



Nghiên cứu cảnh báo trượt lở đất ở khu vực hồ thủy điện Hòa Bình và Sơn La bằng phân tích hệ thống tin địa lý

Phạm Văn Hùng*¹, Phạm Quang Sơn¹, Nguyễn Văn Dũng²

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

²Viện Địa lý, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

Chấp nhận đăng: 20 - 9 - 2015

ABSTRACT

The study evaluated arming of risk of lanslide in Hoa Binh and Son La reservoir hydropower area on the basis of analyzing high-resolution remote sensing and geographic information systems

Based on the analysis of high-resolution remote sensing (VNREDSat-1 and SPOT-5, Landsat-8) and geographic information system (GIS) has allowed the assessment of the status and alert landslide risk in the basin Hoa Binh and Son La hydropower reservoirs.

On the reservoir basin Hoa Binh and Son La hydropower established by sliding blocks 828 large and small, the distribution of the strip runs the NW-SE: Phong Tho-Tam Duong, Than Uyen-Mu Cang Chai, Muong La-Da Bac, Tua Chua-Thuan Chau, Son La-Mai Chau and submeridian: Muong Lay-Muong Cha, Quynh Nhai-Thuan Chau.

Map of landslide risk basin Hoa Binh and Son La hydropower reservoirs were constructed on the basis of 11 integrated map landslide risk analysis component by comparing pairs and spatial analysis in GIS environment.

On basin reservoir Hoa Binh and Son La hydropower, the areas at risk of landslides is very low accounting for 4%, down 36%, average 33%, high 24% and very high 3% of the natural area of the study area. The areas with landslide risk is very high and higher should be focused on prevention measures, prevention include: Phong Tho, Than Uyen, Mu Cang Chai, Muong Lay, Muong Cha, Thuan Chau, Da Bac, Mai Chau and Son La town.

©2015 Vietnam Academy of Science and Technology

1. Mở đầu

Khu vực hồ Hòa Bình và Sơn La là một phần của lưu vực sông Đà, kéo dài từ đập Hòa Bình đến đập Lai Châu. Từ khi công trình thủy điện Hòa Bình và Sơn La đi vào hoạt động, không những cung cấp lượng lớn điện năng phục vụ phát triển kinh tế dân sinh, mà còn góp phần chống lũ, cung cấp nước cho đời sống của cư dân địa phương.

Tuy nhiên, hồ thủy điện Hòa Bình và Sơn La (HTĐHB-SL) nằm trong vùng có điều kiện tự nhiên rất phức tạp, các tai biến địa chất (TBĐC), trong đó có trượt lở đất (TLD), có xu hướng ngày

một gia tăng cả về quy mô và tần suất xuất hiện, để lại những hậu quả nặng nề cho cuộc sống của người dân, ảnh hưởng đến sự tồn tại lâu dài, khai thác sử dụng hồ vào phát triển kinh tế-xã hội (KT-XH).

Việc ứng dụng tổng hợp các phương pháp, trong đó có phân tích viễn thám và hệ thống thông tin địa lý (GIS) trong nghiên cứu đánh giá dự báo TBĐC đã được đề cập trong nhiều công trình nghiên cứu và đạt được những thành tựu quan trọng (T.A. Tuấn, N.T. Dân, 2012; N. T. Yên, 2006, T.T. Huệ, 2003, 2000). Hiện nay, nước ta đã có nguồn cơ sở dữ liệu phong phú về ảnh viễn thám phân giải cao (VNREDSat-1, SPOT-5, Landsat-8), do vậy, nghiên cứu khai thác thông tin từ các ảnh viễn thám kết hợp GIS phục vụ dự báo

*Tác giả liên hệ, Email: phamvanhungvdc@gmail.com

TBĐC cho kết quả khả quan. Việc nghiên cứu phòng tránh giảm nhẹ thiệt hại do TBĐC nói chung, TLĐ nói riêng đã được chú trọng trong những năm gần đây và đạt được những thành quả bước đầu.

Tuy nhiên, thời gian qua, TLĐ vẫn xảy ra phức tạp, những tổn thất do nó gây nên ở HTĐHB-SL khó kiểm soát và hiện vẫn chưa có giải pháp phòng chống hiệu quả. Xuất phát từ nhu cầu của thực tiễn đòi hỏi, công trình này trình bày những kết quả mới về “Nghiên cứu cảnh báo nguy cơ tai biến TLĐ ở hồ thủy điện Hòa Bình và Sơn La bằng công nghệ GIS” phục vụ quy hoạch phát triển bền vững KT- XH và bảo vệ môi trường.

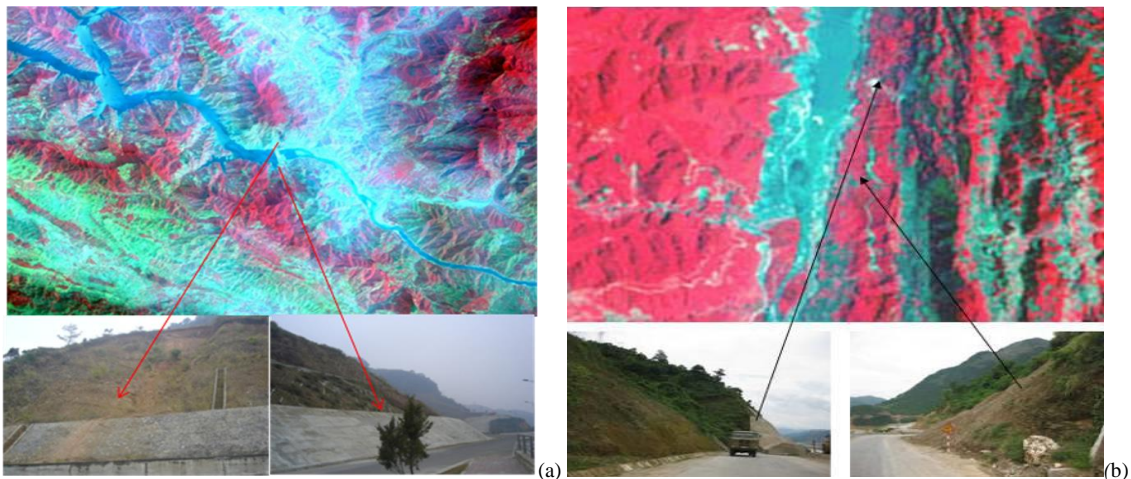
2. Phương pháp nghiên cứu và cơ sở tài liệu

2.1. Phương pháp nghiên cứu

Ở nước ta, thời gian trước đây, tùy từng mục tiêu và nhiệm vụ cụ thể, các nhà khoa học đã ứng dụng các phương pháp riêng để nghiên cứu từng tai biến địa chất. Hiện nay, các nhà khoa học đã ứng dụng tổng hợp các phương pháp nghiên cứu vào cảnh báo nguy cơ TBĐC ở những khu vực cụ thể và đề xuất giải pháp phòng tránh kịp thời. Công trình này áp dụng tổng hợp các phương pháp nghiên cứu bao gồm: phân tích ảnh viễn thám, khảo sát thực địa, phân tích so sánh cặp và phân tích không gian trong môi trường GIS.

Phương pháp phân tích ảnh viễn thám đã được

ứng dụng có hiệu quả trong nghiên cứu TBĐC, đặc biệt là TLĐ. Trượt lở đất là quá trình địa chất động lực, diễn ra do dịch chuyển nhanh xuống dưới theo sườn dốc của đất đá ít kết dính (Lomstadze V.D., 1982). Do đó, những khối trượt diễn ra trên bề mặt Trái đất cũng như những yếu tố phát sinh TLĐ còn để lại những dấu vết, thể hiện rõ nét trên ảnh vệ tinh. Thông qua phân tích ảnh viễn thám cho phép nhận dạng các khối trượt và một số yếu tố phát sinh TLĐ. Các thông tin chiết xuất từ ảnh vệ tinh, thông qua các dấu hiệu ảnh: dấu hiệu trực tiếp (phổ ảnh, hoa văn, tổ hợp màu,...), gián tiếp là những yếu tố lớp phủ, địa hình, địa mạo và thành phần vật chất trên bề mặt,... cho phép xác lập, nhận dạng các khối trượt và xây dựng bản đồ hiện trạng phân bố TLĐ. Các ảnh vệ tinh VNREDSat-1, SPOT-5 có độ phân giải 2,5-10m và Landsat-8 có độ phân giải 10-15m cho phép nhận dạng những khối trượt có kích thước >10m (hình 1). Mặt khác, các yếu tố địa chất thạch học, cấu trúc kiến tạo, lineamen-đứt gãy, lớp phủ thực vật, hiện trạng sử dụng đất, mạng lưới thủy văn, giao thông,... cũng được xác lập trên cơ sở tổng hợp tài liệu, phân tích ảnh viễn thám kết hợp khảo sát thực địa. Những kết quả phân tích giải đoán trên ảnh viễn thám được kiểm chứng bằng khảo sát thực địa kiểm tra và đối sánh. Kết quả phân tích tổng hợp tài liệu cho phép xây dựng các bản đồ hiện trạng và yếu tố phát sinh TLĐ ở hồ thủy điện Hòa Bình và Sơn La.



Hình 1. Khối trượt ở đập thủy điện Sơn La trên ảnh VNREDSat-1 (a), Mùng Chà trên ảnh SPOT-5 (b) và chụp mặt đất

Công nghệ GIS đã được khai thác khá triệt để trong xây dựng các bản đồ và có tính định lượng

(Trần Anh Tuấn, Nguyễn Tứ Dân, 2012; Nguyễn Trọng Yên và nnk, 2006, Trần Trọng Huệ và nnk,

2003). Với cách tiếp cận mới, các nhà khoa học cho rằng, TLĐ là quá trình địa chất động lực - hình thành và phát triển trong tác động tương hỗ của các quá trình nội sinh, ngoại sinh và nhân sinh. Đây là cơ sở để lựa chọn hệ phương pháp phù hợp, giúp cho việc phân tích nguyên nhân phát sinh và cảnh báo nguy cơ TLĐ. Phương pháp phân tích thang bậc (Analytic hierarchy process) được ứng dụng nhằm xác định vai trò của từng yếu tố trong tổng thể các yếu tố tác động phát sinh TLĐ trên cơ sở cho điểm và tính trọng số (Saaty, Thomas L., 1994). Phân tích không gian trong môi trường GIS đã được áp dụng để xây dựng bản đồ cảnh báo nguy cơ TLĐ.

Bản đồ cảnh báo nguy cơ TLĐ được xây dựng dựa trên sự hiểu biết về các chuyển động phức tạp trên sườn và về các yếu tố gây ra trượt lở. Việc khoanh vẽ các khu vực hiện thời chưa bị tác động của TLĐ được dựa trên giả định rằng, quá trình trượt lở trong tương lai sẽ diễn ra trong cùng một điều kiện với các vụ TLĐ quan sát được đã xảy ra trước đó. Việc vạch ranh giới của các vùng nguy cơ trượt lở xuất phát từ xác suất xảy ra hiện tượng, từ sự tương đồng của các yếu tố tác động phát sinh TLĐ. Mặt khác, việc định lượng cấp độ nguy cơ TLĐ là kết quả của sự tích lũy các yếu tố tác động phát sinh trượt lở được tính theo công thức sau (Saaty, Thomas L., 1994):

$$H (LSI) = \sum_{j=1}^n w_j \sum_{i=1}^m x_{ij}$$

Trong đó: H (LSI): chỉ số nhạy cảm với trượt lở;
W_j: trọng số của yếu tố thứ j; X_{ij}: giá trị của lớp thứ i trong yếu tố gây trượt j.

Như vậy, ứng dụng tổng hợp các phương pháp, trong đó phân tích ảnh viễn thám phân giải cao kết hợp với khảo sát thực địa kiểm chứng là quan trọng trong nghiên cứu TLĐ. Bởi lẽ, có xác lập hiện trạng và các yếu tố phát sinh TLĐ một cách đầy đủ, chi tiết, thì mới cho kết quả cảnh báo nguy cơ TLĐ đạt độ chính xác và độ tin cậy cao, đáp ứng được nhu cầu của thực tiễn đặt ra. Phương pháp phân tích so sánh cặp thông minh và không gian trong môi trường GIS cho phép xây dựng bản đồ nguy cơ TLĐ ở khu vực này làm cơ sở đề xuất giải pháp phòng tránh tai biến địa chất có hiệu quả.

2.2. Cơ sở tài liệu

Trong công trình này, các tài liệu về hiện trạng trượt lở đất thu thập được từ nhiều nguồn khác nhau, bao gồm:

- Các tài liệu về vị trí phân bố các khối trượt từ những công trình nghiên cứu trước đây ở khu vực này bao gồm: các công trình của Nguyễn Trọng Yêm và nnk (2006), Đào Văn Thịnh và nnk (2005), Trần Trọng Huệ và nnk (2000, 2003).

- Các tài liệu phân tích giải đoán nhận dạng các khối trượt trên ảnh vệ tinh phân giải cao (gồm 7 ảnh VNREDSat-1 2014, 2015, 4 ảnh SPOT-5 2013, phân giải 2,5-10 m và 4 ảnh Landsat-8 2010 phân giải 10-15 m). Trên cơ sở phân tích giải đoán bằng mắt thường với các dấu hiệu trực tiếp và gián tiếp trên ảnh viễn thám phân giải cao, cho phép xác lập các vị trí, quy mô của những khối trượt (hình 1).

- Các tài liệu khảo sát thực địa trong những năm 2013-2015 khi thực hiện đề tài mang mã số VT/UD-03/13-15. Kết quả khảo sát thực địa, ngoài kiểm chứng các khối trượt đã được xác định trên ảnh vệ tinh, còn tiến hành đo vẽ chi tiết các khối trượt về vị trí, kích thước, quy mô.

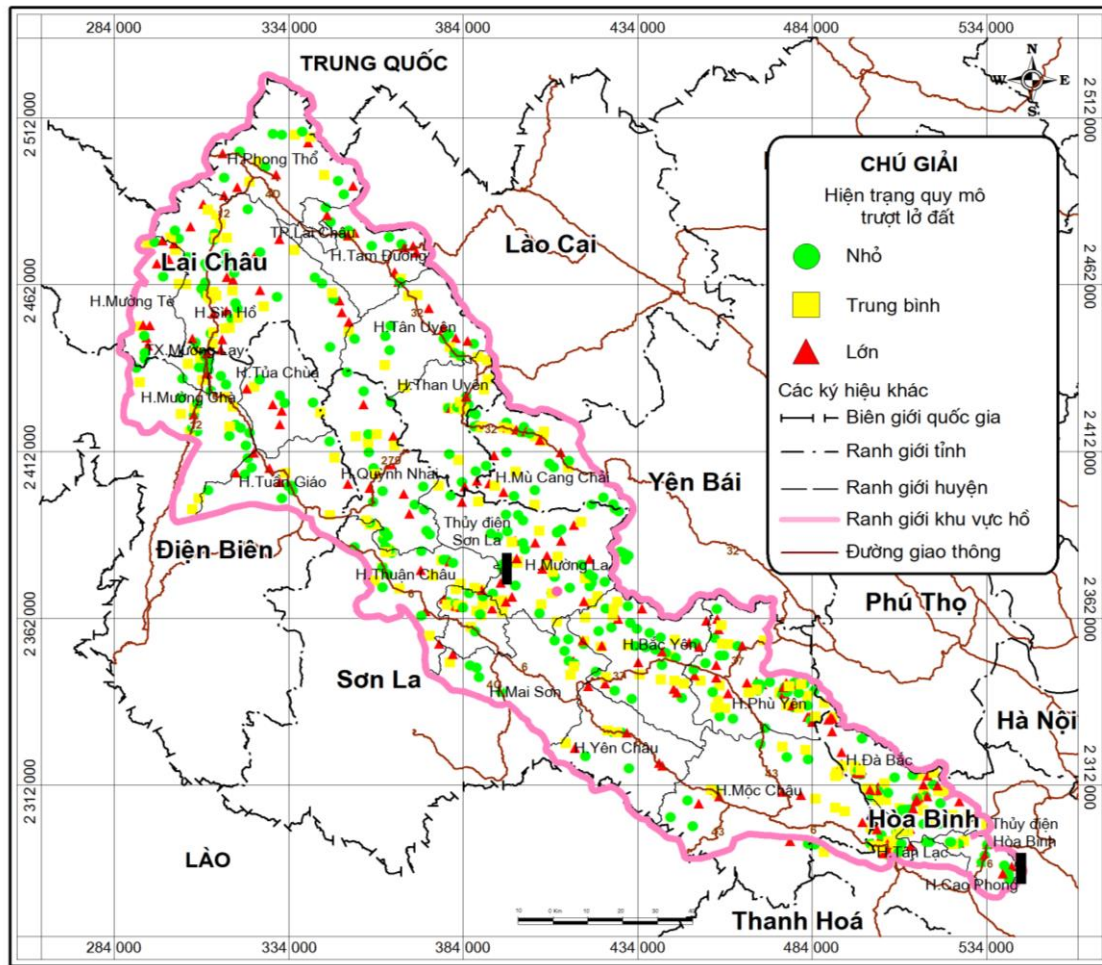
- Bản đồ hiện trạng trượt lở đất ở hồ thủy điện Hòa Bình và Sơn La được xây dựng trên cơ sở phân tích tổng hợp các tài liệu nêu trên và ứng dụng công nghệ GIS.

Ngoài ra, cũng trên cơ sở tổng hợp các tài liệu hiện có, kết hợp với những kết quả phân tích giải đoán ảnh vệ tinh phân giải cao và khảo sát thực địa, cho phép xây dựng một số yếu tố phát sinh TLĐ như địa mạo, địa chất thạch học, vỏ phong hóa, đứt gãy hoạt động, lớp phủ thực vật, xây dựng các công trình kinh tế dân sinh. Trên cơ sở ứng dụng công nghệ GIS cho phép xây dựng các bản đồ nguy cơ trượt lở đất thành phần và bản đồ cảnh báo nguy cơ TLĐ ở hồ Hòa Bình và Sơn La.

3. Cảnh báo nguy cơ trượt lở đất ở hồ thủy điện Hòa Bình và Sơn La

3.1. Hiện trạng trượt lở đất

Trên khu vực nghiên cứu phân bố 828 khối trượt lớn nhỏ, trên diện tích khoảng 19.440 km² của hồ thủy điện Hòa Bình và Sơn La (hình 2).



Hình 2. Bản đồ hiện trạng trượt lở đất hồ thủy điện Hòa Bình và Sơn La

Mật độ khối trượt chủ yếu tập trung ở một số khu vực và hình thành các dải khác nhau. Các dải có mật độ 6-8 khối/100 km²: dọc thung lũng Nậm Lay từ huyện Sin Hồ đến Mường Chà; dọc quốc lộ 6 từ Tòa Chùa đến Tuần Giáo, Thuận Châu và từ Sơn La đến Yên Châu; sườn trái sông Đà từ Mường La đến Đà Bắc. Dải có mật độ khối trượt 4-6 khối/100 km²: dọc theo sườn nam của dãy núi Hoàng Liên Sơn kéo dài từ huyện Phong Thổ, Tam Đường đến huyện Tân Uyên và Than Uyên.

Trên hồ thủy điện Hòa Bình và Sơn La, các khối trượt lớn nhỏ phân bố thành những dải chạy dài theo các phương TB-ĐN, á kinh tuyến. Các dải có phương TB-ĐN bao gồm: Phong Thổ-Tam Đường, Sin Hồ-Mường La-Bắc Yên-Đà Bắc, Tòa Chùa-Thuận Châu, Sơn La-Yên Châu-Mộc Châu.

Các dải có phương á kinh tuyến: dọc thung lũng Nậm Na-Nậm Lay và Quỳnh Nhai-Thuận Châu.

Những khối trượt có kích thước lớn - trung bình phân bố phổ biến ở dọc thung lũng Nậm Na-Nậm Lay; dọc sườn núi từ Phong Thổ đến Tam Đường; từ Tân Uyên đến Than Uyên; từ Mường Chà đến Tuần Giáo và từ Quỳnh Nhai đến Mường La. Các khối trượt chủ yếu xảy ra trong vỏ phong hóa và trầm tích bờ rời với các quy mô khác nhau: nhỏ, trung bình, lớn và rất lớn, trong đó trượt lở quy mô nhỏ và trung bình xảy ra nhiều trên toàn khu vực. Các khối trượt lớn và rất lớn phân bố phổ biến ở dọc các sườn dốc 35°-45°, dọc các đới phá hủy dập vỡ kiến tạo, biến vị mạnh, vỏ phong hóa dày và độ che phủ thực vật kém.

Trượt lở đất phân bố tập trung với mật độ cao ở những nơi có lượng mưa lớn (>2500mm/năm), hình thành các dải dọc sườn tây nam của dãy núi Hoàng Liên Sơn thuộc địa phận huyện Phong Thổ, Tam Đường và một số khu vực ở Mường La, Bắc Yên và Đà Bắc.

Ngoài ra, trượt lở còn phân bố rải rác 2 bên sườn của thung lũng Sông Đà với quy mô nhỏ, trải dài từ huyện Sìn Hồ đến huyện Quỳnh Nhai, từ huyện Tủa Chùa đến thành phố Sơn La.

3.2. Cảnh báo nguy cơ trượt lở đất ở hồ thủy điện Hòa Bình và Sơn La

3.2.1. Đánh giá các yếu tố tác động phát sinh trượt lở đất

Quá trình trượt lở được bắt đầu khi thể cân bằng

$$F = \frac{\sum G}{\sum T} = \frac{tg\varphi(v.\gamma.\cos\alpha) - D_{th} + C.L}{v.\gamma.\sin\alpha} = \frac{f(v.\gamma.\cos\alpha) - D_{th} + C.L}{v.\gamma.\sin\alpha} \quad (1)$$

Trong các yếu tố tác động phát sinh TLĐ phải kể đến nhóm yếu tố địa mạo, địa chất, kiến tạo, khí hậu thủy văn, lớp phủ thực vật và hoạt động kinh tế dân sinh. Phân tích tổng hợp các tài liệu ở hồ thủy điện Hòa Bình và Sơn La cho thấy, TLĐ hình thành và phát triển dưới tác động của 11 yếu tố. Trong đó, độ dốc sườn đóng vai trò quan trọng nhất, tiếp đến các yếu tố: lượng mưa, kiểu vỏ phong hoá, đặc điểm địa chất thạch học, địa chất thủy văn, đời ảnh hưởng động lực đứt gãy hoạt động, mật độ đứt gãy, độ che phủ thực vật, mật độ chia cắt ngang, mật độ chia cắt sâu và mật độ giao thông. Kết quả phân tích đánh giá hiện trạng trượt lở với đặc điểm từng yếu tố tác động phát sinh TLĐ ở HTĐHB-SL cho phép xây dựng các bản đồ nguy cơ TLĐ thành phần.

Phân tích công thức (1), TLĐ chỉ xảy ra trên sườn dốc và giá trị độ dốc trong khoảng 0-45°, độ dốc > 45° chủ yếu diễn ra quá trình đổ lở. Do đó, yếu tố độ dốc sườn là quan trọng nhất trong phát sinh TLĐ và cho 9 điểm. Phân tích thống kê hiện trạng TLĐ với bậc độ dốc sườn cho thấy, trên bậc độ dốc 35°-45°, hệ số TLĐ lớn nhất (0,045). Mức độ TLĐ giảm xuống, khi bậc độ dốc càng giảm theo thứ tự sau 25-35° (hệ số trượt lở 0,044), 15-25° (hệ số trượt lở 0,043) và <15° (hệ số trượt lở 0,040). Bậc độ dốc >45°, TLĐ diễn ra rất ít (hệ số trượt lở 0,023) và phổ biến là quá trình đổ lở

động của sườn dốc bị phá vỡ do tác động của các yếu tố tự nhiên và xã hội. Ngoài ra, nó cũng thường được sử dụng như một chuyên từ tổng hợp cho bất kỳ một dạng chuyển động nào theo sườn dốc của vật liệu đất đá. Những quá trình này được phân định một cách rạch ròi: đổ lở, sập lở, trượt lở, trượt dòng. Quá trình TLĐ thể hiện bởi công thức (1) (Guzzetti F., Carrara A., Cardinali M., Reichenbach et P., 1999, Lomtatze V.Đ., 1982):

Trong đó: P: trọng lực; α : góc dốc, độ; G: lực giữ trượt; v: thể tích, m³; γ : khối lượng thể tích đất, T/m³; D_{th}: áp lực nước thủy động, T/m²; T: lực kéo trượt; F = tg φ : hệ số góc ma sát trong; C: lực kết dính, T/m²; L: chiều dài cung trượt, m. Khi F > 1: An toàn; F = 1: Cân bằng động; F < 1: Mất an toàn.

(Lomtatze V.Đ., 1982.). Do vậy, các bậc độ dốc 35-45°, 25-35°, 15-25°, <15° và >45° có điểm tương ứng là 9, 7, 5, 3 và 1 (bảng 1).

Bảng 1. Thống kê trượt lở và điểm số theo cấp độ dốc địa hình

Độ dốc (°)	Số điểm TL	Diện tích (km ²)	Hệ số TL	Điểm số
<15	170	4244	0,040	3
15-25	238	5530	0,043	5
25-35	283	6411	0,044	7
35-45	126	2786	0,045	9

Yếu tố mật độ phân cắt sâu có vai trò không rõ ràng trong phát sinh và phát triển trượt lở. Trên cơ sở mạng lưới sông suối ở khu vực nghiên cứu cho phép xây dựng bản đồ mật độ phân cắt sâu địa hình tỷ lệ 1:50.000 và chia thành 5 bậc khác nhau. Trên cơ sở phân tích thống kê hiện trạng ở mỗi bậc chia cắt sâu cho thấy, mức độ trượt lở lớn nhất tập trung ở vùng có mật độ chia cắt sâu 804-1072m/km² (hệ số trượt lở 0,059); tiếp theo là mật độ chia cắt sâu 536-804 m/km² có hệ số trượt lở 0,054, 268-536 m/km² có hệ số trượt lở 0,044, <268 m/km² có hệ số trượt lở 0,032 và >1.072 m/km² hầu như không xảy ra trượt lở. Do đó, vai trò của yếu tố này với TLĐ ở mức độ nhất định và cho 1 điểm. Điểm của các bậc độ chia cắt sâu 804-1.072 m/km² - 9; 536-804 m/km² - 7; 268-536 m/km² - 5; <268 m/km² - 3 và >1072 m/km² - 1 (bảng 2).

Bảng 2. Thống kê trượt lở và điểm số theo mật độ chia cắt sâu

Mật độ chia cắt sâu (m/km ²)	Số điểm trượt lở	Diện tích (km ²)	Hệ số TL	Điểm số
<268	173	5.455	0,032	3
268-536	485	10.848	0,044	5
536-804	155	2.863	0,054	7
804-1072	16	273	0,059	9
>1072	0	10	0	1

Yếu tố mật độ phân cắt ngang có vai trò thứ yếu, không rõ ràng trong phát sinh trượt lở và cho 1 điểm. Mức độ trượt lở lớn nhất phân bố ở vùng có mật độ chia cắt ngang lớn >1400 m/km² (hệ số trượt lở 0,057); tiếp theo là vùng có mật độ chia cắt ngang 700-1100 m/km² (hệ số trượt lở 0,047), 360-700 m/km² (hệ số trượt lở 0,045), 1100-1400 m/km² (hệ số trượt lở 0,044) và <360 m/km² (hệ số trượt lở 0,023). Do vậy, điểm của các cấp độ mật độ chia cắt ngang >1400 m/km² - 9; 700-1100 m/km² - 7; 360-700 m/km² - 5; 1100-1400 m/km² - 3 và <360 m/km² - 1 (bảng 3).

Bảng 3. Thống kê trượt lở và điểm số theo mật độ chia cắt ngang

Mật độ chia cắt ngang (m/km ²)	Số điểm trượt lở	Diện tích (km ²)	Hệ số trượt lở	Điểm số
<360	89	3855	0,023	1
360-700	224	4924	0,045	5
700-1100	199	4212	0,047	7
1100-1400	186	4183	0,044	3
>1400	130	2266	0,057	9

Yếu tố lượng mưa, cụ thể ở khu vực này là xem xét vai trò của lượng mưa trung bình năm trong phát sinh TLĐ. Đây là yếu tố quan trọng tiếp theo sau độ dốc. Theo kinh nghiệm trên thế giới và thực tế TLĐ diễn ra ở khu vực hồ Hòa Bình - Sơn La cho thấy, khu vực có lượng mưa trung bình năm 1500-2000mm có mức độ trượt lở lớn nhất; tiếp theo là 2000-2500mm và >2500 mm. Ở những nơi có lượng mưa trung bình năm <1000mm thì trượt lở xảy ra ít nhất. Do đó, các bậc lượng mưa trung bình năm 1500-2000 mm/năm, 2000-2500mm/năm >2500mm và <1000 mm có điểm tương ứng là 9, 7, 5, 3 và 1. Điểm cho vai trò của yếu tố này là 7 (bảng 4).

Bảng 4. Thống kê trượt lở và điểm số theo cấp lượng mưa trung bình năm

Lượng mưa trung bình năm (mm)	Số điểm trượt lở	Diện tích (km ²)	Hệ số trượt lở	Điểm số
<1.000	9	662	0,014	1
1.000-1.500	161	6.916	0,023	3
1.500-2.000	371	4.653	0,079	9
2.000-2.500	176	4.255	0,041	7
>2.500	111	2.869	0,039	5

Yếu tố vô phong hoá (kiểu vô phong hoá) và trầm tích Đệ Tứ là yếu tố có vai trò thứ tiếp theo trong phát sinh trượt lở đất, bồi lã, vô phong hoá và trầm tích bờ rời Đệ Tứ cung cấp nguồn vật liệu cho quá trình trượt lở ở HTĐHB-SL. Phân tích tổng hợp mối quan hệ giữa mức độ trượt lở với các kiểu vô phong hoá và trầm tích Đệ Tứ cho thấy, yếu tố này có vai trò nhất định và cho 5 điểm. Vô phong hóa saprolit rất thuận lợi cho trượt lở phát triển, do đó, nó có mức độ trượt lở lớn nhất (hệ số trượt lở 0,057); tiếp đến là kiểu vô phong hoá sialferit có mức độ trượt lở thấp hơn (hệ số trượt lở 0,052), kiểu vô phong hoá ferosialit (hệ số trượt lở 0,038) và trầm tích bờ rời có mức độ trượt lở thấp hơn (hệ số trượt lở 0,033). Trên các thành tạo carbonat hầu như không xảy ra TLĐ, có hệ số TLĐ thấp nhất (0,030), mà chủ yếu phát triển quá trình đổ lở. Do vậy, điểm của các kiểu vô phong hoá và trầm tích Đệ Tứ tương ứng như sau: Saprolit - 9, sialferit - 7, ferosialit - 5, Trầm tích bờ rời - 3, Carbonat - 1 (bảng 5).

Bảng 5. Thống kê trượt lở và điểm số theo kiểu vô phong hoá và trầm tích Đệ Tứ

Kiểu vô phong hóa	Số điểm trượt lở	Diện tích (km ²)	Hệ số trượt lở	Điểm số
Saprolit	14	244	0,057	9
Sialferit	383	7333	0,052	7
Ferosialit	335	8737	0,038	5
Trầm tích bờ rời	4	123	0,033	3
Trầm tích cacbonat	93	3041	0,030	1

Vai trò của yếu tố địa chất thạch học trong phát sinh TLĐ thể hiện ở độ cứng, độ bền chắc của đất đá. Phân tích vai trò của yếu tố này trong phát sinh trượt lở cho thấy, nhóm đá biến chất có hệ số trượt lở cao nhất (0,054), nhóm đá magma basalt và đá vôi có hệ số trượt lở thấp nhất (0,030). Như vậy, yếu tố địa chất thạch học có vai trò nhất định trong phát sinh TLĐ, cho 3 điểm. Điểm của các nhóm đá biến chất, magma axit, trầm tích gắn kết, trầm tích bờ rời và magma basalt, đá vôi tương ứng là 9, 7, 5, 3 và 1 (bảng 6).

Bảng 6. Thống kê trượt lở và điểm số theo yếu tố địa chất thạch học

Nhóm đất đá	Số điểm trượt lở	Diện tích (km ²)	Hệ số trượt lở	Điểm số
Biến chất bị phong hóa	242	4532	0,054	9
Magma axit bị phong hóa	171	3807	0,045	7
Magma basalt bị phong hóa	60	1999	0,030	1
Các đá trầm tích gắn kết bị phong hóa	347	8253	0,042	5
Trầm tích bờ rời	4	123	0,033	3
Đá vôi	4	1218	0,007	1

Đối với yếu tố địa chất thủy văn, vai trò của yếu tố này trong phát sinh TLĐ thể hiện ở mức độ chứa nước. Tuy nhiên, đối với quá trình TLĐ, mối quan hệ giữa mức độ trượt lở với mức độ chứa nước ngầm không rõ ràng. Phân tích thống kê hiện trạng TLĐ với các tầng có mức độ chứa nước khác nhau cho thấy, mức độ trượt lở lớn nhất nằm trong đới chứa nước trung bình (hệ số trượt lở 0,061); tiếp theo là đới rất nghèo nước, thậm chí không chứa nước (hệ số trượt lở 0,047). Do vậy, đánh giá mối quan hệ giữa mức độ trượt lở (hệ số trượt lở) với mức độ chứa nước cho yếu tố này 3 điểm. Theo hệ số trượt lở, điểm của các cấp độ chứa nước trung bình, nghèo nước, rất nghèo nước, không chứa nước, giàu nước tương ứng là 9, 7, 5, 3 và 1 (bảng 7).

Bảng 7. Thống kê trượt lở và điểm số theo mức độ chứa nước ngầm của đất đá

Độ chứa nước	Số điểm trượt lở	Diện tích (km ²)	Hệ số trượt lở	Điểm số
Không chứa nước	28	882	0,032	3
Rất nghèo nước	556	13002	0,043	5
Nghèo nước	29	615	0,047	7
Chứa nước trung bình	126	2052	0,061	9
Giàu nước	89	2889	0,030	1

Yếu tố mật độ đứt gãy có vai trò tương đối rõ ràng trong phát sinh TLĐ và cho 5 điểm. Kết quả phân tích thống kê hiện trạng TLĐ theo các bậc mật độ đứt gãy cho thấy, vùng có mật độ đứt gãy từ >0,576 km/km² có mức độ trượt lở lớn nhất (hệ số trượt lở 0,072), tiếp theo là vùng có mật độ 0,288-0,432 km/km² (hệ số trượt lở 0,044); 0,144-288 km/km² (hệ số trượt lở 0,038) và vùng có mật độ đứt gãy <0,144 km/km² có mức độ trượt lở thấp nhất (hệ số trượt lở 0,028). Điểm của các bậc mật độ đứt gãy >0,576 km/km², 0,288-0,432km/km², 0,144-0,288km/km², 0,432-0,576km/km² và <0,144 km/km² tương ứng là 9, 7, 5, 3 và 1 (bảng 8).

Bảng 8. Thống kê trượt lở và điểm số theo cấp mật độ đứt gãy

Mật độ đứt gãy (km/km ²)	Số điểm trượt lở	Diện tích (km ²)	Hệ số trượt lở	Điểm số
<0,144	36	1307	0,028	1
0,144-0,288	209	5455	0,038	5
0,288-0,432	293	6675	0,044	7
0,432-0,576	138	3882	0,036	3
>0,576	152	2121	0,072	9

Mối quan hệ giữa trượt lở đất và đới ảnh hưởng động lực đứt gãy hoạt động là không rõ ràng và cho 3 điểm. Kết quả phân tích thống kê hiện trạng TLĐ theo các bậc đới động lực đứt gãy cho thấy, mức độ trượt lở lớn nhất tập trung ở các đới động lực đứt gãy hoạt động bậc 1 ở khu vực nghiên cứu (hệ số trượt lở 0,079), tiếp theo là các đới đứt gãy bậc 3 (hệ số trượt lở 0,047), bậc 2 (hệ số trượt lở 0,042), bậc 4 (hệ số trượt lở 0,041) và bậc cao (hệ số trượt lở 0,038). Do đó, điểm của các bậc đới ảnh hưởng động lực đứt gãy (bậc 1, bậc 3, bậc 2, bậc 4 và bậc cao) tương ứng là 9, 7, 5, 3 và 1 (bảng 9).

Bảng 9. Thống kê trượt lở và điểm số theo cấp đới ảnh hưởng động lực đứt gãy

Cấp độ đới động lực đứt gãy	Số điểm trượt lở	Diện tích (km ²)	Hệ số trượt lở	Điểm số
Bậc 1	69	875	0,079	9
Bậc 2	188	4435	0,042	5
Bậc 3	146	3098	0,047	7
Bậc 4	12	294	0,041	3
Bậc cao	413	10738	0,038	1

Trên thực tế, vùng có độ che phủ kém (<20%) - đó là vùng đất ở khu dân cư và công trình kinh tế dân sinh, quá trình TLĐ xảy ra mạnh mẽ nhất. Vùng có độ che phủ tốt (>90%) - vùng đất rừng tự nhiên, TLĐ diễn ra yếu nhất. Những vùng có độ che phủ trung bình (20-45%) - vùng đất sản xuất nông nghiệp và hoạt động xây dựng, phát triển giao thông, thủy điện, thủy lợi, mức độ TLĐ diễn ra cũng khá mạnh. Do đó, phân tích mối quan hệ với quá trình trượt lở cho thấy, vai trò của yếu tố này ở mức thấp và cho 1 điểm. Điểm của các cấp che phủ thực vật: <20%, 20-45%, 45-70%, 70-90% và >90% tương ứng là: 9, 7, 5, 3 và 1 (bảng 10).

Bảng 10. Thống kê trượt lở và điểm số theo yếu tố độ che phủ thực vật

Độ che phủ thực vật (%)	Số điểm trượt lở	Diện tích (km ²)	Hệ số trượt lở	Điểm số
>90	326	9466	0,034	1
75-90	60	1672	0,036	3
45-75	67	1611	0,042	5
20-45	128	2405	0,053	7
<20	247	4306	0,057	9

Hoạt động kinh tế của con người tác động vào TLĐ là xây dựng mạng lưới giao thông. Khi xây dựng đường giao thông, con người tác động trực tiếp, làm thay đổi trạng thái môi trường, trong đó,

việc thay đổi độ dốc sườn, lớp phủ thực vật,... đã làm cho quá trình sườn có điều kiện phát triển, trong đó có TLĐ. Phân tích thống kê hiện trạng TLĐ trên các bậc mật độ giao thông cho thấy, ở những nơi có mật độ giao thông lớn (1,46-1,94 km/km²), TLĐ cũng xây ra với mức độ lớn (hệ số trượt lở 0,066). Trong các thành phố, đô thị, mật độ giao thông rất lớn (>2,4 km/km²), trượt lở hầu như không xảy ra. Do đó, yếu tố mật độ giao thông với TLĐ có vai trò nhất định và cho 3 điểm. Điểm của các cấp mật độ giao thông 1,46-1,94 km/km², 0,97-1,46 km/km², 0,48-0,97 km/km², <0,48 km/km² và >2,4 km/km² với TLĐ tương ứng là 9, 7, 5, 3 và 1 (bảng 11).

Bảng 11. Thống kê trượt lở và điểm số theo yếu tố mật độ giao thông

Mật độ giao thông (km/km ²)	Số điểm trượt lở	Diện tích (km ²)	Hệ số trượt lở	Điểm số
<0,48	323	8319	0,039	3
0,48-0,97	345	8162	0,042	5
0,97-1,46	128	2397	0,053	7
1,46-1,94	32	488	0,066	9
>2,4	0	74	0	1

Như vậy, TLĐ hình thành và phát triển do tác động của 11 yếu tố thành phần. Trên cơ sở điểm của 11 yếu tố nêu trên cho phép xác lập ma trận so sánh cặp thông minh của các yếu tố tác động phát sinh TLĐ (bảng 12).

Bảng 12. Ma trận so sánh cặp thông minh của các yếu tố tác động phát sinh trượt lở ở hồ thủy điện Hòa Bình và Sơn La

Yếu tố	Đd (9)	Lm (7)	Vph (5)	Mddg (5)	Đcct (5)	Đctv (3)	Đdl (3)	Mđcs (1)	Mđcn (1)	Đcptv (1)	Mđgt (3)
Đd (9)	1	1,286	1,800	1,800	1,800	3,000	3,000	9,000	9,000	9,000	3
Lm (7)	0,777	1	1,400	1,400	1,400	2,333	2,333	7,000	7,000	7,000	2,333
Vph (5)	0,555	0,714	1	1,000	1,000	1,667	1,667	5,000	5,000	5,000	1,667
Mddg(5)	0,555	0,714	1,000	1	1,000	1,667	1,667	5,000	5,000	5,000	1,667
Đcct (5)	0,555	0,714	1,000	1,000	1	1,667	1,667	5,000	5,000	5,000	1,667
Đctv (3)	0,333	0,428	0,600	0,600	0,600	1	1,000	3,000	3,000	3,000	1,000
Đdl (3)	0,333	0,428	0,600	0,600	0,600	1,000	1	3,000	3,000	3,000	1,000
Mđcs(1)	0,111	0,143	0,200	0,200	0,200	0,333	0,333	1	1,000	1,000	3,000
Mđcn(1)	0,111	0,143	0,200	0,200	0,200	0,333	0,333	1,000	1	1,000	3,000
Đcptv(1)	0,111	0,143	0,200	0,200	0,200	0,333	0,333	1,000	1,000	1	3,000
Mđgt (3)	0,333	0,428	0,600	0,600	0,600	1,000	1,000	3,000	3,000	3,000	1

Từ ma trận này, theo Vector nguyên lý Eigen tính được một “tập hợp các trọng số phù hợp nhất”. Trên thực tế, khi cho điểm các yếu tố tác động phát sinh TLĐ cũng chính là trọng số của từng yếu tố. Trọng số của mỗi yếu tố chính là tỷ số của điểm của yếu tố đó trên tổng số điểm của các yếu tố phát sinh TLĐ (43điểm). Do đó, trọng số của yếu tố mật độ chia cắt sâu, chia cắt ngang và độ che phủ thực vật là 1/43; yếu tố địa chất thủy văn, đới ảnh hưởng động lực đứt gãy, mật độ giao thông là 3/43; yếu tố mật độ đứt gãy và vô phong hóa là 5/43; yếu tố lượng mưa là 7/43 và yếu tố độ dốc là 9/43. Kết quả tính toán trọng số của các yếu tố: độ dốc là 0,209, lượng mưa là 0,163, vô phong hóa, địa chất thạch học và mật độ đứt gãy đều là 0,116, địa chất thủy văn, đới động lực đứt gãy, mật độ giao thông đều là 0,070, mật độ chia cắt ngang, mật độ chia cắt sâu và độ che phủ thực vật đều có trọng số là 0,023.

3.2.2. Cảnh báo nguy cơ trượt lở đất

Bản đồ phân vùng nguy cơ TLĐ trên địa bàn khu vực hồ thủy điện Hòa Bình - Sơn La được xây

dựng bằng phương pháp phân tích không gian trong môi trường GIS. Đó là sự tích hợp 11 bản đồ thành phần theo công thức (2).

$$LSI = 0,209 Bđ_Đd + 0,163 \times Bđ_Lm + 0,116 \times Bđ_Đcct + 0,116 \times Bđ_Vph + 0,116 \times Bđ_Mddg + 0,070 \times Bđ_Đdl + 0,070 \times Bđ_Đctv + 0,023 \times Bđ_Mđcn + 0,023 \times Bđ_Mđcs + 0,023 \times Bđ_Đcptv + 0,070 Bđ_Mđgt \quad (2)$$

Trong đó: LSI - bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở đất, Bđ-Đd: bản đồ độ dốc, Bđ_Lm: bản đồ lượng mưa trung bình năm, Bđ_Đcct: bản đồ địa chất thạch học, Bđ_Vph: bản đồ vô phong hóa và trầm tích Đệ Tứ, Bđ_Mddg: bản đồ mật độ đứt gãy, Bđ_Đdl: bản đồ đới động lực đứt gãy, Bđ_Đctv: bản đồ địa chất thủy văn, Bđ_Mđcn: bản đồ mật độ chia cắt ngang, Bđ_Mđcs: bản đồ mật độ chia cắt sâu, Bđ_Đcptv: bản đồ độ che phủ thực vật và Bđ_Mđgt - bản đồ mật độ giao thông.

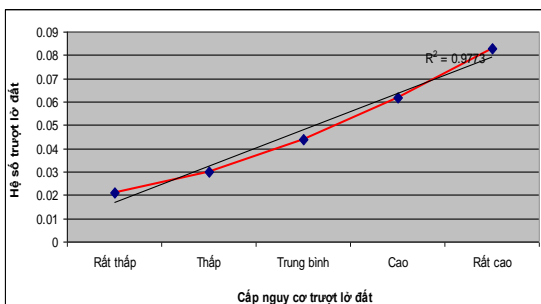
Bản đồ nguy cơ TLĐ được tích hợp từ 11 bản đồ thành phần thể hiện bằng giá trị số với mỗi pixel có một giá trị nguy cơ trượt lở tương ứng. Do đó, để xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ TLĐ, cần phân chia các giá trị nguy cơ trượt lở trên bản

đồ giá trị số thành các cấp nguy cơ phù hợp. Nguyên tắc và phương pháp phân chia các cấp nguy cơ từ các giá trị nguy cơ trượt lở như sau: ngưỡng để phân cấp bản đồ trượt lở giá trị số được lựa chọn sau khi thực hiện phân tích xử lý thống kê, xây dựng đường cong tích lũy xác suất (biểu đồ thống kê tích lũy nguy cơ TLĐ giá trị số). Kết quả xử lý thống kê cho các thông số sau: giá trị tối thiểu $X_{min} = 1,557$, trung bình $Avg = 5,049$, tối đa $X_{max} = 8,015$, độ lệch tiêu chuẩn $StD = 0,875$. Việc phân chia số lượng cấp nguy cơ TLĐ được lựa chọn theo công thức (3).

$\Delta x = (X_{max} - X_{min})/n$ (3); trong đó: n- số cấp cần phân chia.

Theo nguyên tắc nêu trên, trên khu vực hồ thủy điện Hòa Bình - Sơn La cho phép lựa chọn, phân chia 5 cấp nguy cơ ($n = 5, \Delta x = 1,2916$): rất thấp, thấp, trung bình, cao và rất cao. Các trị số tương ứng của các cấp nguy cơ: rất thấp: $<2,848$, thấp: $2,848-4,140$, trung bình: $4,140-5,431$, cao: $5,431-6,723$ và rất cao: $>6,723$.

Cấp nguy cơ rất thấp thể hiện ở vùng rất ít xảy ra trượt lở, hoặc có xảy ra với khối lượng rất nhỏ. Cấp nguy cơ trượt lở thấp là ở vùng đó trượt lở có thể xảy ra ít, hoặc xảy ra với khối lượng, quy mô nhỏ. Cấp nguy cơ trượt lở trung bình là vùng có thể xảy ra trượt lở với quy mô và khối lượng vừa. Cấp nguy cơ trượt lở cao là vùng có thể xảy ra trượt lở nhiều, quy mô và khối lượng lớn. Cấp nguy cơ trượt lở rất cao là vùng có thể xảy ra trượt lở rất nhiều, quy mô và khối lượng rất lớn. Bản đồ cảnh báo nguy cơ trượt lở đảm bảo độ tin cậy, thể hiện bởi kết quả kiểm định các cấp nguy cơ TLĐ theo hiện trạng phân bố trượt lở hồ thủy điện Hòa Bình và Sơn La (hình 3).



Hình 3. Biểu đồ kiểm định khoảng vùng nguy cơ trượt lở đất

Bản đồ cảnh báo nguy cơ trượt lở đất khu vực HTĐHB-SL thể hiện ở 5 cấp nguy cơ khác nhau: Rất thấp, Thấp, Trung bình, Cao và Rất cao (hình 4, 5).

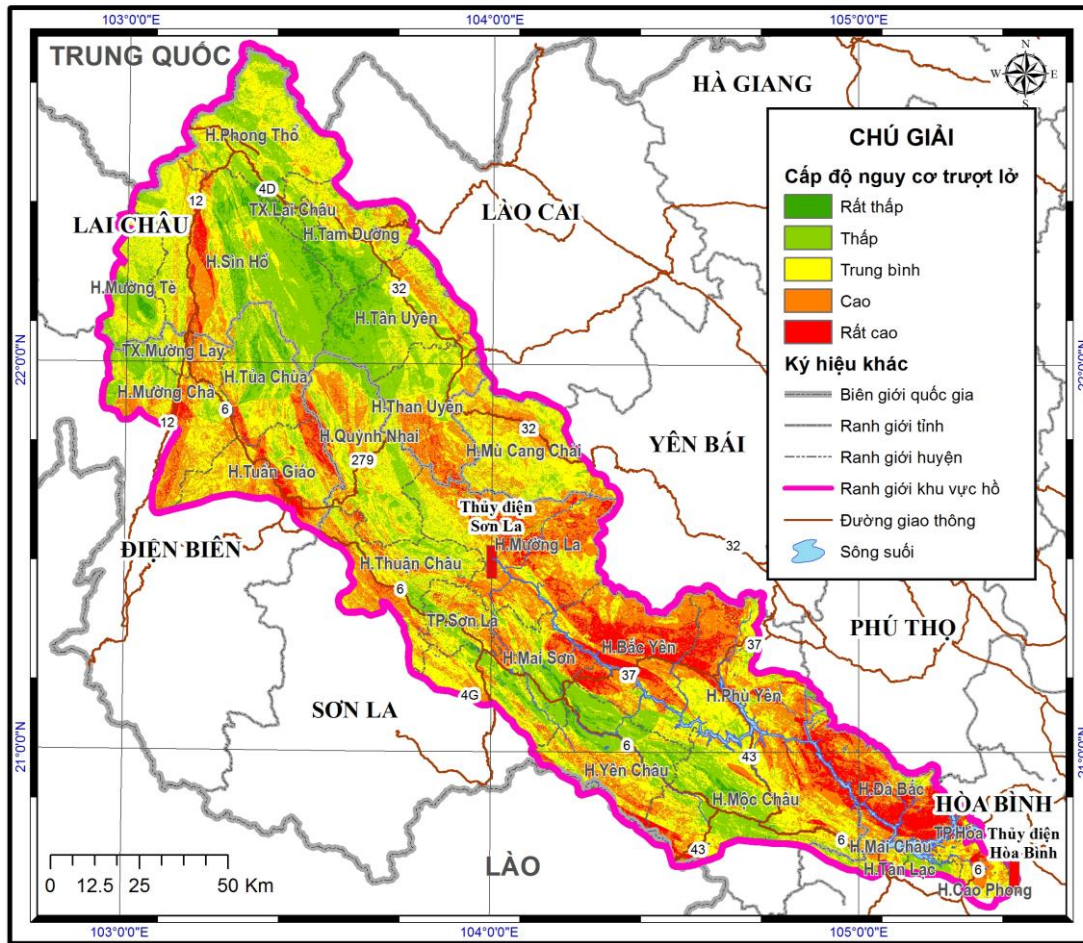
Trên hồ thủy điện Hà Bình và Sơn La, vùng có nguy cơ TLĐ ở cấp độ rất cao rộng 642 km², chiếm 3% diện tích tự nhiên khu vực nghiên cứu. Vùng có nguy cơ TLĐ rất cao chủ yếu phân bố ở nơi có địa hình núi cao, độ dốc lớn, mưa nhiều và dọc theo các đới phá hủy kiến tạo (dọc đới đứt gãy Lai Châu - Điện Biên thuộc địa bàn xã Tả Phìn và Dế Phìn và dọc theo đới đứt gãy Sông Đà thuộc địa bàn xã Phong Lái, Chiềng Khoang huyện Thuận Châu tỉnh Sơn La. Ngoài ra, vùng nguy cơ TLĐ rất cao còn phân bố rải rác dọc theo sườn tây nam của dãy núi Hoàng Liên Sơn thuộc địa bàn các xã Khao Mang, Hồ Bốn huyện Mộc Châu, tỉnh Yên Bái.

Vùng có nguy cơ TLĐ cao rộng 4620 km², chiếm 24% diện tích tự nhiên, phân bố ở những nơi có địa hình khá phức tạp; chủ yếu phân bố dọc theo sườn phía tây nam thung lũng sông Đà, Nậm Lay, trên địa phận từ huyện Sin Hồ đến Mường Chà, dọc theo quốc lộ 6, đoạn qua huyện Thuận Châu tỉnh Sơn La và sườn phía tây nam dãy núi Hoàng Liên Sơn từ thành phố Lai Châu tỉnh Lai Châu đến huyện Mộc Châu tỉnh Yên Bái.

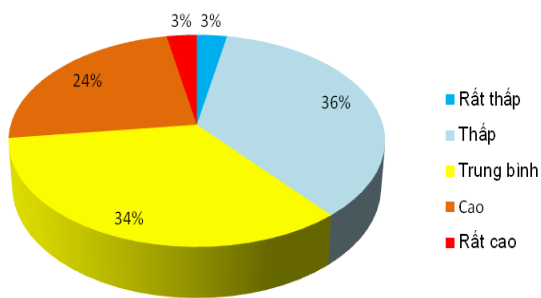
Vùng có nguy cơ TLĐ trung bình chiếm 6492 km², 33% diện tích tự nhiên, phân bố chủ yếu trên địa hình có sườn dốc 25°-35°, trên độ cao 1000-1500m, dọc 2 bên thung lũng sông Đà từ huyện Phong Thổ đến Thuận Châu, tỉnh Sơn La.

Vùng có nguy cơ TLĐ thấp chiếm diện tích lớn nhất, 6968 km², chiếm 36% diện tích tự nhiên, phân bố ở nơi có địa hình sườn dốc $<25^\circ$, trên độ cao từ 500-1000m; phân bố dọc theo thung lũng sông Đà từ thành phố Lai Châu, tỉnh Lai Châu đến huyện Mường La, tỉnh Sơn La; dọc theo quốc lộ 6 từ huyện Mường Chà đến huyện Tuần Giáo thuộc tỉnh Điện Biên.

Vùng có nguy TLĐ rất thấp chỉ chiếm 718 km², khoảng 4% diện tích tự nhiên, phân bố chủ yếu ở nơi có địa hình tương đối bằng phẳng (đồng bằng thung lũng sông, trũng giữa núi). Vùng này phân bố ở huyện Mường Tè, phía đông thung lũng sông Đà, nơi giáp ranh giữa hai huyện Tuần Giáo và Tủa Chùa, tỉnh Điện Biên.



Hình 4. Bản đồ cảnh báo nguy cơ trượt lở đất hồ thủy điện Hòa Bình và Sơn La



Hình 5. Biểu đồ thống kê diện tích theo cấp nguy cơ trượt lở đất hồ thủy điện Hòa Bình và Sơn La

4. Kết luận

Trên cơ sở tổng hợp các tài liệu: phân tích viễn thám phân giải cao (VNREDSat-1, SPOT-5 và Landsat-8), khảo sát thực địa,... đã xác lập được

828 khối trượt lớn nhỏ, phân bố thành những dải chạy theo các phương TB-ĐN: Phong Thổ-Tam Đường, Sin Hồ-Mường La, Tùa Chùa-Thuận Châu và á kinh tuyến dọc thung lũng Nậm Na-Nậm Lay.

Bản đồ cảnh báo nguy cơ TLĐ ở HTĐHB-SL được xây dựng trên cơ sở tích hợp 11 bản đồ thành phần bằng phân tích không gian trong môi trường GIS và thể hiện 5 cấp: Rất thấp, Thấp, Trung bình, Cao và Rất cao.

Trên địa phận HTĐHB-SL, vùng có nguy cơ TLĐ rất thấp chiếm 4%, thấp chiếm 36%, trung bình chiếm 33%, cao chiếm 24%, và rất cao chiếm 3% diện tích tự nhiên khu vực nghiên cứu.

Các vùng có nguy cơ trượt lở đất rất cao và cao cần được chú trọng đầu tư các giải pháp phòng chống, phòng tránh gồm các huyện: Mường Lay,

Mường Chà, Mường La, Đà Bắc và thành phố Sơn La.

Lời cảm ơn

Công trình được sự tài trợ của Đề tài VT/ƯD-03/13-15 do TS. Phạm Quang Sơn làm chủ nhiệm, Viện Địa chất là Cơ quan chủ trì, Tập thể tác giả xin chân thành cảm ơn.

Tài liệu dẫn

Guzzetti F., Carrara A., Cardinali M., Reichenbach et P., 1999: Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multi-scale study, Central Italy. *Geomorphology*, vol. 31, no 1-4, p. 181-216.

Trần Trọng Huệ (chủ biên), 2000: Nghiên cứu đánh giá trượt lở mép hồ Hòa Bình, đề xuất các giải pháp phòng tránh. Báo cáo tổng kết đề tài, Viện Địa chất, Hà Nội.

Trần Trọng Huệ (chủ biên), 2003: Nghiên cứu đánh giá các loại hình tai biến địa chất trên lãnh thổ Việt Nam và các giải pháp phòng tránh (giai đoạn 2 - các tỉnh miền núi phía

Bắc). Báo cáo tổng kết đề tài, Viện Địa chất, Hà Nội.

Lomtatze V.Đ., 1982: Địa chất công trình- địa chất động lực công trình. Bản dịch tiếng Việt của Phạm Xuân và nnk. Nxb. ĐH&THCN, Hà Nội.

Saaty, Thomas L., 1994: *Fundamentals of decision making and priority theory with analytic hierarchy process*. Pittsburgh: RWS publications, 527 p.

Trần Anh Tuấn, Nguyễn Tứ Dân, 2012: Nghiên cứu nhạy cảm và phân vùng nguy cơ trượt - lở đất khu vực hồ thủy điện Hòa Bình - Sơn La theo phương pháp phân tích cấp bậc Saaty. Tạp chí Các Khoa học về Trái Đất, T.34, (3), tr. 223 -232.

Đào Văn Thịnh (chủ biên), 2005: Các tai biến địa chất ở Tây Bắc Bộ. Báo cáo tổng kết đề tài, Cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam, Hà Nội.

Nguyễn Trọng Yên (chủ biên), 2006: Nghiên cứu thành lập bản đồ tai biến thiên nhiên lãnh thổ Việt Nam tỷ lệ 1:500.000. Báo cáo tổng kết đề tài mã số KC-08-01, Viện Địa chất, Hà Nội.