

# XÂY DỰNG BẢN ĐỒ NGUY CƠ TRƯỢT LỞ ĐẤT THEO CHUỖI DỮ LIỆU MƯA THỜI GIAN THỰC KHU VỰC TẢ VAN-HÀU THẢO, SA PA-LÀO CAI VÀ ĐỀ XUẤT PHƯƠNG ÁN CẢNH BÁO SỚM

Nguyễn Hà Phương, Hoàng Việt Hùng, Lê Thị Thanh Thủy

Trường Đại học Thủy lợi

Nguyễn Tiếp Tân

Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam

**Tóm tắt:** Bài báo trình bày các bước xác định bản đồ nguy cơ trượt lở đất theo chuỗi thời gian mưa thực. Hệ thống bản đồ này được phát triển dựa trên bản đồ nguy cơ trượt lở đất trạng thái tĩnh truyền thống nhưng được mở rộng theo chuỗi dữ liệu mưa tích lũy thực đo. Ưu điểm lớn nhất của chuỗi bản đồ này là bao trùm được giá trị ngưỡng mưa kích hoạt trượt lở nông trong khu vực và tường minh được quá trình phát sinh, phát triển trượt lở đất với các kịch bản mưa khác nhau. Hệ thống bản đồ này với các thông tin chi tiết đáp ứng được yêu cầu cảnh báo sớm trượt lở đất, tích hợp được với trạm đo mưa khu vực, thuận tiện cho công tác ứng phó trượt lở đất.

**Từ khóa:** Bản đồ nguy cơ trượt lở đất, mưa tích lũy, cảnh báo sớm.

**Summary:** The article presents the steps in determining landslide susceptibility maps based on real rainfall time series. This map system is developed based on the traditional static landslide risk map which is extended according to the actual cumulative rainfall data series. One of the most outstanding advantages of this map series is that it covers the threshold value of rainfall that triggers shallow landslides in the area as well as clearly shows the process of landslide occurrence and development with various scenarios of cumulative rainfall. This map system with detailed information satisfies the requirements for landslide early warning and therefore can be integrated with regional rain gauge stations, which is convenient for landslide response.

**Keywords:** Landslide susceptibility map, cumulative rainfall, early warning.

## 1. GIỚI THIỆU CHUNG

Những năm gần đây, khu vực Sa Pa, Lào Cai thường hay xảy ra lũ quét, sạt lở đất đá. Hình 1 là vị trí nghiên cứu, vị trí này ranh giới hành chính của hai xã Tả Van và Hầu Thào thuộc thị xã Sa Pa. Khu vực này có bãi đá cổ Sa Pa là một trong những địa điểm du lịch nổi tiếng. Đặc biệt vào năm 2019, một số khối trượt lớn xuất hiện khu vực gần bãi đá cổ Sa Pa, dọc theo đường tỉnh lộ 152. Ba khối trượt tại bản Dền xảy ra lúc 09:00 sáng ngày 05 tháng 8 năm 2019 làm chết một người và ách tắc giao thông nhiều giờ, một khối trượt chậm ở bản Pho, hiện tại mỗi năm khối này dịch trượt khoảng 15 cm.

Ngày nhận bài: 08/4/2025

Ngày thông qua phản biện: 09/5/2025

Ngày duyệt đăng: 21/5/2025

Dựa trên dữ liệu viễn thám thu thập từ chương trình nghiên cứu chung Đông Á [1], nhóm nghiên cứu đã phân tích phân bố trượt lở đất trong khu vực trung tâm bãi đá cổ Sa Pa (Hình 1). Kết quả phân tích, đánh giá dữ liệu ảnh vệ tinh kết hợp điều tra hiện trường cho thấy đây là khu vực có nguy cơ trượt lở rất cao với hai dạng trượt điển hình là khối trượt đang hoạt động (màu đỏ) và khối có nguy cơ trượt (màu tím). Các khối trượt trên đều có khả năng đe dọa trực tiếp đến bãi đá cổ cũng như các cụm dân cư và hạ tầng giao thông của tuyến tỉnh lộ 152.

Bài báo này trình bày phương pháp đánh giá trượt lở chi tiết để dự báo nguy cơ trượt lở đất phục vụ công tác đề xuất phương án cảnh báo sớm.



Hình 1: Bình đồ khu vực nghiên cứu và phân bố nguy cơ trượt lở đất

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Trong nghiên cứu đánh giá trượt lở đất thường sử dụng hệ thống bản đồ để tổng hợp các yếu tố điều kiện và yếu tố kích hoạt gây trượt lở. Yếu tố điều kiện (độ dốc, chiều dày tầng phủ,...) là những yếu tố bắt buộc phải có khi xảy ra trượt. Hiện tượng trượt lở chỉ xảy ra tại những nơi có địa hình dốc (tại vùng đồng bằng sẽ không xảy ra trượt lở); trượt lở đất xảy ra tại khu vực có lớp phủ đủ dày. Cùng với các yếu tố điều kiện, khi có thêm các yếu tố kích hoạt như mưa lớn hoặc hoạt động xây dựng (cắt mái dốc),... sẽ làm tăng nguy cơ trượt lở, tốc độ trượt sẽ tăng nhanh hơn rất nhiều. Trong công tác đánh giá trượt đất, việc tổng hợp đầy đủ các yếu tố trượt lở và xác định được trọng số của các yếu tố giúp cho việc đánh giá nguy cơ thiên tai gần với thực tế hơn.

Tại các địa phương thường xảy ra trượt lở đã xây dựng nhiều bộ bản đồ nguy cơ trượt lở đất. Tuy nhiên do chưa thống nhất được tên gọi và mức độ chi tiết của hệ thống bản đồ đánh giá trượt nên còn tồn tại nhiều quan điểm chưa rõ ràng về quy mô và mức độ chi tiết của các bản đồ nên đã dẫn đến khả năng ứng dụng bị hạn chế, thậm chí còn làm cho các dự án nghiên cứu và thiết lập hệ thống bản đồ bị gián đoạn [1].

Hiện nay để đánh giá trượt đất, các nhà nghiên

cứ trên thế giới thường sử dụng ba loại bản đồ chính là bản đồ nguy cơ trượt đất, bản đồ hiểm họa trượt đất, và bản đồ rủi ro trượt đất. Bản đồ nguy cơ trượt đất (Susceptibility Mapping) là loại bản đồ hiển thị nguy cơ trượt đất theo các mức độ như mức nguy cơ cao, nguy cơ trung bình và nguy cơ thấp. Bản đồ hiểm họa trượt đất (Hazard Mapping) biểu thị mức độ phá hoại, khu vực và phạm vi ảnh hưởng của vật liệu trầm tích khi xảy ra trượt đất. Bản đồ rủi ro trượt đất (Risk Mapping) thể hiện các thông tin về mức độ thiệt hại khi xảy ra trượt đất như khả năng và mức độ bị phá hoại của cơ sở vật chất cũng như khả năng thiệt hại về người (số người chết). [1],[2]. Căn cứ vào mức độ chi tiết trong đánh giá sẽ hình thành các tỷ lệ bản đồ tương ứng. Kết quả thiết lập các loại bản đồ về thiên tai trượt lở đất cho một khu vực sẽ là một trong những cơ sở khoa học quan trọng để thiết lập hệ thống mạng quan trắc phù hợp với khu vực đó, đồng thời giúp cho công tác dự báo, cảnh báo hỗ trợ ra quyết định của các cơ quan chức năng địa phương.

### 2.1. Xây dựng dữ liệu dùng đánh giá trượt lở đất khu vực nghiên cứu

Trên cơ sở nghiên cứu lý thuyết và thống kê số liệu, nhóm nghiên cứu nhận thấy phần lớn các địa phương trên cả nước đã có bộ dữ liệu về hiện trạng trượt lở đất tỷ lệ 1/50.000. Tuy nhiên bộ dữ liệu này chưa phù hợp để sử dụng trong cảnh báo trượt lở đất. Một số địa phương đã lắp đặt một số trạm quan trắc trượt lở đất, tuy nhiên số lượng các trạm quan trắc theo không gian cũng chưa nhiều để có thể sử dụng làm công cụ cảnh báo.

Hiện nay bản đồ tỷ lệ lớn chi tiết nhất phục vụ cho đánh giá nguy cơ trượt lở đất là bản đồ tỷ lệ 1/2000. Các bản đồ ở tỷ lệ này thường hiển thị hệ số ổn định mái dốc (FS); các nhà chuyên môn thường gọi là bản đồ hệ số an toàn mái dốc.

Trong nghiên cứu này, để xây dựng bản đồ nguy cơ trượt lở đất tỷ lệ 1/2000, kỹ thuật sử dụng chính là mô phỏng mô hình số và bài toán phân tích ngược để xác định đúng các chỉ tiêu dữ liệu đầu vào tính toán. Nhóm nghiên cứu đã sử dụng mô hình SINMAP để xây dựng

bản đồ nguy cơ trượt lở đất có kết hợp mô hình TRIGRS và SCOOPS3D để mô phỏng phân tích ngược trong việc hiệu chỉnh số liệu đầu vào.

Nhóm nghiên cứu đã kết hợp TRIGRS và Scoops3D để phân tích ổn định mái dốc cho một khu vực theo không gian ba chiều. Trong đó, TRIGRS dùng để tính sự biến đổi phân bố áp lực nước lỗ rỗng trong tầng phủ ứng với số liệu mưa thực đo theo giờ. Trạng thái áp lực nước lỗ rỗng tại thời điểm trượt lở sẽ được trích xuất và được sử dụng là một trong những thông số đầu vào của Scoops3D để đánh giá ổn định mái dốc cho khu vực nghiên cứu. Để kiểm chứng chất lượng của mô hình tính, bản đồ  $FS$  dự đoán theo Scoops3D được so sánh với vết trượt thực tế. Chỉ tiêu cơ lý dùng trong tính toán được lấy từ dữ liệu khảo sát hiện trường và dữ liệu phân tích ngược từ phân tích ngược sự kết hợp TRIGRS và Scoops3D. Đối với bài toán phân tích ngược, từ lượng mưa, thời điểm trượt lở, vị trí và kích thước khối trượt sẽ dò tìm được giá trị thông số chống cắt của đất ứng với tình trạng đất bão hòa hoàn toàn.

Chỉ tiêu cơ lý được lấy từ khảo sát hiện trường, tại vị trí khối trượt trong điều kiện tự nhiên, thiết bị sử dụng là thiết bị cắt vane cone cầm tay [3] có tên là Dokenbou:  $c=17,6 \text{ kN/m}^2$  và  $\phi=35,7^\circ$

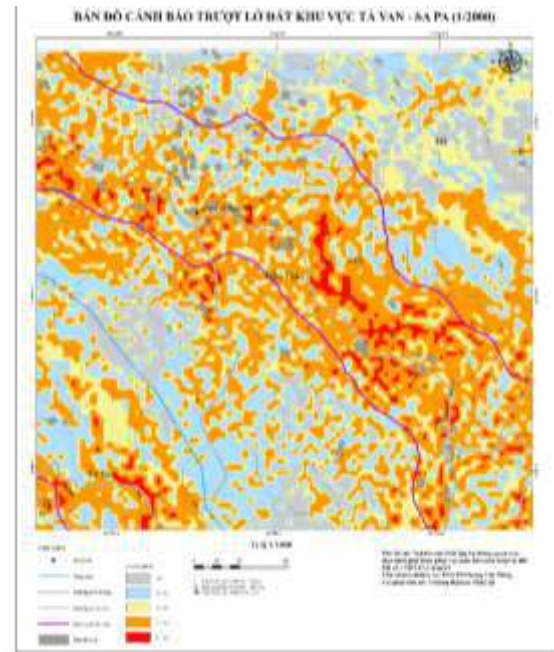
Chỉ tiêu cơ lý của đất khi phân tích ngược bằng TRIGRS và Scoops3D [5] xác định được  $c=11,1 \text{ kN/m}^2$  và góc ma sát trong  $\phi=15^\circ$

Từ kết quả khảo sát cho thấy, giá trị các chỉ tiêu cơ lý của đất giảm rất nhanh khi đất bị bão hòa nước hoàn toàn.

Các kết quả phân tích ngược bằng TRIGRS và Scoops3D được sử dụng để xây dựng bản đồ nguy cơ trượt lở đất 1/2000. Sử dụng phần mềm SINMAP với dữ liệu đánh giá nguy cơ trượt lở từ phân tích nguy cơ trượt lở toàn khu vực Tả Van-Hầu Thào tỷ lệ 1/10.000 [2].

Hình 2 là bản đồ nguy cơ trượt lở đất theo lượng mưa tích lũy khu vực Bãi đá cổ Sa Pa - thung lũng Mường Hoa – Sa Pa tỷ lệ 1/2000. Phương pháp xây dựng truyền thống [1],[2], nhưng bắt đầu có những cải tiến đáng kể về thông tin hiển

thị trên bản đồ. Bản đồ nguy cơ hiển thị 5 mức nguy cơ nhưng hai mức nguy cơ cao nhất là mức hiển thị khu vực đã có trượt lở ( $Fs=0,9-1,0$ ) và mức nguy cơ cao ( $Fs=1,0-1,1$ ).



Hình 2: Bản đồ cảnh báo nguy cơ trượt lở đất tỷ lệ 1/2000 khu vực Tả Van-Hầu Thào

Trong khu vực có gần 70 hộ dân đều nằm trong khu vực nguy cơ cao này, trong đó có khoảng 6 hộ dân thuộc các khối đã dịch trượt. Nếu lấy tuyến đường tỉnh lộ 152 làm trục chính thì tuyến đường này nằm hoàn toàn trong vùng sạt lở cao, rủi ro mất an toàn về người và tài sản khi mùa mưa đến là hiện hữu. Khi trượt lở đất xảy ra thì cũng sẽ ảnh hưởng nghiêm trọng đến khu du lịch bãi đá cổ Sa Pa, và tổn thất sẽ không thể đo đếm được.

Để giải đáp câu hỏi về khả năng đáp ứng yêu cầu cảnh báo sớm sạt lở đất khi sử dụng bản đồ 1/2000 như trong hình 2, bài báo này sẽ tập trung phân tích thêm một số phương pháp dự báo và có phân tích về điều kiện ứng dụng.

## 2.2. Một số phương pháp dự báo sớm sạt lở đất

### 2.2.1. Dự báo trượt lở đất dựa trên ngưỡng mưa

Đây là một phương pháp dự báo để tiếp cận dùng cảnh báo sớm. Phương pháp dự báo này chủ yếu dựa trên số liệu thông kê. Các dữ liệu



thống kê số lượng trận trượt lở theo đặc trưng mưa, khối lượng trượt lở theo đặc trưng mưa, theo đặc điểm thảm phủ, theo vỏ phong hóa khu vực. Tất cả các phân tích thống kê sẽ có được ngưỡng mưa phát sinh trượt lở đất. Người dùng dựa trên lượng mưa dự báo mà có thể ước đoán được diễn tiến trượt lở sắp xảy ra. Phương pháp ngưỡng mưa này thường dùng đánh giá dự báo trượt lở cho một khu vực lớn, cỡ đơn vị hành chính của một huyện, một tỉnh.

### 2.2.2. Dự báo sớm ngắn hạn trên cơ sở dữ liệu đo đạc theo thời gian thực

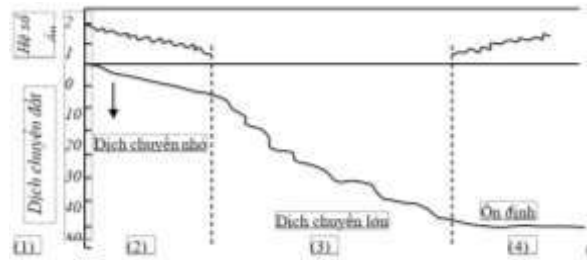
Phương pháp này sử dụng dữ liệu đo đạc cho một vị trí trượt cụ thể. Để dự báo chính xác thời điểm xảy ra trượt, sử dụng biểu đồ quan hệ giữa áp lực nước lỗ rỗng trong đất và các dịch động trong khối. Áp lực nước chỉ thực sự thúc đẩy dịch trượt trong khối khi cao trình mực nước dưới đất vượt qua cao trình mặt trượt của khối trượt đang đo.

### 2.2.3. Dự báo sớm dài hạn trên cơ sở Phân tích đánh giá động lực của khối trượt ở các thời kỳ phát triển

Động lực của quá trình trượt được đặc trưng bởi quy luật phát triển theo thời gian. Động lực phát triển của mỗi khối trượt có thể chia thành bốn thời kỳ: (1) thời kỳ chuẩn bị trượt là thời kỳ làm giảm dần độ ổn định của các khối đất đá; (2) thời kỳ thành tạo trượt thực thụ; (3) tính ổn định của đất đá mất đi tương đối nhanh hoặc rất đột ngột; (4) thời kỳ tồn tại - thời kỳ ổn định trượt, lập lại độ ổn định của các khối đất đá (Hình 3).

Đánh giá đúng động lực của khối trượt đang ở thời kỳ nào thì có thể dự báo sớm tương đối chính xác tai biến trượt. Đây là một trong những lý do mà khi đánh giá trượt lở đất, thông tin về lịch sử khối trượt thường được tìm hiểu kỹ lưỡng.

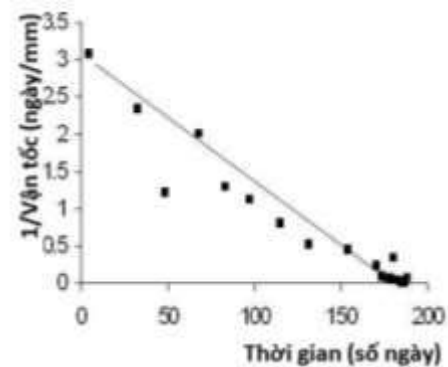
Với sự trợ giúp của thiết bị quan trắc tự động về trượt, sau thời gian quan trắc lâu dài, thu được một tập số liệu đủ lớn, phân tích đánh giá người ta sẽ tìm được xu thế phát triển của dãy số liệu, từ đây sẽ đưa ra các dự báo sớm về tai biến trượt lở có cơ sở khoa học.



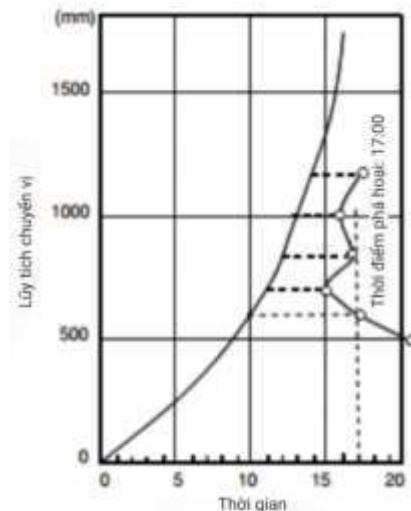
Hình 3: Sơ đồ động lực phát triển của quá trình trượt

### 2.2.4. Dự báo sớm dài hạn trên cơ sở sử dụng biểu đồ Saito để phân tích thời điểm sạt lở

Hình 2 là biểu đồ Saito dự báo sớm dài hạn về trượt lở.



Hình 4: Biểu đồ Saito dự báo sớm dài hạn



Hình 5: Đồ thị đường cong từ biến (Saito) để dự đoán trượt lở đất

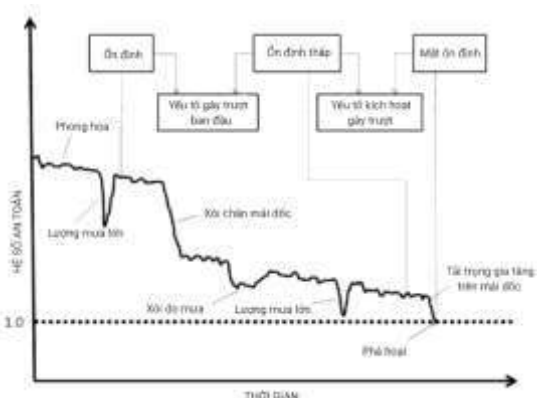
Trên biểu đồ này, trục tung thể hiện  $1/V$  (nghịch đảo vận tốc dịch chuyển của khối trượt) [ngày/mm], trục hoành là số ngày quan

trắc. Khi trượt thực sự xảy ra thì vận tốc dịch chuyển tính bằng mm/ngày là 1 giá trị cực kỳ lớn, vậy  $1/v$  [ngày/mm] tiến đến không khi vận tốc dịch chuyển tăng, vẽ đường xu thế của dãy số quan trắc, nếu cắt trục hoành ở đâu thì đấy là thời điểm xảy ra trượt.

Với các khối trượt từ biến, cần thiết lập quan hệ giữa lũy tích dịch chuyển của khối trượt theo thời gian, giai đoạn mất ổn định có thể xảy ra khi đường cong này xu hướng tiệm cận với trục thời gian (Hình 5).

### 2.3. Dự báo sớm dài hạn trên cơ sở Phân tích bằng mô hình số, xác định hệ số suy giảm mái dốc

Một số mô hình toán được ứng dụng trong thực tế đã tập trung tính toán xác định sự suy giảm hệ số ổn định mái dốc dưới tác động của các yếu tố gây trượt lở theo thời gian. Kết quả dự báo mất ổn định mái dốc dẫn đến phá hoại hoàn toàn theo thời gian được tổng hợp như hình 6.



Hình 6: Suy giảm hệ số ổn định mái dốc đất theo thời gian

Như vậy trong khu vực nghiên cứu, thông tin ngưỡng mưa gây trượt lở nông cũng đã được xác định [8]. Bản đồ nguy cơ trượt lở đất tỷ lệ 1/2000 cũng đã được xác định [1]. Tuy nhiên, để tiếp cận định lượng về cảnh báo sớm. Nghiên cứu này phát triển bản đồ nguy cơ trượt lở đất theo chuỗi thời gian mưa thực, nhằm trực quan phát sinh phát triển trượt lở đất trong khu vực nghiên cứu và kết nối với trạm đo mưa được lắp đặt trong khu vực nghiên cứu.

Nguyên tắc phát triển các bản đồ nguy cơ trượt lở đất theo chuỗi thời gian mưa thực:

+ Được phát triển dựa trên bản đồ nguy cơ trạng thái tĩnh, đã được xây dựng theo phương pháp truyền thống.

+ Xác định chuỗi suy giảm chỉ tiêu cơ lý của đất theo dữ liệu mưa thực theo thời gian, các chỉ tiêu cơ lý của đất cũng sẽ dựa trên các mốc chỉ tiêu cơ lý được xác định với đất nghiên cứu ở trạng thái ban đầu, trạng thái xảy ra điểm trượt lở và trạng thái trượt lở xảy ra phổ biến.

+ Xây dựng bản đồ hiện trạng trượt lở đất với những điểm trượt lở được thu thập thống kê cho đến năm 2023.

+ Xây dựng bản đồ nguy cơ trượt lở đất ứng với các ngưỡng mưa khác nhau, bắt đầu lưu ý đánh giá độ chính xác (kết hợp ngưỡng mưa đã xác định của khu vực theo phương pháp truyền thống, các điểm trượt đã được thống kê) của bản đồ vừa được xây dựng từ ngưỡng mưa bắt đầu xảy ra trượt lở, ngưỡng mưa trượt lở phổ biến và ngưỡng mưa khi trượt lở là thảm họa.

+ Tích hợp dữ liệu của các bản đồ này với trạm đo mưa.

## 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU:

### 3.1. Bản đồ nguy cơ trượt lở theo các kịch bản về lượng mưa tích lũy

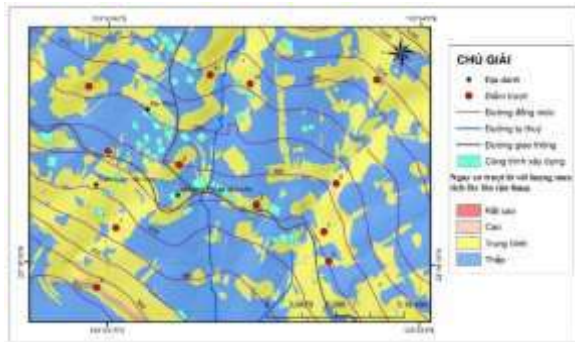
Trên nguyên tắc xây dựng đã được trình bày, các dữ liệu được thiết lập đầy đủ, chuỗi dữ liệu chỉ tiêu cơ lý đất biến đổi theo thời gian mưa thực được đưa vào phần mềm SinMap để xây dựng bản đồ nguy cơ trượt lở đất theo thời gian thực, với bảy mức mưa tích lũy đều theo bốn cấp độ nguy cơ, giá trị chỉ số ổn định trình bày sau đây.

Nguy cơ trượt lở Rất cao:  $SI < 1$

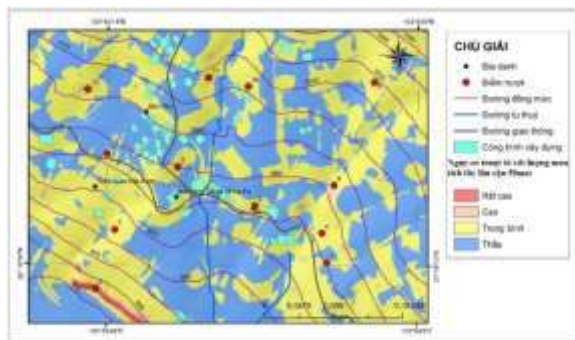
Nguy cơ trượt lở Cao :  $1 \leq SI < 1,25$

Nguy cơ trượt lở TB :  $1,25 \leq SI < 1,5$

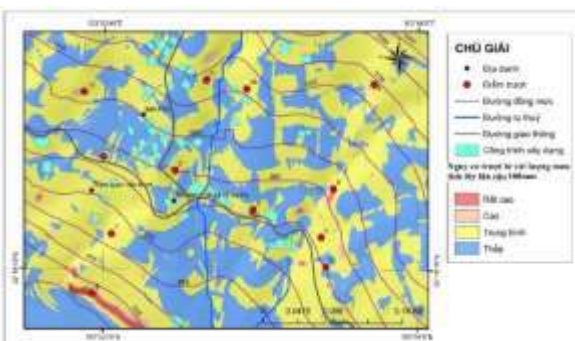
Nguy cơ trượt lở Thấp :  $SI \geq 1,5$



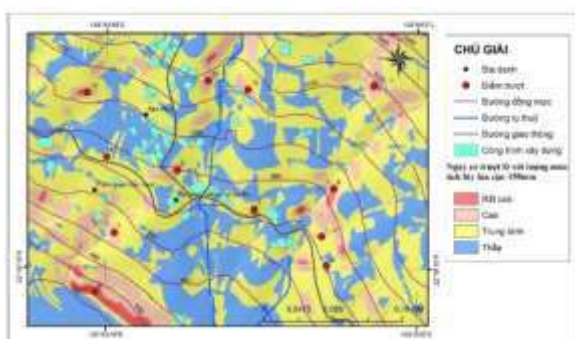
Hình 7: Bản đồ nguy cơ trượt lở đất khu vực (TH1: mưa tích lũy lân cận 0 mm)



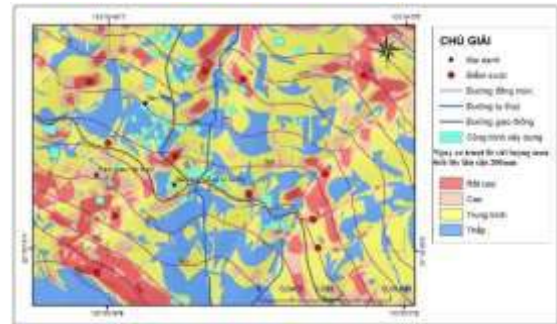
Hình 8: Bản đồ nguy cơ trượt lở đất khu vực (TH2: mưa tích lũy lân cận 50 mm)



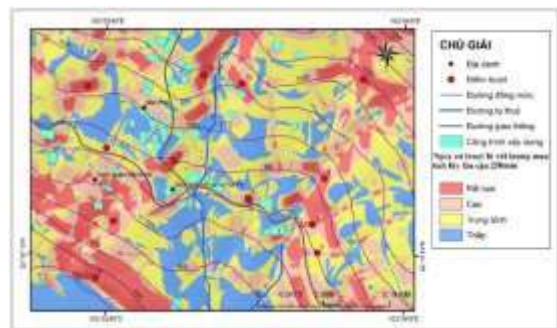
Hình 9: Bản đồ nguy cơ trượt lở đất khu vực (TH3: mưa tích lũy lân cận 100 mm)



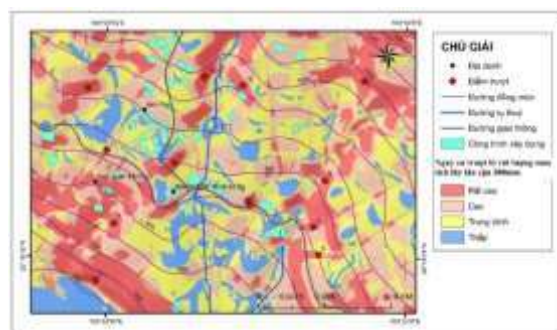
Hình 10: Bản đồ nguy cơ trượt lở đất khu vực (TH4: mưa tích lũy lân cận 150 mm)



Hình 11: Bản đồ nguy cơ trượt lở đất khu vực (TH5: mưa tích lũy lân cận 200 mm)



Hình 12: Bản đồ nguy cơ trượt lở đất khu vực (TH6: mưa tích lũy lân cận 250 mm)



Hình 13: Bản đồ nguy cơ trượt lở đất khu vực (TH7: mưa tích lũy lân cận 300 mm)

### 3.2. Đề xuất hệ thống cảnh báo sớm trượt lở đất

Trên cơ sở đã có trạm đo mưa theo thời gian thực, hệ thống Web hiển thị và lưu trữ dữ liệu, nhóm nghiên cứu đã xây dựng được hệ thống bản đồ nguy cơ trượt lở theo chuỗi thời gian mưa thực. Hệ thống cảnh báo sớm trượt lở đất cho khu vực được đề xuất gồm 3 thành phần chính:

Hệ thống trạm quan trắc theo thời gian thực;

Hệ thống Web hiển thị kết quả đo và lưu trữ dữ liệu;

Hệ thống bản đồ nguy cơ trượt lở đất theo chuỗi thời gian mưa thực.



Như vậy một số quan điểm cũ cho rằng hệ thống quan trắc trượt lở đất theo thời gian thực chỉ là trạm đo là chưa đầy đủ, cần phải có cả hệ thống bản đồ theo thời gian thực mới phủ hết thông tin và đáp ứng được yêu cầu cảnh báo sớm.

#### 4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu là bản đồ tỷ lệ 1/2000 được xây dựng bằng mô hình Sinmap, có thể coi đây là một trong những bản đồ có tỷ lệ lớn nhất ở thời điểm hiện tại khi sử dụng để đánh giá trượt lở đất. Các thông tin hiển thị trên bản đồ là khá rõ ràng, có thể nhìn thấy số hộ dân trên bản đồ và các cơ sở hạ tầng khác. Thông số đầu vào để xây dựng bản đồ 1/2000 được phân tích ngược từ dữ liệu trượt đất thực tế vào ngày 5/08/2019 cho kết quả khá tin cậy trùng khớp với những vị trí trượt đất đã được điều tra thực tế.

Các bản đồ nguy cơ trượt lở đất theo chuỗi thời

gian mưa thực được xây dựng dựa trên bản đồ trạng thái tĩnh đã được xây dựng, dữ liệu đầu vào đều được thiết lập dựa trên số liệu hiện trạng về trượt lở đất ở vị trí nghiên cứu. Ưu điểm lớn nhất của chuỗi bản đồ này là bao trùm được giá trị ngưỡng mưa kích hoạt trượt lở nông khu vực và tường minh được quá trình phát sinh, phát triển trượt đất với các kịch bản mưa khác nhau.

Tỷ lệ bản đồ 1/2000 là tỷ lệ lớn trong đánh giá trượt lở và có đầy đủ được thông tin về hướng dịch chuyển các khối trượt, thông tin về dân cư, thông tin về hạ tầng, đáp ứng được yêu cầu cảnh báo sớm trượt lở đất. Tích hợp với trạm đo mưa sẽ là công cụ tốt trong ứng phó trượt lở đất.

**Lời cảm ơn:** Nghiên cứu được hỗ trợ từ Bộ Nông nghiệp và Môi trường qua đề tài ĐTKHCN.15/33/23.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Hoàng Việt Hùng (2022) Nghiên cứu thiết lập hệ thống quan trắc theo thời gian thực phục vụ cảnh báo sớm trượt lở đất. Đề tài Nghị định thư Trường Đại học Thủy lợi hợp tác đa phương thuộc chương trình e-Asia JRP. Mã số NĐT.67.e-ASIA/19 Bộ Khoa học và CN.
- [2] Thi Thanh Thuy Le, The Viet Tran, Viet Hung Hoang, Van Truong Bui, Thi Kien Trinh Bui, and Ha Phuong Nguyen (2021). Developing a Landslide Susceptibility Map Using the Analytic Hierarchical Process in Ta Van and Hau Thao Communes, Sapa, Vietnam. Journal of Disaster Research Vol 16 No.4 , Indexed in ESCI, Q2, IF 0,78. <https://doi.org/10.20965/jdr.2021.p0529>
- [3] Nguyen Van Thang, Go Sato, Akihiko Wakai, Hoang Viet Hung, Nguyen Duc Manh, Takashi Kimura, Takanari Yamasaki, Shinichi Tosa, Kazunori Hayashi, Akino Watanabe, Takatsugu Ozaki, Nobuyuki Asai, and Nanaha Kitamura (2021). Landslide Investigation Results in Sapa Town, Lao Cai Province, Vietnam in December 2019. Journal of Disaster Research Vol 16 No.4 , Indexed in ESCI, Q2, IF 0,78. <https://doi.org/10.20965/jdr.2021.p0547>.
- [4] Trần Mạnh Liễu (2020) Phát sinh, phát triển trượt lở đất: Cần đánh giá đúng các yếu tố điều kiện và nguyên nhân gây tai biến. Báo Xây dựng-baoxaydung.com.vn;16:24 28 10 2020.
- [5] Tran The Viet, M.Alviov, Hoang Viet Hung. (2021) Description of a complex, rainfall-induced landslide within a multi-stage three-dimensional model. Journal of Natural Hazards, IF 3.6. <https://doi.org/10.1007/s11069-021-05020-0>
- [6] Nguyễn Hà Phương, Hoàng Việt Hùng, Lê Thị Thanh Thủy, Trần Thế Việt (2024). Đánh giá nguy cơ trượt lở đất khu vực Tả Van-Hầu Thào và đề xuất phương án cảnh báo sớm. Tuyển tập Hội nghị khoa học thường niên năm 2024. Nhà xuất bản Xây dựng ISBN:978-604-82-8175-5.
- [7] Hoàng Việt Hùng, Nguyễn Trung Kiên (2024). Các phân tích dự báo dùng để chọn ngưỡng cảnh báo trượt lở đất. Tuyển tập Hội nghị khoa học thường niên năm 2024. Nhà xuất bản Xây dựng ISBN:978-604-82-8175-5
- [8] Van Vung Do, Duc Ha Nguyen, Huy Duong Nguyen, The Viet Tran (2024), Defining Rainfall Thresholds for Landslide Initiation in Muong Hoa Valley, Vietnam Using TRIGRS Model. 5th International Conference on Sustainable in Civil Engineering. 23-25 October Hanoi Vietnam.