước đang phát triển như Việt Nam. Hầu hết các phương pháp phân tích đòi hỏi lượng dữ liệu chi tiết lớn, mô hình phân tích phức tạp nên hạn chế người sử dụng. Vậy nên cần một công cụ phân tích nguy cơ lũ quét để cảnh báo sớm một cách đơn giản, để người dân sống ở lưu vực suối có nguy cơ cao như tại Nghĩa Đô, huyện Bảo Yên tỉnh Lào Cai có thể chủ động hơn trong việc phòng tránh lũ quét. Bài báo này hướng tới sử dụng các phương pháp thống kê đơn giản nhằm đánh giá nguy cơ lũ quét trên lưu vực suối Nghĩa Đô. Nhóm nghiên cứu sử dụng phương pháp thống kê nhằm hướng tới giải thích cả quy luật về không gian và thời gian hình thành lũ quét. Kết quả nghiên cứu chỉ ra tai biến lũ quét trên suối Nghĩa Đô có diễn biến lên xuống nhanh và bất ngờ, phụ thuộc mật thiết và chủ yếu vào lượng mưa trong 24 giờ và chỉ cần lượng mưa 24 giờ cao hơn 29mm là cũng đủ để hình thành lũ quét. Nghiên cứu này thành lập bảng ma trận 2 chiều kết hợp 5 cấp tiềm năng hình thành lũ quét với 5 cấp của cường độ mưa trong 24 giờ để xác định nguy cơ hình thành lũ quét tại khu vực lưu vực suối Nghĩa Đô. Người dân nơi đây có thể dễ dàng sử dụng bảng ma trận này nhằm tự cảnh báo kịp thời nguy cơ lũ quét xuất hiện ở khu vực sinh sống.

Từ khóa: Nguy cơ lũ quét; Thống kê; Nghĩa Đô; Cường độ mưa; Bản đồ tiềm năng lũ quét.

1. Mở đầu

Lũ quét là lũ hình thành do mưa kết hợp với các tổ hợp bất lợi về điều kiện mặt đệm (địa hình, địa mạo, lớp phủ...), sinh ra dòng chảy bùn đá trên các sườn dốc (lưu vực, sông suối) và truyền rất nhanh xuống hạ lưu gây những tàn phá bất ngờ và khủng khiếp ở khu vực sườn núi và dọc sông mà nó tràn qua [1]. Với khái niệm này, lũ quét đề cập đến 2 khía cạnh chính: (1) nguyên nhân hình thành lũ quét do mưa với cường độ khác nhau làm sạt lở đất trên lưu vực, tập trung vật liệu bùn, đất, đá dọc sông, suối cuốn theo cùng với dòng nước; (2) quá trình hình thành lũ quét thường diễn ra ở 3 phạm vi theo không gian: vùng thượng nguồn phát sinh, vùng tập trung lũ, vùng chịu lũ. Theo [2], trên nền mưa lớn với diện rộng thường có một vài tâm mưa hình thành do ảnh hưởng có tính chất “kích động” của điều kiện địa hình địa phương (nhất là địa hình máng trũng, lòng chảo trũng với hướng đón gió ẩm), tại đó lượng mưa rất lớn và thường tập trung trong thời gian ngắn sẽ dễ phát sinh lũ quét. Hiện tượng lũ quét xuất hiện ở các trũng giữa núi miền núi phía Bắc thường gây thiệt hại rất nặng nề cả về

người và tài sản, ảnh hưởng lâu dài tới an sinh xã hội [3]. Đặc biệt một số trận lũ quét, bùn đá xảy ra tại Mường Lay (1996), trận lũ quét tại Yên Bái (2005), lũ quét tại Mường La (2017), lũ quét tại Nà Ót- Mai Sơn- Sơn La (2018), lũ quét tại Na Mèo- Quan Sơn- Thanh Hóa (2019) là những nỗi kinh hoàng của nhân dân địa phương.

Các phương pháp phân vùng nguy cơ lũ quét thường áp dụng theo khuyến cáo của Ủy ban Khí tượng Thủy văn Quốc tế tập trung vào 3 phương pháp chính: (1) phân tích lượng mưa - dòng chảy; (2) phân tích nhân tố ảnh hưởng; (3) phân tích chỉ số nguy cơ lũ quét FFPI [4]. Theo hướng phân tích lượng mưa dòng chảy, [5] đã kết hợp phân tích thủy văn với phân tích địa mạo và cường độ mưa từ dữ liệu quan trắc radar thời tiết để phân tích nguy cơ lũ quét tại lưu vực suối Kasiniczanka, Ba Lan cho phép cảnh báo nguy cơ lũ quét theo các kịch bản cường độ mưa khác nhau. Phương pháp này cần có nguồn số liệu chính xác, hơn nữa phân tích bằng mô hình toán phức tạp nên khó áp dụng rộng rãi. Phương pháp FFPI sử dụng cách chồng chập đơn giản các lớp thông tin: độ dốc, sử dụng đất, thảm phủ thực vật và đặc điểm thạch học [6]. [7] phân tích nhân tố ảnh hưởng đến sự hình thành dựa trên thuật toán logic mờ và hồi quy logistic để xác định nguy cơ tiềm ẩn lũ quét dựa trên 12 yếu tố ảnh hưởng (độ cao địa hình, độ dốc, độ cong, hướng sườn, mật độ sông suối, chỉ số năng lượng dòng chảy, chỉ số độ ẩm địa hình, chỉ số khác biệt thực vật, lượng mưa, hiện trạng sử dụng đất, thạch học). Các phương pháp phân tích như trên khá phức tạp hoặc khó có thể giải quyết cả bài toán không gian và thời gian. Ngoài phương pháp phân tích dựa vào lượng mưa dòng chảy, các phương pháp khác đều tập trung vào phân tích không gian. Vậy nên, bài báo này tập trung vào sử dụng phương pháp thông kê đơn giản nhằm hướng tới việc xây dựng công cụ cho người dân có thể tự nhận diện nguy cơ xuất hiện lũ quét theo cả không gian và thời gian..

2. Khu vực nghiên cứu

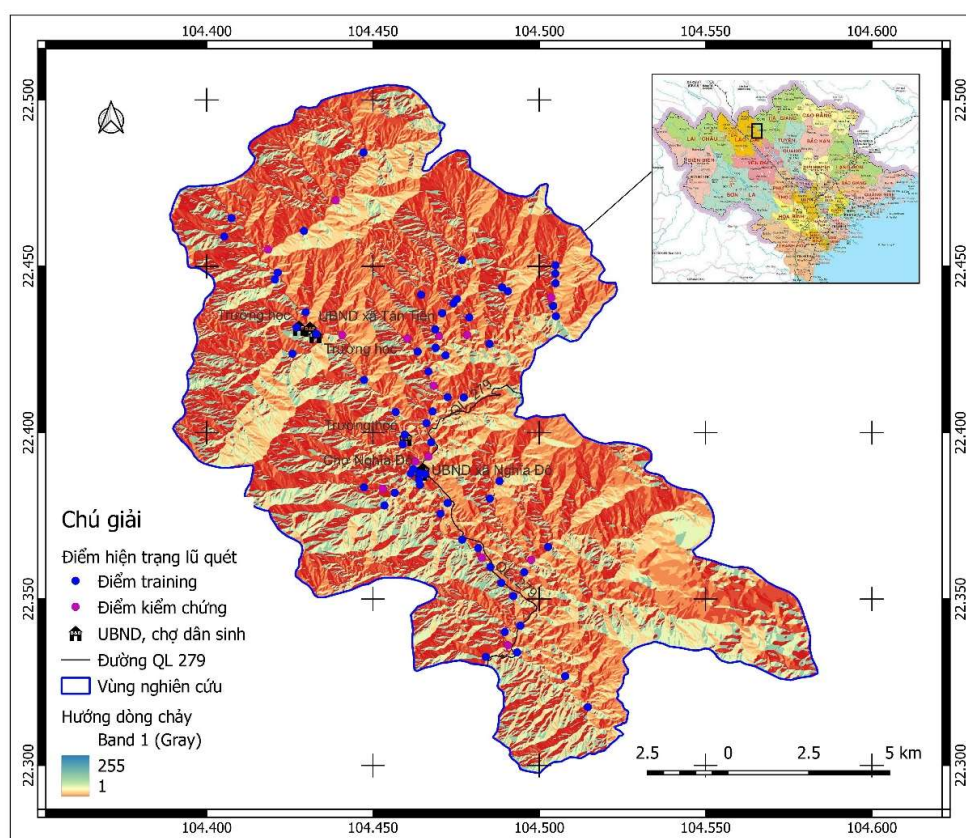
Khu vực suối Nghĩa Đô, huyện Bảo Yên là địa bàn ghi nhận hiện tượng lũ quét xuất hiện nhiều lần với tần suất lớn, và đặc biệt lớn vào các tháng 9/2010, tháng 8/2012, tháng 9/2014, tháng 10/2018, tháng 5/2019. Tại đây, lũ quét là do mưa lớn kết hợp với lượng nước lớn dồn về từ thượng nguồn lưu vực của các xã Tân Tiến và Bản Rịa đổ về tập trung tại vùng trũng trung tâm xã Nghĩa Đô. Mưa lớn gây sạt lở đất, cây cối, đất đá trôi xuống suối kết hợp với địa hình lòng suối bị co hẹp cục bộ đã tạo nên dồn ứ nước tạm thời tại trung tâm xã Nghĩa Đô trước khi chảy nhanh xuống xã Vĩnh Yên. Cường suất lũ có thể lên trên 2m/h, biên độ lũ trong 3h đạt 6,59m (ở mức rất nguy hiểm) đo được ở trạm Vĩnh Yên. Thiệt hại do lũ để lại rõ nhất và thường xuyên nhất tập trung ở khu chợ trung tâm xã Nghĩa Đô, các hộ kinh doanh thường chịu ngập lũ bất ngờ mà hiện thời không có hệ thống nào giúp cảnh báo trước, đường 279 và đường liên xã bị chia cắt và cô lập trong nhiều giờ, hư hỏng không khắc phục được ngay (Hình 1).

Địa hình lưu vực phía đầu nguồn có hình dạng rẽ quạt tập trung dòng chảy ở một số nút thắt trước khi đổ khu vực trung tâm xã Nghĩa Đô. Khu vực nghiên cứu nằm cắt ngang qua đèo đút gãy Sông Chảy nên điều kiện địa chất rất phức tạp với các đá thuộc hệ tầng Hà Giang, hệ tầng Sông Chảy, hệ tầng Tòng Bá - có thành phần thạch học chính là đá phiến sét, đá vôi sét, đá biến chất bị ép phiến mạnh là những tiền đề thuận lợi dẫn đến xuất hiện sạt lở đất đá khi có mưa lớn. Đặc điểm địa hình địa mạo, thủy văn kết hợp với hiện tượng sạt lở và mưa lớn cực đoan là những tác động trực tiếp dẫn đến sự hình thành lũ quét tại đây. Trên lưu vực suối Nghĩa Đô hiện nay đã có 2 hệ thống trạm quan trắc khí tượng thủy văn: trạm khí tượng thủy văn tại xã Vĩnh Yên, huyện Bảo Yên và trạm đo mưa nhân dân ở xã Bản Rịa, huyện Quang Bình. Trong nghiên cứu này, diễn biến ngập lụt được ghi nhận rõ nhất tại khu vực trung tâm xã Nghĩa Đô gần với vị trí trạm thủy văn Vĩnh Yên nên số liệu đo mưa ở trạm Vĩnh Yên được sử dụng để phân cấp và đánh giá mức độ nguy cơ xuất hiện lũ quét theo thời gian.



Hình 1. Cầu Bản Kem (a) và cầu Bản Làng (b) xã Nghĩa Đô bị hư hỏng nặng sau đợt lũ quét năm 2018, hiện vẫn đang chờ kinh phí sửa chữa (Ảnh: Phạm Quang Anh).

Kết quả điều tra các điểm hiện trạng lũ quét ghi nhận có tổng số 78 điểm mô tả vị trí dấu vết lũ trong khu vực nghiên cứu và 20 điểm lắng đọng vật liệu lũ tích trên suối. Các điểm mô tả vết lũ cho thấy tập trung nhiều ở khu vực xã Bản Rịa và xã Nghĩa Đô. Khu vực xã Tân Tiến có địa hình dốc tạo thành nhiều khe thẳng hẹp nên các nhánh suối ít để lại dấu vết của lũ quét hơn. 78 điểm mô tả vết lũ là khối lượng tài liệu đủ lớn để thống kê diễn biến lũ quét cho lưu vực này (diện tích lưu vực rộng: 223 km²).



Hình 2. Hiện trạng các điểm lũ quét trên lưu vực suối Nghĩa Đô và phạm vi nghiên cứu.

3. Số liệu phân tích

3.1. Phân tích tiềm năng lũ quét

Quá trình khảo sát hiện trạng sự hình thành lũ quét cũng cho thấy, đặc điểm dòng lũ quét ghi lại trên hiện trạng rõ nhất qua thông số độ sâu mực nước lũ và chiều rộng mặt cắt ngang của dòng lũ. Đặc điểm này để lại trên hiện trạng khu vực chịu lũ quét trong thời gian dài, rõ nhất là các ngấn nước lũ. Tổng hợp hai đặc điểm chính ở trên có thể ước lượng diện tích mặt cắt ướt lớn nhất hình thành tại từng vị trí. So sánh diện tích mặt cắt ướt hình thành trong cùng lưu vực suối cho thấy tổng thể khả năng hình thành lũ quét trên suối. Để đơn giản hóa, trong phân tích tiềm năng lũ quét bằng phương pháp thống kê, nguy cơ tiềm năng hình thành dòng lũ được mô tả ở dạng nhị phân (0: không xuất hiện lũ và 1: xuất hiện lũ).

Bên cạnh đó, các yếu tố địa hình, địa chất, thủy văn, sử dụng đất và thành phần mảnh vụn trong dòng lũ đều là các yếu tố hình thành. Với các công cụ hỗ trợ từ GIS, các yếu tố này được khai thác từ các nguồn dữ liệu bản đồ địa hình tỷ lệ 1:10.000 (của Trung tâm Thông tin dữ liệu đo đạc và bản đồ), bản đồ địa chất tỷ lệ 1:50.000 (của Trung tâm Thông tin Lưu trữ Địa chất). Các yếu tố ảnh hưởng đến tiềm năng lũ quét của khu vực gồm: độ cao địa hình, độ dốc, phân cắt sâu, phân cắt ngang, độ cong sườn, chỉ số năng lượng dòng chảy (SPI), chỉ số độ ẩm địa hình (TWI), chỉ số khác biệt thực vật (NDVI), thành phần thạch học. Chỉ số độ ẩm địa hình là một hàm của cả độ dốc và diện tích đóng góp ngược dòng trên mỗi đơn vị chiều rộng vuông góc với hướng dòng chảy. Chỉ số năng lượng dòng chảy là thước đo mức độ xói mòn do dòng chảy được tính bởi độ dốc và chiều dài dòng chảy.

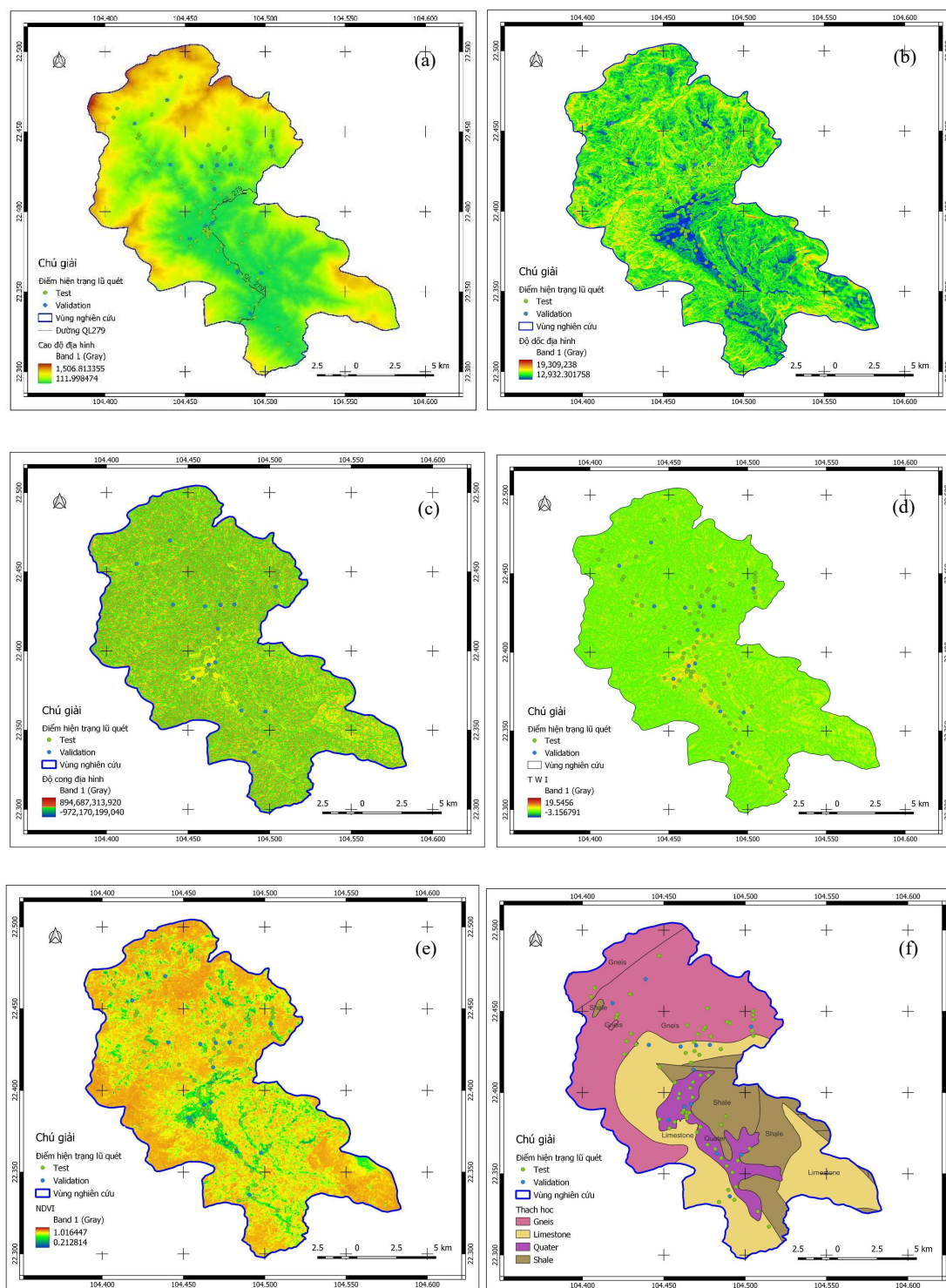
Dữ liệu địa chất ở khu vực này được khai thác từ bản đồ địa chất mảnh F48-53-B, tỷ lệ 1:50.000 nhóm tờ Bắc Hà. Phần thấp của lưu vực suối Nghĩa Đô có cấu tạo từ hệ tầng Hà Giang và hệ tầng Tông Bá có thành phần thạch học đá phiến sét, đá phiến sét vôi, đá vôi phân lớp mỏng. Phần thượng nguồn trên cao của lưu vực có cấu tạo từ đá phiến biến chất phức hệ Sông Chảy bị ép phiến mạnh với thành phần chủ yếu là thạch anh, fenspat, mica. Phần diện tích khu vực thượng nguồn lưu vực nằm trong phạm vi ảnh hưởng của đứt gãy sông Chảy. Vì vậy, ở phía thượng nguồn cũng dễ xuất hiện hiện tượng sạt lở đất đá hơn.

Thành phần mảnh vụn lẫn trong dòng lũ được hình thành từ 3 nguồn: xói mòn bề mặt, trượt lở và lượng vật liệu sẵn có trong lòng suối. Với điều kiện địa chất phức tạp, diễn biến xói mòn bề mặt và sạt lở trong khu vực này là những quá trình rất phức tạp nên chưa được làm rõ trong nghiên cứu này. Ảnh hưởng của xói mòn và sạt lở chỉ được đánh giá gián tiếp thông qua các yếu tố khác như địa chất và sử dụng đất trong nghiên cứu này chứ chưa định lượng cụ thể. Thành phần mảnh vụn lẫn trong dòng lũ chỉ có thể phân tích qua lượng vật liệu sẵn có trong lòng suối. Thành phần vật liệu lắng đọng chủ yếu là cuội sỏi lẫn cát hạt thô màu trắng xám. Vị trí phân bố vật liệu lắng đọng lũ tích thường nằm ở những đoạn cong của dòng suối, nơi có độ dốc không lớn và động năng của dòng chảy thường xuyên khá nhỏ. Những vị trí khe hẹp, độ dốc lớn thường tạo ra động năng dòng lũ lớn nên vật liệu lũ tích khó lắng đọng lại được.

3.2. Thời điểm xuất hiện lũ quét

Mưa lớn là yếu tố kích hoạt hiện tượng lũ quét xuất hiện, tuy nhiên lượng mưa bao nhiêu và thời lượng mưa trong bao lâu sẽ xuất hiện lũ quét phụ thuộc vào từng lưu vực cụ thể. Mục tiêu nghiên cứu cường độ mưa ảnh hưởng đến sự xuất hiện lũ quét trong lưu vực suối Nghĩa Đô hướng tới phân tích quá trình phát triển của hiện tượng theo thời gian. Vì vậy, nhóm nghiên cứu tổng hợp dữ liệu một số trận mưa lớn từ năm 2010 đến nay, đặc biệt là các thời điểm mưa lớn vào có ghi nhận lũ quét tại khu vực Nghĩa Đô như trong bảng 1. Số liệu mưa cho thấy mùa mưa tại khu vực suối Nghĩa Đô diễn ra từ đầu tháng 5 cho đến tháng 10 hằng năm. Vì hiện tượng lũ quét đi kèm với diễn biến mưa lớn trong thời gian ngắn nên trong thời

gian tổng hợp số liệu mưa, nhóm nghiên cứu chỉ tập trung vào thống kê các thời điểm mưa lớn để so sánh và phân tích.



Hình 3. Một số lớp dữ liệu chính dùng trong phân tích tiềm năng lũ quét gồm (a) cao độ, (b) độ dốc địa hình, (c) độ cong địa hình, (d) TWI, (e) NDVI, (f) thạch học.

Bảng 1. Các thời điểm ghi nhận xuất hiện lũ quét trên suối Nghĩa Đô.

STT	Thời gian	Thiệt hại	Lượng mưa trong 24 giờ
1	ngày 6/9/2010	Mưa lớn làm ngập khu chợ xã Nghĩa Đô, cuốn trôi 2 nhà gỗ, hơn 50ha lúa ngậm đồng bị ngập nước cùng nhiều gia súc.	80mm
2	ngày 26/7/2012	Lũ quét lên nhanh ở suối Nghĩa Đô chỉ làm ngập đường và ruộng.	29mm Mưa liên tiếp trước 3 ngày
3	ngày 21/07/2014	Lũ quét xuất hiện làm ngập toàn bộ diện tích lúa hàng trăm héc ta của người dân địa phương, một số đoạn đường liên xã trong khu vực cũng bị nước lũ tàn phá làm tê liệt giao thông.	132mm Mưa liên tiếp trước 1 ngày
4	05/08/2016	Ngập khu Chợ Nghĩa Đô và ruộng của người dân.	74mm Mưa liên tiếp trước 3 ngày
5	rạng sáng ngày 22/10/2018	Mưa lũ làm ảnh hưởng thiệt hại 98 ngôi nhà tại xã Nghĩa Đô và 12 nhà tại xã Vĩnh Yên; 253.95ha diện tích lúa bị ảnh hưởng và nhiều công trình hạ tầng. Mực lũ lên đo được tại trạm Vĩnh Yên là 34,44m	49mm
6	ngày 1/5/2019	Cuốn trôi một nhịp cầu tạm tại Km71+500 tỉnh lộ 153, một số cống qua đường liên thôn cũng bị đất đá làm hư hỏng.	29mm

4. Phương pháp

4.1. Thống kê tần suất

Phương pháp phân tích thống kê tần suất được xem là một phương pháp đơn giản để phân tích các yếu tố không gian, tìm hiểu mối quan hệ xác suất giữa các biến phụ thuộc và độc lập, áp dụng dễ dàng cho mô hình phân tích khả năng tiềm ẩn lũ quét [8]. Khi đó, cách tiếp cận này mô tả khả năng tiềm ẩn lũ quét (FFPI) như một quan hệ tổng hợp của nhiều yếu tố môi trường khác (FR_x).

$$TS = \sum FR_x \quad (1)$$

trong đó *TS* là chỉ số nhạy cảm với nguy cơ lũ quét theo thống kê tần suất và *FR_x* là tỷ số tần suất cho mỗi yếu tố môi trường. *FR_x* được tính bằng tỷ số giữa diện tích có thể xảy ra nguy cơ lũ quét trên tổng khu vực nghiên cứu, hoặc tỷ số giữa xác suất xuất hiện nguy cơ lũ quét và xác suất không xảy ra, được trình bày trong công thức:

$$FR_x = (A/B) / (M/N) \quad (2)$$

Trong đó A là số pixel có nguy cơ lũ quét cho mỗi loại yếu tố; B là tổng số điểm ảnh có nguy cơ lũ quét trong khu vực nghiên cứu; M là số pixel cho mỗi lớp yếu tố; và N là tổng số pixel trong khu vực nghiên cứu.

Trong phân tích này, nếu giá trị *FR_x* lớn hơn 1 có nghĩa là có mối tương quan mạnh hơn, trong khi giá trị nhỏ hơn 1 có nghĩa là có mối tương quan yếu hơn. Mối quan hệ không gian giữa mỗi lớp thông số ảnh hưởng đến sự hình thành lũ quét được trình bày trong Bảng 2.

4.2. Thống kê mật độ

Phương pháp tiếp cận mật độ thống kê được giới thiệu bởi [9]. Đây là một phân tích thống kê hai biến đã được sử dụng rộng rãi trong nhiều nghiên cứu tiềm năng lũ quét. Trong phương pháp thống kê mật độ, giá trị cho mỗi đơn vị phân loại được xác định qua công thức sau:

$$S_{ij} = \ln(D_{ij} / D) = \ln [(N_{ij}/M_{ij}) / (N/M)] \quad (3)$$

Trong đó SI_{ij} là trọng số cho cấp thứ i của yếu tố thứ j . D_{ij} là mật độ nguy cơ lũ quét trong cấp thứ i của yếu tố j . D là tổng mật độ nguy cơ lũ quét trong khu vực nghiên cứu. N_{ij} là số điểm ảnh có nguy cơ lũ quét trong cấp thứ i của yếu tố j . M_{ij} là số pixel trong lớp thứ i của tham số j . N là tổng số điểm điều tra nguy cơ lũ quét trong khu vực nghiên cứu. M là tổng số pixel trong vùng nghiên cứu. Vì logarit tự nhiên không có đơn vị, giá trị trọng số (SI_{ij}) chỉ có thể được tính cho từng lớp. Tổng hợp lại ta có chỉ số tiềm năng lũ quét sẽ là:

$$MĐ = \sum SI_{ij} \quad (4)$$

Trong đó $MĐ$ là chỉ số nhạy cảm với nguy cơ lũ quét theo thống kê mật độ và SI_{ij} là giá trị trọng số của cấp thứ i của yếu tố thứ j . Bảng 2 cho thấy mối quan hệ không gian giữa mỗi thông số ảnh hưởng đến sự hình thành qua giá trị trọng số SI_{ij} . Do không có nguy cơ lũ quét trong khu vực nghiên cứu ở độ cao lớn hơn 750m nên W_{ij} cho cấp này được đặt thành “-1” để chỉ ra khả năng xuất hiện nguy cơ lũ quét cực kỳ thấp [10].

Bảng 2. Phân phối thống kê các yếu tố môi trường theo các lớp giá trị theo các điểm đào tạo.

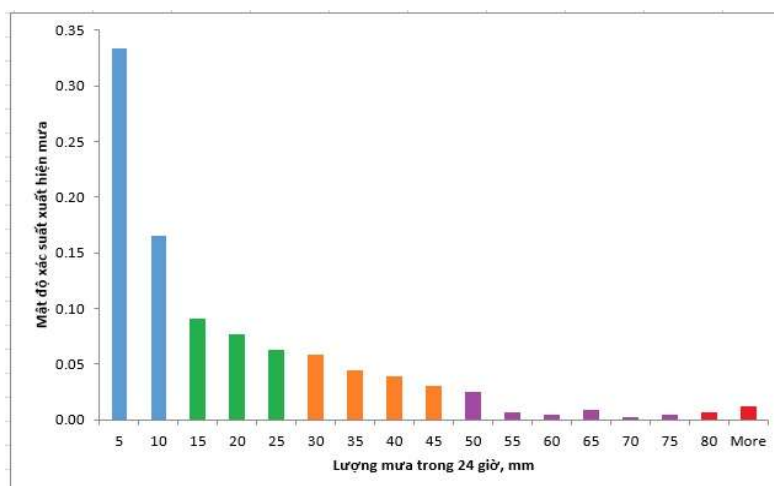
Yếu tố	Phân loại	Số lượng điểm ảnh trong miền (M)	Tỷ lệ điểm ảnh (M/N)	Số lượng điểm lũ quét (A)	Tỷ lệ điểm lũ quét	TS	MĐ
Cao độ địa hình	<150	58451	2,43	87	33,46	13,75	2,62
	150-300	613647	25,53	101	38,84	1,52	0,41
	300-450	451814	18,80	46	17,69	0,94	-0,06
	450-600	358442	14,92	11	4,23	0,28	-1,26
	600-750	342730	14,26	15	5,77	0,40	-0,90
	750-900	268220	11,16	0	0	0	-1
	900-1050	209188	8,70	0	0	0	-1
	1050-1200	76914	3,20	0	0	0	-1
	1200-1350	19940	0,83	0	0	0	-1
	>1350	3475	0,14	0	0	0	-1
Độ dốc	<10	192003	7,99	200	76,92	9,63	2,26
	10-20	547807	22,79	45	17,31	0,76	-0,27
	20-30	871320	36,26	15	5,77	0,16	-1,84
	30-40	587710	24,46	0	0	0	-1
	40-50	170409	7,09	0	0	0	-1
	50-60	28151	1,17	0	0	0	-1
	>60	5421	0,23	0	0	0	-1
Độ cong	Cong lồi	380472	15,83	0	0	0	-1
	Cong lồi ít	290809	12,10	0	0	0	-1
	Phẳng	1079891	44,94	109	41,92	0,93	-0,069
	Cong lõm ít	287655	11,97	65	25,0	2,09	0,73

Yếu tố	Phân loại	Số lượng điểm ảnh trong miền (M)	Tỷ lệ điểm ảnh (M/N)	Số lượng điểm lũ quét (A)	Tỷ lệ điểm lũ quét	TS	MD
	Cong lõm	363994	15,15	86	33,07	2,18	0,78
Phân cắt sâu	<100	68792	2,86	46	17,69	6,18	1,82
	100-200	259718	10,80	74	28,46	2,63	0,97
	200-300	619942	25,80	107	41,15	1,59	0,47
	300-400	685823	28,54	18	6,92	0,24	-1,41
	400-500	496188	20,65	11	4,23	0,20	-1,58
	500-600	204258	8,50	4	1,53	0,18	-1,7
	600-700	65217	2,71	0	0	0	-1
	>700	2883	0,12	0	0	0	-1
Phân cắt ngang	<200	5785	0,24	0	0	0	-1
	200-400	142113	5,91	0	0	0	-1
	400-600	603343	25,11	8	3,07	0,12	-2,10
	600-800	1229528	51,17	171	65,77	1,28	0,25
	800-1000	337196	14,03	40	15,38	1,09	0,09
	1000-1200	54490	2,26	20	7,69	3,39	1,22
	1200-1400	15284	0,63	11	4,23	6,65	1,89
	>1400	15082	0,63	10	3,84	6,12	1,81
SPI	<1	2322509	96,65	207	79,61	0,82	-0,19
	1-2	40318	1,67	17	6,53	3,89	1,36
	2-3	15350	0,64	7	2,69	4,21	1,43
	3-4	7857	0,34	9	3,46	10,58	2,35
	4-5	4790	0,2	8	3,07	15,43	2,73
	5-6	3208	0,13	3	1,15	8,64	2,15
	6-7	2177	0,1	4	1,53	16,98	2,83
	7-8	1509	0,06	1	0,04	6,12	1,81
	>8	5103	0,21	4	1,53	7,24	1,98
TWI	<2	274	0,02	0	0	0	-1
	2-4	634300	26,39	0	0	0	-1
	2-6	1312830	54,63	29	11,15	0,20	-1,58
	6-8	372877	15,51	112	43,07	2,77	1,02
	8-10	72315	3,01	97	37,31	12,39	2,51

Yếu tố	Phân loại	Số lượng điểm ảnh trong miền (M)	Tỷ lệ điểm ảnh (M/N)	Số lượng điểm lũ quét (A)	Tỷ lệ điểm lũ quét	TS	MD
	10-12	9710	0,5	20	7,69	19,03	2,94
	>12	515	0,03	2	0,76	35,89	3,58
	<0.2	15	0,001	0	0	0	-1
	0.2-0.4	969	0,05	0	0	0	-1
NDVI	0.4-0.6	56297	2,34	87	33,46	14,28	2,5
	0.6-0.8	647803	26,96	161	61,92	2,29	0,83
	>0.8	1697752	70,65	2	0,76	0,01	-4,52
	An Phú	226682	9,43	0	0	0	-1
	Hà Giang	430250	17,90	15	5,77	0,32	-1,13
Thạch học	Tòng Bá	505835	21,05	54	20,77	0,98	-0,01
	Sông Chảy	1036765	43,14	84	32,30	0,75	-0,29
	Đệ tứ	203289	8,46	107	41,15	4,86	1,58

4.3. Thống kê cường độ mưa gây lũ quét

Xem xét lượng mưa của 6 sự kiện ghi nhận lũ quét trên suối Nghĩa Đô ở trên cho thấy chúng đều có đặc điểm chung là do mưa lớn liên tục trong 24 giờ, hầu hết kèm theo diễn biến mưa trước đó 2-3 ngày trước khi ghi nhận đỉnh lũ tại trạm Vĩnh Yên. Mưa kéo dài 2-3 ngày trước khi ghi nhận đỉnh lũ làm cho đất đá bị bão hòa nên chỉ cần lượng mưa không lớn cũng có thể gây lũ quét sau đó. Lượng mưa nhỏ nhất trong 24 giờ trong 6 sự kiện lũ quét là 29mm ghi nhận vào ngày 1/5/2019. Khi lũ quét dồn về trung tâm chợ Nghĩa Đô thường kéo theo cây cối và bùn đất có thể là sản phẩm do sạt lở đất từ trên thượng nguồn sinh ra. Tuy nhiên, sau thời điểm lũ quét hình thành đã không ghi chép lại chi tiết hiện tượng sạt lở ở trên thượng nguồn nên trong bài báo này chưa phân tích đến tác động của sạt lở kích thích hình thành lũ quét. Như vậy, lấy thời lượng mưa của khu vực xã Nghĩa Đô là 24 giờ sẽ tương đối phù hợp cho phân tích lũ quét trên suối Nghĩa Đô. Phân tích thống kê cho thấy, phân phối xác suất lượng mưa trong 24 giờ tuân theo luật phân phối hàm số mũ có chiều giảm dần. Vì vậy, phân chia các khoảng đều nhau theo 5 cấp độ lượng mưa thì lượng mưa trong 24 giờ ở các cấp theo thứ tự lớn dần sẽ là: < 10 mm, 10-25 mm, 25-45 mm, 45-70 mm và > 70 mm. Như vậy, lượng mưa trong 24 giờ xuất hiện lũ quét ghi nhận ở trên đều nằm ở các cấp thứ 3 trở lên là phù hợp với thực tế.

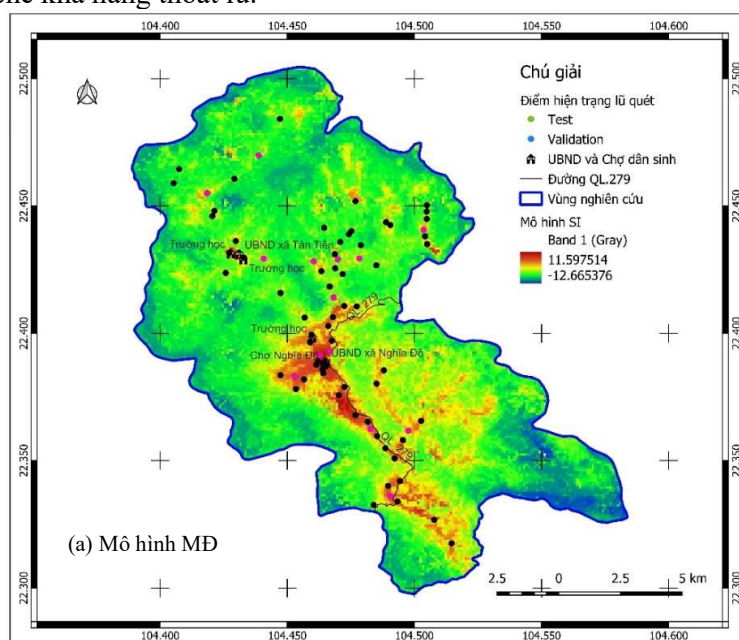


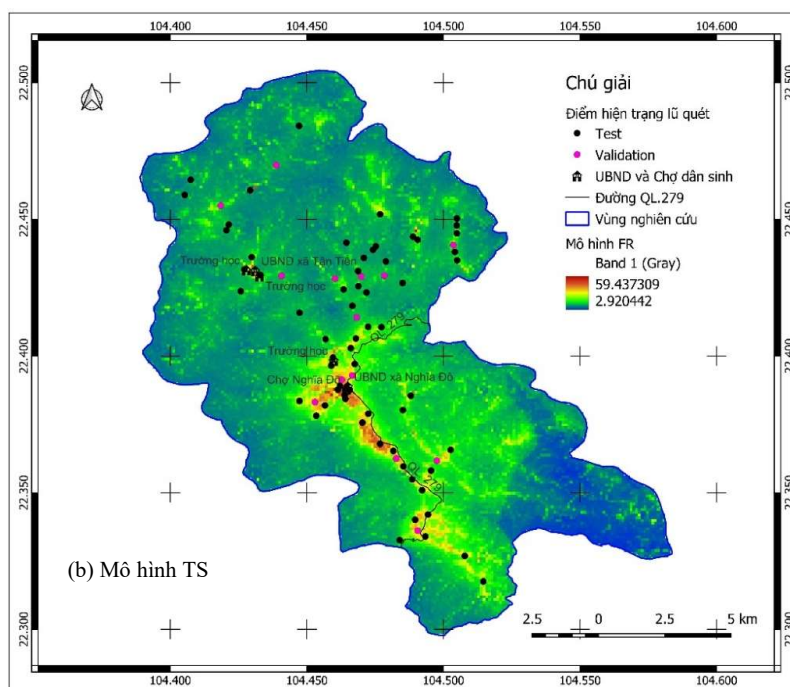
Hình 4. Biểu đồ mật độ xác suất lượng mưa lớn trong 24 giờ và khoảng phân chia các cấp lượng mưa cho lưu vực xã Nghĩa Đô.

5. Kết quả - thảo luận

5.1. Bản đồ tiềm năng lũ quét lưu vực suối Nghĩa Đô

Kết quả đánh giá tiềm năng lũ quét trên lưu vực suối Nghĩa Đô được tiến hành theo 2 phương pháp thống kê mật độ và tần suất. Đánh giá sơ bộ qua 2 bản đồ tiềm năng lũ quét cho thấy kết quả không có sự khác biệt nhiều. Khu vực ghi nhận lũ quét có tiềm năng ảnh hưởng mạnh nhất vẫn là khu vực từ trường tiểu học qua khu chợ Nghĩa Đô xuống đến khu vực nút thắt tại bản Phiên Đan. Khu vực phía dưới xã Vĩnh Yên chỉ có nguy cơ cao ở vùng trũng thấp dọc theo hai bờ suối. Do địa hình co hẹp lại nên diện tích tiềm ẩn nguy cơ lũ quét ở phía dưới xã Vĩnh Yên là không cao bằng xã Nghĩa Đô. Địa hình phía trên cao có mức độ phân cắt lớn, độ dốc cao nên lũ quét chỉ tiềm ẩn ở các thung lũng nhỏ hẹp. Đáng chú ý là ở khu vực thôn Bản Rịa và thôn 1, xã Bản Rịa hay thôn 1 xã Tân Tiên. Diện tích tiềm ẩn nguy cơ cao lũ quét ở khu vực trung tâm xã Nghĩa Đô lớn hơn nhiều so với diện tích nguy cơ cao của xã Vĩnh Yên. Đặc biệt, điểm thắt gây ra nghẽn dòng ở cuối xã Nghĩa Đô thể hiện rõ ảnh hưởng địa hình làm hạn chế khả năng thoát lũ.





Hình 5. Bản đồ tiềm năng lũ quét khu vực suối Nghĩa Đô phân tích theo các phương pháp thống kê (a) Mô hình MĐ; (b) Mô hình TS.

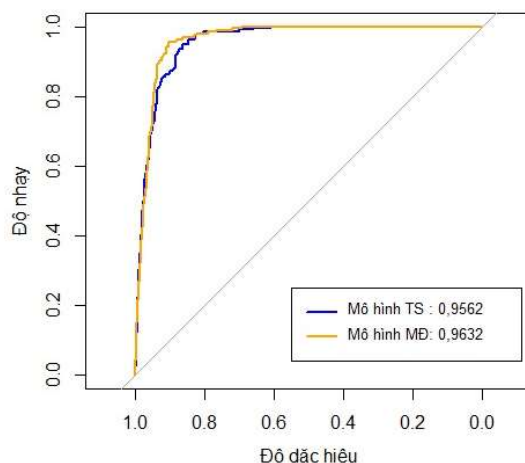
5.2. Kiểm định mô hình phân tích tiềm năng lũ quét

Trong nghiên cứu này, kết quả mới chỉ có thể so sánh 2 phương pháp thống kê đơn giản và dựa trên thực tế kết quả khảo sát thực địa. Đây là 2 phương pháp thống kê đơn giản nên rất dễ áp dụng vào thực tiễn, tốc độ tính toán nhanh. Tuy nhiên, vấn đề mức độ tin cậy của phương pháp cần phải được đánh giá thật cẩn thận khi áp dụng ở ngoài phạm vi không gian nghiên cứu này. Trong tổng cộng 78 điểm nguy cơ lũ quét trên khu vực nghiên cứu, nhóm nghiên cứu sử dụng 55 điểm để đào tạo mô hình (70%) và 23 điểm để kiểm định mô hình (30%).

Trong nghiên cứu này, phương pháp đánh giá mô hình được thực hiện bằng việc phân tích đặc điểm đường cong đặc trưng máy thu ROC và diện tích dưới đường cong AUC (hình 6). Xác suất tiềm năng lũ quét của 2 phương pháp được so sánh với thực tế các vị trí nguy hiểm lũ quét hiện có. Tỷ lệ chính xác của dự đoán lần lượt cho từng mô hình là TS = 95.62% và MĐ = 96.32%. Những kết quả này cho thấy cả TS và MĐ đều khá tốt trong việc dự đoán mức độ tiềm ẩn với nguy cơ lũ quét khu vực Nghĩa Đô, và phương pháp MĐ tốt hơn TS một chút.

5.3. Nguy cơ hình thành lũ quét tại khu vực suối Nghĩa Đô

Nguy cơ hình thành lũ quét tại khu vực suối Nghĩa Đô được xem xét theo cả 2 khía cạnh không gian và thời gian. Về không gian, phạm vi các khu vực có tiềm năng phát sinh lũ quét được phân thành 6 mức tiềm năng nguy cơ lũ quét từ thấp đến cao. Trong đó, những khu vực không có tiềm năng lũ quét được ghi nhận ở mức 0 (không có tiềm năng lũ quét) và vùng có nguy cơ cao nhất là mức 5 (nguy cơ rất cao). Vì khu vực không có tiềm năng lũ quét thì trong bất cứ hoàn cảnh nào thì cũng không thể hình thành lũ quét nên không cần chú ý trong cảnh báo nguy cơ lũ quét. Về thời gian, đối với lưu vực suối Nghĩa Đô, diễn biến mưa lớn diễn ra nhanh trong 24 giờ được xác định là có ý nghĩa kích thích sự xuất hiện lũ quét. Xem xét 429 ngày có mưa từ năm 2010 đến nay cho thấy, lượng mưa trong 24 giờ có thể chia làm 5 cấp theo thứ tự lớn dần sẽ là: < 10 mm, 10-25 mm, 25-45 mm, 45-70 mm và > 70 mm.



Hình 6. Đường cong đặc trưng máy thu ROC và diện tích AUC theo các phương pháp thống kê tần suất (TS) và phương pháp thống kê mật độ (MD).

Sử dụng ma trận hình chữ nhật với kích thước 5x5 theo 2 chiều để xác định nguy cơ hình thành lũ quét, chiều ngang là cường độ mưa trong 24h và chiều dọc là tiềm năng hình thành trên lưu vực suối Nghĩa Đô (hình 7). Trong từng không gian tiềm năng lũ quét và cường độ mưa trong 24h mà ta có thể xác định các cấp nguy cơ xuất hiện lũ quét khác nhau. Các cấp nguy cơ xuất hiện trong ma trận này được chia làm 7 cấp độ: lưu ý, cảnh giác, chú ý, chuẩn bị, nguy hiểm, rất nguy hiểm và đặc biệt nguy hiểm (từ I đến VII). Như vậy, dựa vào bản đồ tiềm năng lũ quét tại khu vực suối Nghĩa Đô kết hợp với lượng mưa thực đo sẽ có thể dễ dàng nhận định mức độ nguy cơ xuất hiện lũ quét phục vụ cảnh báo sớm tai biến.

		Cường độ mưa trong 24h				
		<10mm	10-25mm	25-45mm	45-70mm	>70mm
		1	2	3	4	5
Tiềm năng hình thành lũ quét trên lưu vực suối Nghĩa Đô	1	I	I	II	II	II
	2	I	III	III	III	III
	3	II	III	IV	IV	IV
	4	III	IV	V	V	V
	5	III	IV	V	VI	VII

Hình 7. Ma trận xác định nguy cơ lũ quét tương ứng với cường độ mưa.

Xem xét tại vị trí khu chợ Nghĩa Đô có mức tiềm năng hình thành lũ quét ở mức 5, vào các thời điểm ngày 6/9/2010, 21/07/2014, 05/08/2016 và ngày 22/10/2018 nguy cơ xuất hiện lũ quét đều ở mức đặc biệt nguy hiểm. Ngày 26/7/2012 và 01/05/2019 cũng được xác định ở mức rất nguy hiểm. Nếu xem xét nguy cơ ở vùng nhỏ như tại thôn 1 xã Bản Rịa có mức tiềm năng lũ quét là 3, ngày 22/10/2018 đã xuất hiện mưa với cường độ 49mm gây ra lũ quét tại đây, điều này khá trùng hợp với mức nguy hiểm được tra ở bảng ma trận ở trên.

6. Kết luận

Nhằm hướng tới xây dựng một bộ công cụ đánh giá nhanh nguy cơ hình thành lũ quét theo cả không gian và thời gian cho một lưu vực nhất định, bài báo này đề xuất áp dụng các phương pháp thống kê đơn giản để có thể xác định nhanh các vị trí có tiềm năng xuất hiện lũ quét. Một số kết quả phân tích của bài báo cung cấp những nhận định như sau:

- Lũ quét trên suối Nghĩa Đô lên nhanh là do lượng nước lớn đồng thời đổ dồn về từ các dòng suối nhánh ở xã Tân Tiến và xã Bản Rịa kết hợp địa hình thắt hẹp lại ở phía cuối xã Nghĩa Đô và xã Vĩnh Yên làm hạn chế tốc độ thoát lũ. Tiềm năng nguy cơ lũ quét lớn nhất được xác định ở khu chợ trung tâm xã Nghĩa Đô bằng các phương pháp thống kê cho kết quả khá phù hợp với diễn biến thực tế.

- Lũ quét trên suối Nghĩa Đô có diễn biến lên nhanh bất ngờ và xuống nhanh, phụ thuộc mật thiết và chủ yếu vào lượng mưa lớn trong thời gian ngắn, theo số liệu quan trắc thu được tại trạm thủy văn Vĩnh Yên diễn biến lũ quét chỉ lên xuống trong 24 giờ. Qua ghi nhận 6 sự kiện lũ quét (từ năm 2010 đến nay) cho thấy cường độ mưa 24 giờ cao hơn 29 mm là đủ để xuất hiện lũ quét trên suối ở mức nguy hiểm như tại khu vực chợ trung tâm xã Nghĩa Đô.

- Sự kết hợp giữa 5 cấp tiềm năng hình thành lũ quét và 5 mức cường độ mưa trong 24 giờ cho phép xây dựng bảng ma trận 7 cấp độ nguy cơ lũ quét. Sử dụng bảng ma trận này, người dân có thể dễ dàng tự cảnh báo nguy cơ lũ quét xuất hiện ở khu vực sinh sống.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: Đ.M.Đ., P.Q.A., H.H.Y.; Điều tra, khảo sát, thu thập số liệu quan trắc mưa: P.Q.A., Đ.M.Đ.; Phân tích số liệu: Đ.K.B., H.H.Y.; Viết bản thảo bài báo: Đ.M.Đ., V.C.M.; Chỉnh sửa bài báo: Đ.M.Đ., V.C.M., Đ.K.B.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này đã sử dụng dữ liệu điều tra hiện trạng lũ quét trong khuôn khổ đề tài mã số B2018-VTK-01 của Viện Nghiên cứu Thiết kế trường học, Bộ Giáo dục và Đào tạo. Dữ liệu quan trắc mưa giờ được tổng hợp từ số liệu thu thập trong đề tài cấp cơ sở Phòng Địa kỹ thuật - Viện Địa chất năm 2021.

Lời cam đoan: 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. Trần Thực. Báo cáo đặc biệt của Việt Nam về quản lý rủi ro thiên tai và các hiện tượng cực đoan nhằm thúc đẩy thích ứng với Biến đổi Khí hậu. UNDP - IMHEN, Nhà xuất bản Tài nguyên - Môi trường và Bản đồ Việt Nam **2015**.
2. Lã Thanh Hà. Những điều cần biết về Lũ quét. Nhà Xuất Bản Tài Nguyên Môi Trường & Bản Đồ Việt Nam **2017**, tr. 392.
3. Minh, V.C. 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**.
4. Tư, T.V. Cơ sở khoa học và phương pháp lập bản đồ nguy cơ lũ quét. *Tạp chí các Khoa học về trái đất* **2012**, 34(3), 217-222.
5. 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) **2017**. *Nat Hazards* 88(1):95–120.
6. Zogg, J., K. Deitsch. The flash flood potential index at WFO Des Moines. *Project at National weather Service* **2013**.
7. Dieu, B.T. Flash flood susceptibility modeling using an optimized fuzzy rule based feature selection technique and tree based ensemble methods. *Science of the Total Environment* **2019**, 668.
8. Laxton, J.L. Geographic information systems for geoscientists—Modelling with GIS—Bonhamcarter. *GF. Int. J. Geogr. Inf. Syst.* **1996**, 10, 355–356.

9. Van Westen C.J., Rengers N.; Soeters, R. Use of geomorphological information in indirect landslide susceptibility assessment. *Natural hazards* **2003**, 30(3), 399-419
10. Zhang, G.; Cai, Y.; Zheng, Z.; Zhen, J.; Liu, Y.; Huang, K. Integration of the statistical index method and the analytic hierarchy process technique for the assessment of landslide susceptibility in Huizhou, China. *Catena* **2016**, 142, 233–244.

Assessment of the risk of flash flood formation on Nghia Do stream, Bao Yen district, Lao Cai province by statistical analysis method

Dao Minh Duc^{1*}, Vu Cao Minh¹, Hoang Hai Yen¹, Pham Quang Anh², Dang Kinh Bac³

¹ Institute of Geological Sciences - Vietnam Academy of Science and Technology;
daominhduc_dkt@yahoo.com; vucaominh@gmail.com; yenhhl1@gmail.com

² School Design Research Institute, Ministry of Education and Training;
pqanh@moet.edu.vn

³ Faculty of Geography, Hanoi University of Science, VNU; kinhbachus@gmail.com

Abstract: Early warning of the flash flood risk in mountainous areas is an important requirement today for developing countries like Vietnam. Most of the analytical methods require large amounts of quality data and complex analytical models, making it difficult for users. Therefore, it is necessary to have a flash flood risk analysis tool to give an early warning alarm simply, so that people living in high-risk stream basins such as Nghia Do, Bao Yen district, Lao Cai province can be more proactive in their actions. This paper aims to use simple statistical methods to assess the flash flood risk in Nghia Do stream. The research team used statistical methods to explain both spatial and temporal laws of flash flood formation. Research results show that the development of flash floods on Nghia Do stream has a fast and sudden speed, mainly depending on the rainfall intensity in 24 hours and just 24-hour rainfall intensity higher than 29mm is enough to form flash floods. This study establishes a 2-dimensional matrix table combining 5 potential levels of flash flood formation with 5 levels of rainfall intensity in 24 hours to determine the risk of flash flood formation in the area. People here can easily use this matrix to warn themselves in time of the risk of flash floods occurring in the Nghia Do area.

Keywords: Flash flood risk; Statistical method; Nghia Do; Precipitation; Flash flood potential map.