

NGUY CƠ TAI BIẾN TRƯỢT LỞ LIÊN QUAN HOẠT ĐỘNG KHAI THÁC

KHOÁNG SẢN TẠI KHU VỰC TƯƠNG DƯƠNG, NGHỆ AN

Nguyễn Thị Hòa^{1,2}, Trịnh Thành¹, Nguyễn Phương², Nguyễn Quốc Phi²

¹Viện Khoa học và Công nghệ môi trường, Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội;

²Khoa Môi trường, Trường Đại học Mỏ-Địa chất

Tóm tắt: Hiện nay, hoạt động khai thác khoáng sản cùng với các hiện tượng thời tiết thất thường gây mưa lớn và thúc đẩy các quá trình tai biến địa chất, đặc biệt là hiện tượng trượt lở đất đá. Kết quả khảo sát thực tế vùng Tương Dương, Nghệ An cho thấy các dạng tai biến trượt lở liên quan đến khai thác khoáng sản chủ yếu là sạt lở sườn tầng khai thác, bãi thải, sự phá vỡ các hồ chứa quặng đuôi. Bài báo đã sử dụng phương pháp mô hình thống kê Bayes và hệ số tin cậy để tính toán trọng số cho từng yếu tố ảnh hưởng đến khả năng xảy ra tai biến trượt lở do hoạt động khai thác khoáng sản. Kết quả tích hợp các trọng số tính toán được từ 14 lớp thông tin về các điều kiện địa chất nền (thạch học, đứt gãy, địa chất công trình, địa chất thủy văn, vỏ phong hóa, loại hình đất...) cũng như các điều kiện tự nhiên và nhân sinh (độ dốc, hướng dốc, mạng lưới thủy văn, hiện trạng sử dụng đất/thảm thực vật, lượng mưa trung bình năm...) cho phép xây dựng các sơ đồ dự báo nguy cơ trượt lở đất. Kết quả nghiên cứu cho thấy mô hình Thống kê Bayes và phương pháp Hệ số tin cậy có độ chính xác cao, tương ứng là 89,7% và 91,0%. Trên cơ sở đó đã xác định được phía nam và tây nam vùng nghiên cứu là nơi tập trung cao các yếu tố ảnh hưởng đến nguy cơ trượt lở. So sánh kết quả nghiên cứu với thực tế thấy rằng trên 70% các điểm trượt đã biết nằm trong các vùng được xếp loại có nguy cơ cao đến rất cao.

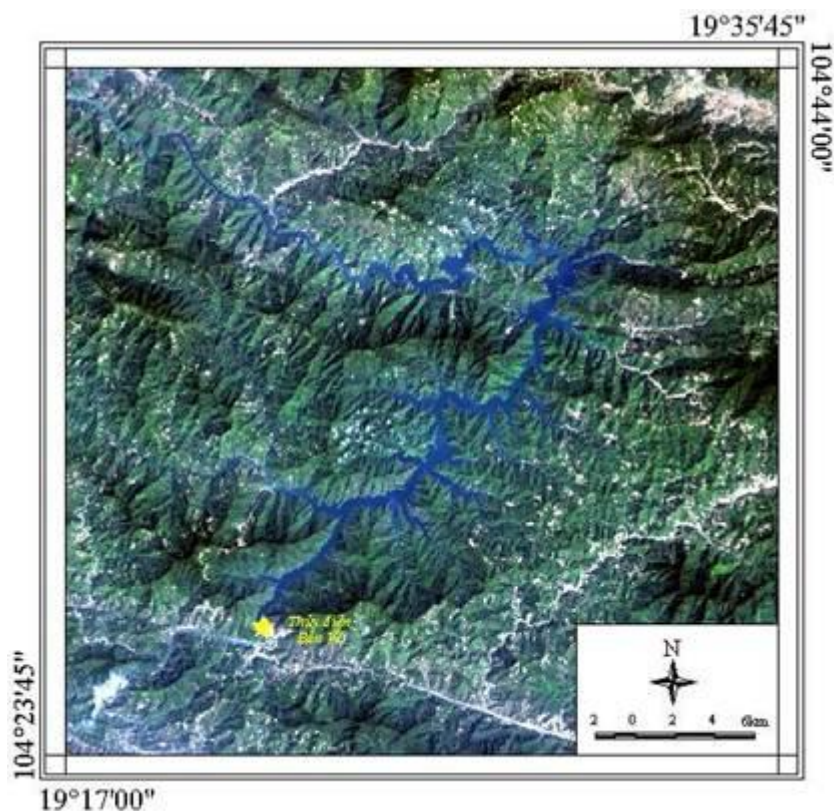
1. Mở đầu

Ngành công nghiệp khai thác mỏ đã và đang ngày càng chiếm vị trí quan trọng trong nền kinh tế quốc dân và là nguồn lực quan trọng trong quá trình công nghiệp hóa đất nước. Tuy nhiên, bên cạnh mặt tích cực, thì hoạt động khai thác khoáng sản cũng gây ra nhiều tác động xấu, ảnh hưởng tới môi trường sinh thái và cả tính mạng, tài sản của con người... (Phương, 2013, 2014; Hòa, 2015). Các tai biến địa chất đặc biệt là hiện tượng trượt lở đất đá liên quan đến sự hoạt động khai thác khoáng sản tại các khai trường khai thác khoáng sản đã và đang xảy ra rộng khắp, liên tục ở nhiều vùng ở nước ta, gây nhiều thiệt hại nghiêm trọng về người và của (Cần, 2005). Kết quả khảo sát thực tế tại một số mỏ khai thác khoáng sản ở khu vực Tương Dương, Nghệ An cho thấy hoạt động khai thác khoáng sản đã góp phần giải quyết công ăn việc làm, tăng ngân sách, thúc đẩy kinh tế địa phương phát triển. Tuy nhiên công tác bảo vệ môi trường còn chưa được chú trọng gây ảnh hưởng nghiêm trọng tới môi trường sinh thái xung quanh, phá vỡ thế cân bằng tự nhiên tại khu vực đồng thời dưới tác động của các điều kiện địa chất nội, ngoại sinh, sự biến đổi khí hậu toàn cầu đi kèm với sự biến đổi thời tiết thất thường gây mưa lớn đã thúc đẩy quá trình tai biến địa chất càng phát triển mạnh mẽ với quy mô và mức độ thiệt hại ngày càng tăng, đe dọa đến tính mạng con người và sự phát triển kinh tế bền vững (Huệ, 2004).

2. Khái quát chung về khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu có diện tích khoảng 1.231,52 km² thuộc phần phía Bắc của huyện Tương Dương, tỉnh Nghệ An và nhà máy thủy điện Bán Vẽ nằm về phía Tây Nam của vùng (Hình 1). Đây là khu vực miền núi vùng cao nằm ở [phía Tây Nam](#) của tỉnh, chịu ảnh hưởng trực tiếp của vùng khí hậu Tây Nam Nghệ An, có đặc điểm khí hậu nhiệt đới gió mùa với 2 mùa rõ rệt. Mùa mưa từ tháng 4 đến tháng 10 và mùa khô từ tháng 11 đến

tháng 3 năm sau. Nhiệt độ trung bình biến đổi từ 23-25°C. Lượng mưa bình quân khoảng 2.000 mm theo cơ sở dữ liệu của mô hình khí hậu toàn cầu CFSR (Climate Forecast System Reanalysis) thuộc Trung tâm Quốc gia về dự báo môi trường (National Centers for Environmental Prediction - NCEP) của Mỹ.



Hình 1. Sơ đồ vị trí khu vực nghiên cứu

2.1. Đặc điểm địa chất

Dựa vào tài liệu đo vẽ bản đồ địa chất khoáng sản tỷ lệ 1:200.000 và 1:50.000. Tham gia vào cấu trúc địa chất vùng nghiên cứu có các phân vị địa tầng tuổi từ Proterozoi đến Đệ tứ gồm các hệ tầng Bù Khạng ($PR_2 bk$), hệ tầng Sông Cả ($O_3-S_1 sc$), hệ tầng Huổi Nhi ($S_2-D_1 hn$), hệ tầng La Khê ($C_1 lk$), hệ tầng Mường Lống ($C-P ml$), hệ tầng Đồng Trầu ($T_{2a} đt$), hệ tầng Mường Hình ($J mh$) và hệ Đệ Tứ không phân chia (Q) (Dovjicov, 1965; Hoàng, 1984; Dũng, 1995; Trị và nnk, 2009).

2.2. Kiến tạo

Trong sơ đồ địa chất kiến tạo của vùng Sông Cả, từ trước đến nay đều công nhận sự phát triển mạnh mẽ của 2 hệ thống đứt gãy phương TB-ĐN và ĐB-TN, trong đó đứt gãy Sông Cả nằm cách tuyến đập về phía hạ lưu khoảng 20 km có vai trò quan trọng.

2.3. Đặc điểm địa hình

Địa hình huyện Tương Dương rất hiểm trở, có nhiều núi cao, tạo nên nhiều thung lũng nhỏ hẹp. Đồi núi bị chia cắt mạnh bởi 3 sông chính (Nậm Non, Nậm Mộ, sông Cả) và nhiều khe suối lớn nhỏ, tạo nên nhiều lớp gợn sóng cao dần, tạo thành 2 mái núi lớn nghiêng về sông Cả (sông Lam) và thấp dần về phía hạ lưu sông Lam.

2.4. Đặc điểm thủy văn

Trong khu vực nghiên cứu có mặt của 4 phức hệ chứa nước chính gồm: Phức hệ chứa nước trong các thành tạo bồi lũ tích - aQ_{IV}, paQ, adQ, Phức hệ chứa nước karst, Phức hệ chứa nước trong đới nứt nẻ của các đá trầm tích hệ tầng Sông Cả (O₃-S₁ sc), hệ tầng Huồi Nhì (S₂-D₁ hn), hệ tầng La Khê (C₁ lk), hệ tầng Đồng Trâu (T_{2a} đt), phức hệ chứa nước trong tầng nứt nẻ của đá biến chất kết tinh hệ tầng Bản Khạng (PR₂ bk) và đá xâm nhập granit.

2.5. Hiện trạng khai thác và chế biến khoáng sản tại khu vực nghiên cứu

Theo số liệu thu thập tại Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Nghệ An và dựa vào số liệu khảo sát thực tế tại khu vực, tính đến ngày 30/12/2018 trên địa bàn khu vực huyện Tương Dương, Nghệ An có 08 điểm mỏ khoáng sản đang hoạt động, trong đó có 05 mỏ được cấp phép khai thác và 03 mỏ khai thác trái phép (Bảng 1).

Bảng 1. Hiện trạng khai thác khoáng sản tại khu vực Tương Dương - Nghệ An

TT	Tên điểm mỏ	Vị trí hành chính	Tổ chức khai thác đối với cơ sở được cấp phép và ký hiệu số hiệu với các cơ sở trái phép	Diện tích (ha)	Trữ lượng (nghìn tấn)	Công suất khai thác (tấn/năm)
Các cơ sở được cấp phép khai thác						
1	Mỏ than khe Bó	Xã Tam Quang, huyện Tương Dương, tỉnh Nghệ An	Công ty Cổ phần than Khe Bó	27,0	1.958	17
2	Mỏ đá xây dựng Lèn Quang Thịnh	Xã Tam Đình, Tương Dương, Nghệ An	Công ty Cổ phần Xây dựng Công trình 484	4,501	771.296	36.3
3	Mỏ đá xây dựng Thung Nôm	Xã Tam Đình, Tương Dương, Nghệ An	Công ty Đầu tư Xây lắp và Thương mại 36, Bộ Quốc phòng	80,005	-	-
4	Mỏ vàng sa khoáng lòng hồ thủy điện Khe Bó	Huyện Tương Dương, Nghệ An	Doanh nghiệp Tư nhân Hữu Yên	453,934	489 (kg Au)	45 (kg Au/năm)
5	Mỏ vàng sa khoáng dọc Sông Lam	Xã Tam Quang, Tương Dương, Nghệ An	Doanh nghiệp Tư nhân Hữu Yên	481,545	186 (kg Au)	36 (kg Au/năm)
Các cơ sở khai thác trái phép						
1	Vàng sa khoáng Yên Hòa	Xã Yên Hòa, huyện Tương Dương, tỉnh Nghệ An với chiều dài 20 km	Au.01			
2	Vàng sa khoáng Yên Na	Xã Yên Hòa, huyện Tương Dương, tỉnh Nghệ An với chiều dài 20 km	Au.02			
3	Vàng sa khoáng Yên Tĩnh	Xã Yên Hòa, huyện Tương Dương, tỉnh Nghệ An với chiều dài 25 km	Au.03			

3. Phương pháp nghiên cứu

Nguyên nhân gây trượt, lở có thể do độ bền của đất đá bị giảm đi, hoặc do trạng thái ứng suất ở sườn dốc bị thay đổi, hoặc do cả hai nguyên nhân trên làm cho điều kiện cân bằng của khối đất đá ở sườn dốc bị phá hủy (Yên, 2005; Rybicka, 1996). Các yếu tố ảnh hưởng là toàn bộ những yếu tố tự nhiên và nhân tạo có tác dụng hỗ trợ cho quá trình phá hoại sự cân bằng của khối đất, đá xảy ra được dễ dàng. Các yếu tố này có thể bao gồm các yếu tố tự nhiên, như đặc điểm địa chất (địa tầng, kiến tạo, đứt gãy, nứt nẻ, tính chất cơ lý của đất, đá, các quá trình và hiện tượng địa chất động lực công trình...), đặc điểm của nước ngầm, nước mặt, các điều kiện địa hình, địa mạo, khí hậu, các yếu tố thời gian và các yếu tố nhân sinh. Ảnh hưởng xấu của các yếu tố trên làm giảm khả năng chống trượt của khối đất, đá ở sườn dốc, thay đổi trạng thái ứng suất trong khối đất, đá. Các yếu tố đó kết hợp đan xen với nhau tạo nên các cơ chế mất ổn định sườn dốc khác nhau.

Từ những nhận định trên, để xác định được nguy cơ trượt lở xảy ra tại khu vực nghiên cứu, bài báo đã sử dụng nhiều phương pháp gồm: Thu thập và xử lý tài liệu hiện trạng tại biến địa chất tại khu vực nghiên cứu; Khảo sát thu thập và xử lý tài liệu địa chất, địa chất môi trường, địa mạo, điều kiện thủy văn, công trình tại khu vực; Phương pháp thống kê và ứng dụng công nghệ tin học, GIS, viễn thám và các phần mềm tính toán định lượng để xây dựng các mô hình, bản vẽ.

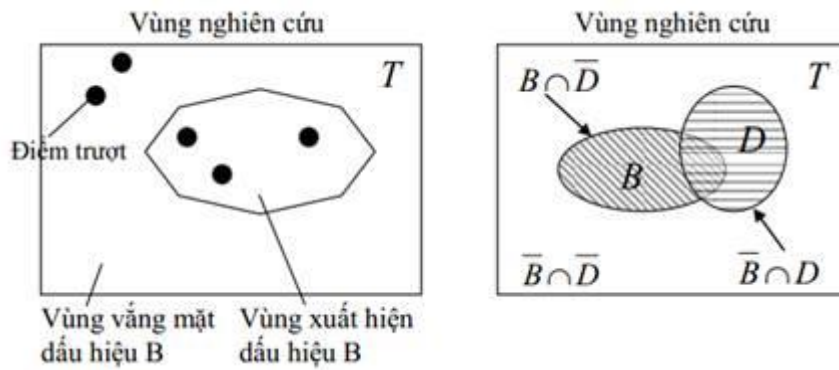
3.1. Phương pháp mô hình hóa

Đây là phương pháp nghiên cứu chủ đạo của bài báo thông qua việc xây dựng cơ sở dữ liệu về hiện trạng tại biến cũng như các yếu tố liên quan như địa chất, địa hình, địa mạo, điều kiện thấm phủ, khí hậu thủy văn... và được phân tích bằng các mô hình tính toán định lượng và biểu diễn kết quả trên nền GIS nhằm xác định hiện trạng cũng như phân vùng nguy cơ xảy ra tại biến trượt lở.

Để phân vùng dự báo nguy cơ xảy ra trượt lở tại khu vực nghiên cứu, quá trình phân tích các lớp thông tin cũng bao gồm việc tính toán các trọng số về các yếu tố ảnh hưởng. Các kết quả này tiếp tục được tích hợp với bản đồ lượng mưa dựa trên sự phân bố lượng mưa từ số liệu đo mưa vệ tinh tại khu vực. Các yếu tố nguy cơ được tích hợp sử dụng phương pháp mô hình thống kê Bayes (Bayesian Statistics) và phương pháp Hệ số tin cậy (Certainty Factor) hiện đang được ứng dụng rất phổ biến cho nghiên cứu về tai biến địa chất.

3.1.1. Mô hình thống kê Bayes

Mô hình Thống kê Bayes tính toán các trọng số dựa trên giả thuyết thống kê xác suất của Bayes. Nội dung của mô hình được mô tả tóm tắt như sau (Bonham-Carter, 1996; Nguyen, 2004): Giả sử T là diện tích vùng nghiên cứu và vùng này được chia ra thành nhiều vùng diện tích nhỏ hoặc điểm ảnh có diện tích cố định (ô đơn vị). Tổng số đơn vị hoặc điểm ảnh trong vùng nghiên cứu sẽ là $N\{T\}$. Đồng thời, các điểm trượt lở (D) trong vùng nghiên cứu cũng sẽ có số lượng đơn vị, điểm ảnh tương ứng $N\{D\}$. Các biến nhị phân B , như các yếu tố nền địa chất, kiến tạo, độ dốc sườn tầng, tính chất cơ lý của đá, quặng... ứng với các số lượng ô đơn vị hoặc điểm ảnh $N\{B\}$.



Hình 2. Mô hình biểu diễn xác suất xuất hiện điểm trượt lở theo mô hình Bayes

Tỷ trọng thông tin W^+ :

$$W^+ = \ln \frac{P(B/D)}{P(B/\bar{D})} \quad (1)$$

Tỷ trọng thông tin W^- :

$$W^- = \ln \frac{P(\bar{B}/D)}{P(\bar{B}/\bar{D})} \quad (2)$$

Trong đó: $P(B/D)$: Xác suất xuất hiện yếu tố B tại các diện tích đã xảy ra tai biến; $P(B/\bar{D})$: Xác suất xuất hiện yếu tố B tại các diện tích không xảy ra tai biến; $P(\bar{B}/D)$: Xác suất không xuất hiện yếu tố B tại các diện tích đã xảy ra tai biến; $P(\bar{B}/\bar{D})$: Xác suất không xuất hiện yếu tố B tại các diện tích không xảy ra tai biến.

Độ tương phản có thể được sử dụng như là trọng số cho các đối tượng.

Độ tương phản: $C = W^+ - W^-$

Độ tương phản C chính là trọng số của các lớp thông tin khi đưa vào tính toán nguy cơ xảy ra tai biến.

3.1.2. Phương pháp Hệ số tin cậy (Certainty Factor - CF)

Hệ số tin cậy (CF) là 1 hàm xác suất được giới thiệu trong hệ chuyên gia về y khoa MYCIN (Shortliffe, 1975) để ước lượng khả năng chuẩn đoán bệnh, ứng dụng trong y khoa. Rất nhiều hệ chuyên gia đã phát triển dựa trên mô hình này. Mô hình CF lần đầu tiên được sử dụng phân tích tai biến địa chất trong các công trình của Fabbri và Chung C.F. Mô hình CF cho phép đánh giá mức độ tin cậy giữa khả năng xảy ra tai biến và các yếu tố liên quan.

Nội dung của mô hình:

Hệ số CF có thể được mô tả dưới dạng sau:

$$CF_0 = \begin{cases} \frac{f_0 - f}{f_0(1 - f)}; & \text{khi } f_0 \geq f \\ \frac{f - f_0}{f(1 - f_0)}; & \text{khi } f_0 < f \end{cases}$$

Trong đó: CF_{ij} : Hệ số tin cậy của thành phần i trong thông số j ; f_{ij} : Mật độ vị trí tai biến trong thành phần i của thông số j ; f : Mật độ tai biến trên toàn bộ diện tích nghiên cứu.

CF là chỉ số mô tả mức độ tin cậy của chuyên gia về khả năng xảy ra của 1 hiện tượng. Giá trị của CF biến đổi trong khoảng từ -1 đến 1. Trong đó, giá trị dương chỉ mức độ tin cậy cao về mối liên hệ giữa nguy cơ xảy ra tai biến và các yếu tố liên quan, giá trị âm phản ánh mức độ tin cậy thấp của mối quan hệ này. Do vậy, $CF_y = 1$ có nghĩa là khả năng xảy ra tai biến dưới ảnh hưởng của yếu tố Y là chắc chắn, khi $CF_y = -1$ thì khả năng xảy ra tai biến dưới ảnh hưởng của yếu tố Y là không chắc chắn và khi $CF_y = 0$ thì mối quan hệ giữa nguy cơ xảy ra tai biến và yếu tố Y là chưa rõ ràng, không thể kết luận gì từ mối quan hệ này.

3.2 Xác định các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng xảy ra tai biến trượt lở do hoạt động khai thác khoáng sản

Nguy cơ tai biến trượt lở do các hoạt động khai thác khoáng sản trong khu vực nghiên cứu chịu ảnh hưởng của rất nhiều yếu tố, trong đó điều kiện cơ lý của đất đá, góc dốc sườn tầng khai thác lớn, mức độ phong hoá của đất đá, độ dốc địa hình tự nhiên phía trên moong, các hoạt động nổ mìn phá đá, sự di chuyển của máy móc và vận tải trong công trường khai thác... là những tác nhân chính gây ra hiện tượng trượt lở.

Nguồn tài liệu thu thập được đã được phân tách thành các thành phần với 2 nhóm chính gồm nhóm các điều kiện địa chất nền và nhóm các điều kiện môi trường tự nhiên và nhân sinh với 14 lớp thông tin được liệt kê tại Bảng 2.

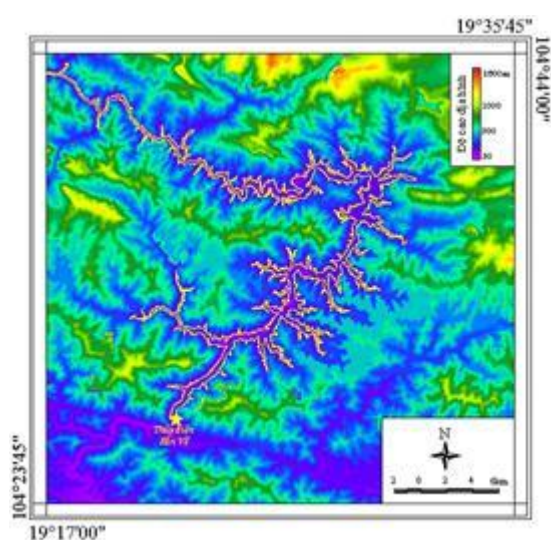
3.2.1. Nhóm yếu tố địa chất nền

Các yếu tố địa chất nền đóng vai trò quan trọng trong việc hình thành và phát triển của hiện tượng trượt lở và được tách ra thành nhóm riêng. Cụ thể, các yếu tố địa chất nền bao gồm thành phần đá gốc, cấu trúc và thể nằm của đá, chuyển động kiến tạo biểu hiện dưới dạng động đất các đứt gãy đang hoạt động, các điều kiện về địa chất thủy văn, địa chất công trình và quá trình phong hóa cũng như sản phẩm của nó là lớp thổ nhưỡng trên mặt. Trong đó, đặc điểm thạch học và vỏ phong hoá của khu vực là nguyên nhân địa chất chính liên quan đến tiềm năng phát sinh trượt lở đất đá, kết hợp với mưa lớn, gây nghẽn dòng và cung cấp nguồn vật liệu ban đầu cho dòng lũ. Ngoài ra, thể nằm của đá, vận động kiến tạo hiện đại, hoạt động của các đứt gãy gây ra các đới xung yếu dễ dẫn đến trượt lở. Các yếu tố địa chất ảnh hưởng đến trượt lở bao gồm: Thành phần đá gốc, cấu trúc và thể nằm của đá, chuyển động kiến tạo hiện đại, tính chất cơ lý và cấu tạo đá gốc, quá trình phong hoá. Đặc điểm địa chất công trình, địa chất thủy văn và kiểu vỏ phong hóa được phân thành các nhóm dựa trên các thành tạo địa chất (Văn, 2002; Phi, 2011).

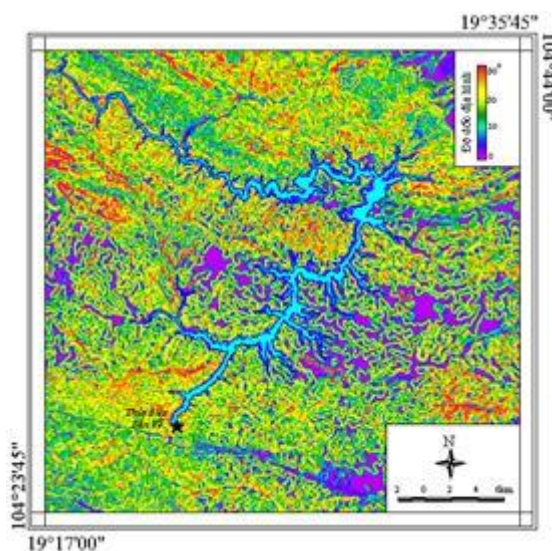
Bảng 2. Các thành phần môi trường và yếu tố ảnh hưởng liên quan đến tai biến trượt lở

Thành phần	Yếu tố ảnh hưởng	Nguồn số liệu	Tỷ lệ bản đồ
Điều kiện địa chất nền	1. Thành phần thạch học	Bản đồ địa chất	1:200.000, 1:50.000
	2. Cấu trúc kiến tạo	Bản đồ địa chất, ảnh viễn thám	1:200.000, 1:50.000

Điều kiện tự nhiên và nhân sinh	3. Vỏ phong hoá	Bản đồ địa chất	1:50.000
	4. Tính chất cơ lý của đất đá (ĐCCT)	Bản đồ địa chất, ĐCCT	1:50.000
	5. Khả năng chứa nước của đất đá (ĐCTV)	Bản đồ địa chất, ĐCTV	1:50.000
	6. Thành phần cơ giới đất	Bản đồ đất	1: 100.000
	7. Độ dày tầng đất	Bản đồ đất	1: 100.000
	8. Loại hình đất	Bản đồ đất	1: 100.000
	9. Độ cao địa hình	Bản đồ địa hình	1:50.000
	10. Độ dốc địa hình	Bản đồ địa hình	1:50.000
	11. Hướng dốc của địa hình	Bản đồ địa hình	1:50.000
	12. Hệ thống sông ngòi (nước trên mặt, nước mưa)	Bản đồ địa hình, ảnh viễn thám	1:50.000
	13. Lượng mưa	Trạm đo mưa vệ tinh	CFSR
	14. Hiện trạng sử dụng đất/thảm thực vật (chỉ số NDVI)	Bản đồ địa hình, ảnh viễn thám	1:50.000



a



Hình 3. a) Bản đồ độ cao địa hình và b) độ dốc địa hình khu vực nghiên cứu

3.2.2. Nhóm các yếu tố tự nhiên và nhân sinh

Yếu tố địa hình, trong đó cụ thể là độ dốc, độ cao và hướng dốc của sườn là nguyên nhân chính gây ra trượt lở. Các thống kê tại khu vực nghiên cứu cho thấy trượt lở thường xảy ra ở các khu vực địa hình có sườn dốc trên 25° (tập trung trong khoảng $30-45^{\circ}$). Ở các vùng địa hình có sườn dốc $16-25^{\circ}$, trượt lở xảy ra ít hơn và có quy mô nhỏ hơn, ở các vùng địa hình có sườn dốc nhỏ hơn 15° , trượt lở xảy ra rất ít và có nơi hầu như không xảy ra (Phái, 2011).

Yếu tố khí hậu - thủy văn cũng quan trọng như thành phần và tính chất của vật liệu mái dốc, là một trong số yếu tố chính khống chế việc xảy ra các chuyển động khối. Nước hầu như trực tiếp hay gián tiếp liên quan đến trượt lở. Vai trò của nước có thể thấy ngay là trong thực tế hầu hết các chuyển động khối nhanh đều xảy ra trong và sau thời gian mưa dữ dội. Nước có thể tương tác với vật liệu mái dốc theo các cách khác nhau. Một kết quả rõ ràng của việc bổ sung nước cho mái dốc là tăng trọng lượng của khối trượt tiềm ẩn, gây ra sự hóa lỏng của trầm tích giàu đất sét và làm giảm hệ số an toàn.

Mật độ sông suối ảnh hưởng đến hoạt động xâm thực của dòng chảy và phản ánh lượng nước thu nhận được do mưa bão. Mưa nhiều sẽ tạo dòng chảy mặt lớn gây xói lở, hình thành các bề mặt trượt nguy hiểm, gây nguy cơ tai biến địa chất và phát tán các chất gây ô nhiễm. Một phần lượng nước mưa được ngấm sâu vào lớp vỏ phong hoá và đới đá nứt nẻ, làm tăng khối lượng thể tích và làm giảm lực kháng cắt của đất đá, thậm chí có thể tạo ra tầng nước ngầm với áp lực thủy tĩnh và áp lực thủy động lớn đe dọa sự ổn định của đất đá. Đồng thời, mạng lưới sông suối tại các khu vực miền núi còn là nơi tích tụ dòng tạm thời với lưu lượng lớn khi xảy ra mưa bão, cộng với khả năng trượt lở làm nghẽn dòng, tăng nguy cơ gây tai biến lũ ống, lũ bùn đá cho vùng hạ lưu.

Mật độ thảm thực vật có ảnh hưởng lớn đến hiện tượng trượt lở. Thảm thực vật là nhân tố quan trọng trên các sườn dốc; bởi lẽ thảm thực vật là một màn chắn để hạn chế lượng mưa rơi trên các đỉnh dốc, tạo điều kiện thuận lợi cho sự thấm nước vào đất; Thực vật có hệ rễ tạo ra sự kết dính các vật liệu trên các sườn dốc. Bên cạnh đó, thảm thực vật cũng làm tăng thêm trọng lượng vào sườn dốc.

Bên cạnh đó, các hoạt động nhân sinh như hoạt động khai khoáng trực tiếp ảnh hưởng đến nguy cơ xảy ra tai biến như: làm giảm sức chống đỡ của sườn; các công trình xây dựng đường giao thông vào mỏ, mở moong khai thác làm thay đổi thể cân bằng sườn, cắt xén chân sườn dốc khi làm đường, bờ moong khai thác mỏ. Tăng tải trọng cho sườn dốc: Xây dựng các công trình có tải trọng lớn trên sườn, đóng quặng hoặc bãi thải mỏ trong khai thác khoáng sản; Chấn động do khai thác mỏ bằng phương pháp nổ mìn, hoạt động của các phương tiện cơ giới và việc dùng mìn phá đất đá mở đường.

Việc thay đổi dòng chảy, xây dựng hồ chứa đất đá thải làm thay đổi mực nước ngầm.

4. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

4.1. Kết quả tính toán trọng số cho các yếu tố ảnh hưởng

Dựa trên nguồn số liệu thu thập được trong vùng nghiên cứu gồm 223 vị trí trượt lở tại các moong khai thác, các vị trí có nguy cơ tại các bãi thải mỏ, khu vực hồ lắng đuôi quặng

đã được đưa vào để xây dựng bản đồ nguy cơ xảy ra tai biến và được xây dựng dưới dạng xác suất xảy ra tai biến. Xác suất tai biến trượt lở chính là khả năng xảy ra trượt lở tại một khu vực cụ thể nào đó dựa trên việc phân tích mối quan hệ giữa sự xuất hiện các điểm trượt lở với các yếu tố môi trường liên quan.

Xác suất trượt lở được tính toán bằng mô hình thống kê Bayes bằng cách tính các trọng số: Tỷ trọng thông tin dương (W+), tỷ trọng thông tin âm (W-) và độ tương phản Contrast (C). Trọng số của các lớp thông tin được tính toán theo mô hình Thống kê Bayes có giá trị biến đổi theo lý thuyết từ $-\infty$ đến $+\infty$ và được tính theo từng bậc số liệu của các lớp thông tin. Các bậc có giá trị trọng số > 0 là các bậc tập trung nhiều vị trí điểm trượt trên một đơn vị diện tích và ngược lại, các bậc có giá trị trọng số < 0 là các bậc có ít điểm trượt trên một đơn vị diện tích. Các giá trị trọng số này thể hiện mức độ quan trọng của từng bậc trong từng yếu tố (lớp thông tin).

Cũng tương tự như mô hình Thống kê Bayes, trọng số của các lớp thông tin được tính toán theo phương pháp Hệ số tin cậy có giá trị biến đổi theo lý thuyết từ -1 đến $+1$ và được tính theo từng bậc số liệu của các lớp thông tin. Các bậc có giá trị trọng số > 0 là các bậc tập trung nhiều vị trí điểm trượt trên một đơn vị diện tích và ngược lại, các bậc có giá trị trọng số < 0 là các bậc có ít điểm trượt trên một đơn vị diện tích. Các giá trị trọng số này thể hiện mức độ quan trọng của từng bậc trong từng yếu tố (lớp thông tin).

Kết quả tính toán các trọng số minh họa của một số lớp thông tin theo các phương pháp Hệ số tin cậy và mô hình thống kê Bayes được thể hiện tại Bảng 3.1 đến Bảng 6.3 như sau:

Bảng 3.1. Kết quả tính toán trọng số cho độ cao địa hình

Độ cao địa hình (m)	Diện tích (km ²)	Tỷ lệ (%)	Trọng số	
			Thống kê Bayes	Hệ số tin cậy
≤ 200	93,00	7,55	1,785	0,771
200-300	169,60	13,77	0,374	0,269
300-500	427,33	34,70	-0,484	-0,290
500-800	408,49	33,17	-1,015	-0,541
800-1000	100,85	8,19	-0,143	-0,124
> 1000	32,26	2,62	-0,680	-0,487
Tổng	1231,52	100		

Bảng 3.2. Kết quả tính toán trọng số cho độ dốc địa hình

Độ dốc địa hình (°)	Diện tích (km ²)	Tỷ lệ (%)	Trọng số	
			Thống kê Bayes	Hệ số tin cậy
0-10	265,46	21,56	0,151	0,110
10-20	219,84	17,85	-0,224	-0,171
20-30	331,98	26,96	-0,096	-0,069
30-40	304,40	24,72	0,021	0,016

40-50	89,93	7,30	0,277	0,225
> 50	19,92	1,62	-0,187	-0,168
Tổng	1231,52	100		

Kết quả tính toán các trọng số cho thấy các hoạt động trượt lở thường xảy ra tại các vị trí khai thác hoặc bãi thải, trùng với các bậc địa hình thấp, nằm ở mức độ cao dưới 300 m, nhiều vị trí khai thác sa khoáng, vật liệu xây dựng ven sông suối còn chịu ảnh hưởng của các hoạt động xói lở bờ của dòng chảy. Đối với yếu tố độ dốc địa hình, kết quả tính toán các trọng số cũng cho thấy mức độ tập trung các điểm trượt trong khoảng độ dốc địa hình dưới 10° và từ 30° đến 50° trong đó, các khu vực có độ dốc từ 40-50° có mức độ tập trung cao nhất, trùng với độ dốc trung bình của các vị trí khai thác sa khoáng, chiếm phần lớn các mỏ (5/8 mỏ) đang khai thác trong vùng. Các khu vực có độ dốc <10° chủ yếu là chân các sườn tầng hoặc bãi thải, nơi tập trung các vật liệu của khối trượt. Hướng dốc địa hình cũng cho thấy các điểm trượt phân bố tương đối đồng đều theo các hướng địa hình. Trong đó, hướng Đông, Nam và Tây Nam có mức độ tập trung các điểm trượt cao hơn tương đối so với các hướng khác. Đây cũng là các hướng chính bề mặt các moong khai thác, có độ phân cắt lớn tạo ra năng lượng địa hình lớn, thuận lợi cho trượt lở có nguồn gốc trọng lực.

Bảng 3.3. Kết quả tính toán trọng số cho hướng dốc địa hình

Hướng dốc địa hình	Diện tích (km ²)	Tỷ lệ (%)	Trọng số	
			Thống kê Bayes	Hệ số tin cậy
Bắc	144,02	11,69	-0,760	-0,502
Đông Bắc	135,56	11,01	-0,227	-0,185
Đông	142,16	11,54	0,213	0,170
Đông Nam	146,64	11,91	0,019	0,017
Nam	159,84	12,98	0,187	0,149
Tây Nam	144,48	11,73	0,157	0,128
Tây	140,79	11,43	-0,068	-0,059
Tây Bắc	137,16	11,14	-0,187	-0,155
Bằng phẳng	80,87	6,57	0,026	0,024
Tổng	1231,52	100		

Bảng 4.1. Kết quả tính toán trọng số cho mật độ đứt gãy

Mật độ đứt gãy (km/km ²)	Diện tích (km ²)	Tỷ lệ (%)	Trọng số	
			Thống kê Bayes	Hệ số tin cậy
≤ 0,1	1023,87	83,14	-0,220	-0,040
0,1-0,5	50,78	4,12	0,517	0,388
0,5-1	30,12	2,45	0,257	0,221
1-2	42,78	3,47	-0,105	-0,097

2-3	45,27	3,68	-0,322	-0,268
> 3	38,70	3,14	0,369	0,300
Tổng	1231,52	100		

Bảng 4.2. Kết quả tính toán trọng số cho yếu tố thảm thực vật (chỉ số NDVI)

Chỉ số NDVI	Diện tích (km ²)	Tỷ lệ (%)	Trọng số	
			Thông kê Bayes	Hệ số tin cậy
≤ 0,2	76,15	6,18	-0,239	-0,203
0,2-0,3	202,80	16,47	0,133	0,105
0,3-0,4	571,56	46,41	0,207	0,100
0,4-0,5	376,66	30,59	-0,273	-0,179
> 0,5	4,34	0,35	-0,004	-1,000
Tổng	1231,52	100		

Bảng 4.3. Kết quả tính toán trọng số cho yếu tố lượng mưa

Lượng mưa trung bình (mm/năm)	Diện tích (km ²)	Tỷ lệ (%)	Trọng số	
			Thông kê Bayes	Hệ số tin cậy
> 2500	177,05	14,38	-0,589	-0,408
2200-2500	350,55	28,46	-0,426	-0,276
2000-2200	369,61	30,01	-0,369	-0,238
1900-2000	218,62	17,75	0,368	0,254
≤ 1900	115,69	9,39	1,126	0,613
Tổng	1231,52	100		

Bảng 4.4. Kết quả tính toán trọng số cho yếu tố dòng chảy

Mật độ dòng chảy (km/km ²)	Diện tích (km ²)	Tỷ lệ (%)	Trọng số	
			Thông kê Bayes	Hệ số tin cậy
≤ 0,5	857,70	69,65	-1,296	-0,447
0.5-1	57,98	4,71	-0,422	-0,334
1-2	80,27	6,52	-0,204	-0,175
2-3	71,92	5,84	0,665	0,458
> 3	163,65	13,29	1,559	0,686
Tổng	1231,52	100		

Bảng 5.1. Kết quả tính toán tr

Thành tạo địa chất	
Trầm tích Đệ tứ: Cuội, sỏi, sạn, cát	
Hệ tầng Khe Bó: Cuội kết, sạn kết, đá phiến sét, sét than	
PhiaBioc, pha 3: Đá mạch aplit, pegmatit	
Phia Bioc, pha 1:Granodiorit, hornblende-biotit granite	
Hệ tầng Sông Mã, pha 1: Granit hornblend-biotit, granit porphyr	
Hệ tầng Đồng Trầu, trên: Bột kết, cát kết, đá phiến sét, sét vôi, đá vôi	
Hệ tầng Đồng Trầu, dưới: Cuội kết, cát kết, bột kết, phun trào acid	
Hệ tầng Bắc Sơn: Đá vôi phân lớp dày đến dạng khối	
Hệ tầng	
La Khê: Cuội kết, sạn kết, cá kết, đá silic, đá vôi	
Hệ tầng Nậm Tầm: Đá phiến sét, bột kết	
Hệ tầng Huổi Nhị: Đá phiến sét, sét sericit, cát kết, bột kết	
Hệ tầng Sông Cả, trên: Cát kết, s n kết, bột kết, đá phiến sét	
Hệ tầng Sông Cả, giữa: Đá phiến sericit, đá phiến thạch anh sericit, cát	
Hệ tầng Sông Cả, dưới: Đá phiến thạch anh sericit, ít quartzit	
Hệ tầng B	
Khạng: Đá phiến thạch anh-biotit, đá phiến mica	
Xâm nhập tuổi không xác định	
Tổng	

Bảng 5.2. Kết quả tính toán trọng số cho điều kiện ĐCCT

Điều kiện ĐCCT	Diện tích (km²)	Tỷ lệ (%)	Trọng số	
			Thống kê Bayes	Hệ số tin cậy
LKC1	11,74	0,95	-0,010	-1,000
LKC2	432,18	35,09	-0,601	-0,349
LKC3	20,36	1,65	-0,017	-1,000
LKC4	0,43	0,04	0,000	-1,000
LKC5	59,43	4,83	-0,793	-0,536
LKC6	704,88	57,24	0,801	0,236
BR	2,49	0,20	-0,002	-1,000
Tổng	1232	100		

Bảng 5.3. Kết quả tính toán trọng số cho điều kiện ĐCTV

Điều kiện ĐCTV	Diện tích (km²)	Tỷ lệ (%)	Trọng số	
			Thống kê Bayes	Hệ số tin cậy

CN1	5,43	0,44	-0,004	-1,00
CN2	498,30	40,46	-0,804	-0,424
KCN1	26,60	2,16	-0,892	-0,58
KCN2	701,19	56,94	0,862	0,249
Tổng	1231,52	100		

Bảng 5.4. Kết quả tính toán trọng số cho yếu tố vỏ phong hóa

Đặc điểm vỏ phong hoá	Diện tích (km ²)	Tỷ lệ (%)	Trọng số	
			Thống kê Bayes	Hệ số tin cậy
VPH1	2,51	0,2	-0,002	-1,00
VPH2	2,94	0,24	-0,002	-1,000
VPH3	53,65	4,36	-1,206	-0,692
VPH4	26,59	2,16	-0,892	-0,585
VPH6	1145,82	93,04	1,182	0,048
Tổng	1232	100		

Trong đó: LKC1: Trầm tích lục nguyên giàu aluminosilicat và lục nguyên - phun trào; LKC2: Trầm tích lục nguyên giàu thạch anh; LKC3: Trầm tích carbonat; LKC4: Magma siêu mafic, mafic; LKC5: Magma acid - trung tính; LKC6: Đá biến chất giàu aluminosilicat; BR: Trầm tích bờ rời; CN1: Nước lỗ hổng; CN2: Nước khe nứt và khe nứt karst; KCN1: Các thành tạo không chứa nước; KCN2: Các thành tạo địa chất nghèo nước; VPH1: Các trầm tích trẻ không phân chia; VPH2: Đá trầm tích lục nguyên giàu aluminosilicat và lục nguyên xen phun trào; VPH3: Đá trầm tích carbonat; VPH4: Đá magma acid, trung tính, kiềm; VPH6: Đá biến chất và trầm tích giàu thạch anh.

Thành phần đá gốc, các điều kiện địa chất công trình, thủy văn, kiến tạo cũng như lớp vỏ phong hóa đóng vai trò quan trọng trong việc hình thành nên điều kiện địa chất nền với các tính chất cơ lý khác nhau, ảnh hưởng đến sự phát triển quá trình trượt lở đất đá. Trong khu vực nghiên cứu, hiện tượng trượt lở xảy ra mạnh mẽ trên các đá thuộc hệ tầng Sông Cả trên và dưới gồm chủ yếu cát kết, sạn kết, bột kết, đá phiến sét và đá phiến thạch anh sericit. Ngoài ra, các đá thuộc phức hệ Phia Bioc tuy diện tích không lớn song cũng tập trung khá lớn số lượng các điểm trượt trên một đơn vị diện tích. Trong diện tích nghiên cứu, các hệ thống đứt gãy chính phát triển theo phương á vĩ tuyến hoặc TB-ĐN và ĐB-TN, trong đó hệ thống phương tây bắc - đông nam phát triển nhất với các đứt gãy lớn song song với hệ thống đứt gãy Sông Cả.

Theo các tài liệu địa chất công trình hiện có, đất đá trong vùng nghiên cứu được phân ra 2 lớp, lớp có liên kết cứng (đá cứng) và lớp không có liên kết (đất bờ rời). Mỗi lớp lại gồm một số nhóm đất đá thành tạo trong những điều kiện kiến tạo và cổ địa lý giống nhau và do vậy có những đặc điểm địa chất công trình giống nhau. Kết quả tính toán các giá trị theo các phương pháp thống kê cũng cho thấy hiện tượng trượt lở cũng tập trung khá mạnh trong các đá liên kết cứng thuộc nhóm 6 (LKC6), gồm chủ yếu là các đá biến chất giàu aluminosilicat, gồm các loại đá biến chất gồm đá phiến lục, đá phiến sericit clorit, đá phiến sericit, đá phiến thạch anh sericit. Đối với điều kiện ĐCTV, các giá trị tính toán từ các phương pháp đều cho thấy sự tập trung điểm trượt trong các tầng rất nghèo hoặc không chứa nước (KCN2) nằm trong diện phân bố của hầu hết các đá magma xâm nhập, các đá biến chất cổ hoặc các tầng trầm tích lỗ hổng giàu sét.

Bảng 6.1. Kết quả tính toán trọng số cho loại hình đất

Loại hình đất	Diện tích (km ²)	Tỷ lệ (%)	Trọng số	
			Thống kê Bayes	Hệ số tin cậy
Đất đỏ vàng trên đá sét	348,87	28,33	-0,141	-0,098
Đất mùn vàng hạt trên đá cát	4,98	0,40	0,802	0,550
Đất vàng nhạt trên đá cát	685,72	55,68	0,200	0,080
Đất mùn đỏ vàng trên đá sét	34,51	2,80	0,488	0,376
Đất vàng đỏ trên đá macma acid	125,23	10,17	-0,451	-0,339
Đất mùn vàng đỏ trên đá macma acid	22,24	1,81	0,299	-0,255
Đất đỏ vàng biến đổi do trồng lúa nước	9,97	0,81	-0,595	-0,447
Tổng	1231,52	100		

Bảng 6.2. Kết quả tính toán trọng số chiều dày tầng đất

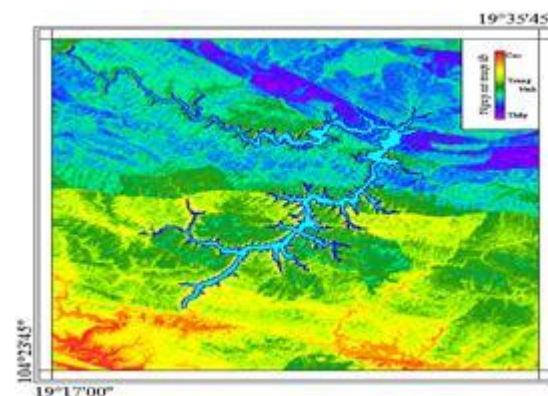
Chiều dày tầng đất	Diện tích (km ²)	Tỷ lệ (%)	Trọng số	
			Thống kê Bayes	Hệ số tin cậy
>100 cm	248,00	20,14	-0,940	-0,55
70-100	483,90	39,29	-0,265	-0,156
50-70	231,86	18,83	0,637	0,383
30-50	160,40	13,02	0,605	0,396
≤ 30 cm	107,36	8,72	-0,434	-0,332
Tổng	1231,52	100		

Bảng 6.3. Kết quả tính toán trọng số thành phần cơ giới đất

Thành phần cơ giới của đất	Diện tích (km ²)	Tỷ lệ (%)	Trọng số	
			Thống kê Bayes	Hệ số tin cậy
Thịt nhẹ	394,22	32,01	-0,071	-0,047
Thịt trung bình	837,30	67,99	0,071	0,022
Tổng	1231,52	100		

Từ Bảng 6.1, 6.2 và 6.3 cho thấy các điểm trượt lở tập trung chủ yếu trong tầng đất có chiều dày từ 30-70 cm, trên đất mùn vàng nhạt trên đá cát và đất mùn đỏ vàng trên đá sét. Về thành phần cơ giới đất, giá trị tính toán theo các phương pháp không cho thấy sự khác biệt giữa đất có thành phần là thịt nhẹ và thịt trung bình. Các kết quả tính toán cũng phù hợp với sự phân bố của các mỏ khai thác khoáng sản trong vùng chủ yếu là các mỏ sa khoáng, nằm trong vùng tích tụ của vỏ phong hóa và là nơi tập trung nguồn vật liệu do quá trình trượt lở gây ra.

Kết quả tích hợp từ trọng số của 14 lớp thông tin cho phép xây dựng thành các sơ đồ dự báo nguy cơ trượt lở tại vùng nghiên cứu được thể hiện tại Hình 4.



a

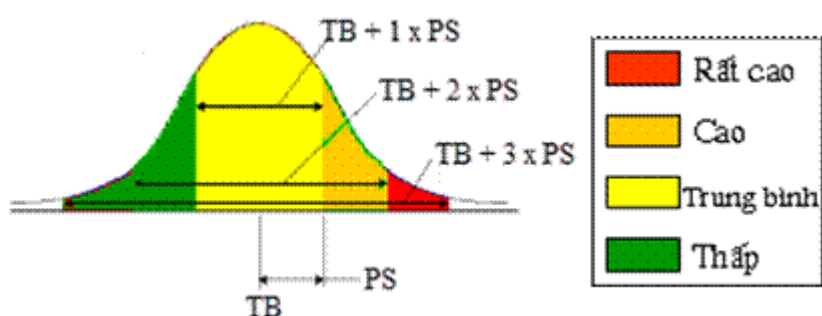
Hình 4. Sơ đồ dự báo nguy cơ trượt lở theo mô hình

4.2. Kết quả phân vùng tai biến trượt lở

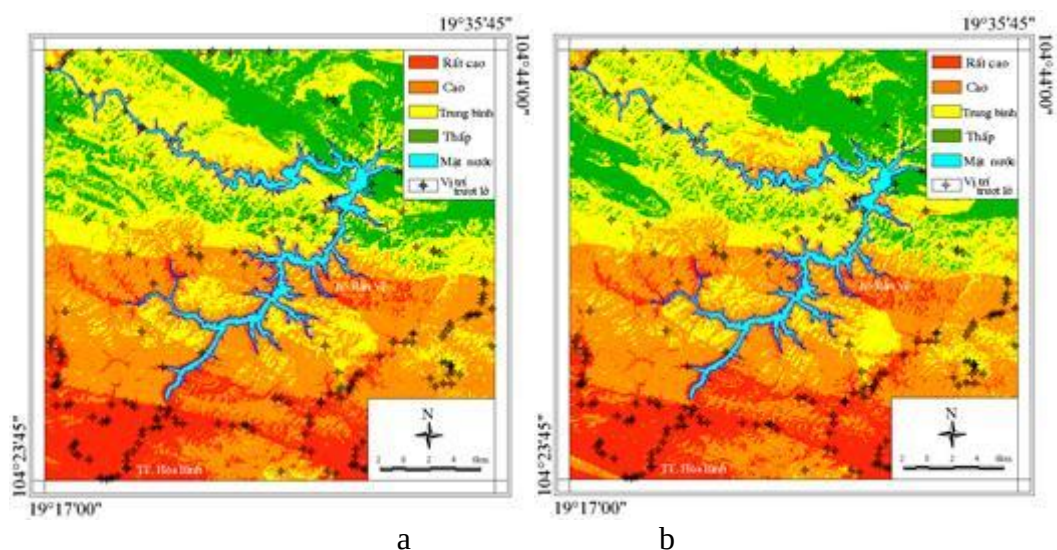
Để phân vùng nguy cơ xảy ra tai biến, dựa trên kết quả tính toán nguy cơ trượt lở theo cả phương pháp Hệ số tin cậy và mô hình thống kê Bayes, nguy cơ trượt lở tại khu vực nghiên cứu được phân ra thành 4 cấp dựa theo mô hình phân phối chuẩn dựa trên kết quả tính toán giá trị trung bình (TB) và phương sai (PS) như mô tả dưới Hình 5, 6 (Phú, 2014).

Kết quả tính toán thống kê số kết quả chồng ghép bản đồ và phân ngưỡng cho cả 2 phương pháp được trình bày trong Bảng 7. Dựa trên số liệu tính toán thực tế, các sơ đồ phân vùng dự báo tai biến trượt lở sau đó được phân ra thành các vùng như sau: Vùng có nguy cơ xảy ra trượt lở thấp; Vùng có nguy cơ xảy ra trượt lở trung bình; Vùng có nguy cơ xảy ra trượt lở cao; Vùng có nguy cơ xảy ra trượt lở rất cao.

Các ngưỡng số liệu cụ thể theo cả hai phương pháp được tổng hợp tại Bảng 7, 8 và 9 dưới đây:



Hình 5. Biểu đồ ngưỡng phân bậc theo phân phối chuẩn.



Hình 6. Kết quả phân bậc nguy cơ trượt lở theo mô hình Thống kê Bayes (a) và phương pháp Hệ số tin cậy (b).

Bảng 7. Ngưỡng phân bậc nguy cơ trượt lở tại khu vực nghiên cứu

		Thống kê		Phân bậc nguy cơ			
		TB	PS	Thấp	Trung bình	Cao	Rất cao
Phương pháp	Thống kê Bayes	3,59	2,21	< 1,38	1,38-3,59	3,59-5,80	> 5,80
	Hệ số tin cậy	1,43	0,89	< 0,54	0,54-1,43	1,43-2,32	> 2,32
Màu				Xanh	Vàng	Cam	Đỏ

Bảng 8. Bảng phân bậc nguy cơ trượt lở theo phương pháp Thống kê Bayes

Nguy cơ trượt lở	Diện tích (km ²)	Tỷ lệ (%)	Điểm trượt thực tế	Tỷ lệ (%)
Rất cao	201,69	16,38	109	48,88
Cao	370,93	30,12	57	25,56
Trung bình	397,24	32,26	42	18,83
Thấp	261,66	21,25	15	6,73
Tổng	1231,52	100	223	100

Bảng 9. Bảng phân bậc nguy cơ trượt lở theo phương pháp Hệ số tin cậy

Nguy cơ trượt lở	Diện tích (km ²)	Tỷ lệ (%)	Điểm trượt thực tế	Tỷ lệ (%)
Rất cao	199,39	16,19	110	49,33
Cao	351,05	28,51	51	22,87
Trung bình	432,78	35,14	53	23,77
Thấp	248,30	20,16	9	4,04
Tổng	1231,52	100	223	100

Dựa vào kết quả tính toán trọng số cho các yếu tố ảnh hưởng theo phương pháp Hệ số tin cậy, mô hình thống kê Bayes và kết quả phân bậc nguy cơ xảy ra tai biến trượt lở tại Hình 5 cho thấy khu vực phía nam và tây nam vùng nghiên cứu là nơi tập trung cao

các yếu tố ảnh hưởng đến nguy cơ trượt lở. Trên bản vẽ thể hiện rất rõ các khu vực có nguy cơ cao nhất thuộc sông Lam, phần hạ lưu của thủy điện Bản Vẽ, là dòng chảy chính của thủy điện Bản Vẽ và các suối Chà Hạ, Nậm Nhọng thuộc các xã Yên Na, Lương Minh, Xá Lượm. Đối với khu vực lòng hồ, nguy cơ cao nhất tập trung tại khu vực suối Vĩ, suối Cắt, suối Cà Mong, suối Mực thuộc các xã Kim Đa, Kim Tiến. Ở phía bắc, khu vực có nguy cơ trượt lở trung bình tập trung chạy dọc theo dòng Nậm Nơn đoạn đi qua phần phía đông xã Luân Mai và phía tây xã Hữu Dương.

Các khu vực tập trung cao các yếu tố gây trượt lở nằm về phía nam và tây nam vùng nghiên cứu, thuộc khu vực hạ lưu của hồ thủy điện Bản Vẽ. Các khu vực dọc theo các suối đổ vào hồ thủy điện thuộc các xã Kim Đa, Kim Tiến cũng có nguy cơ trượt lở từ trung bình đến cao. Đây chính là các khu vực cần được chú ý do hiện tượng trượt lở có khả năng gây bồi lấp dòng chảy và tạo thành các đập tạm thời. Khi có một lượng nước lớn tích lũy sau mưa có khả năng gây ra các dòng lũ bùn đá, tàn phá cơ sở hạ tầng cũng như đe dọa đến sự an toàn của cư dân sống dọc các thung lũng suối, đồng thời mang một lượng lớn vật liệu trầm tích, gây bồi lắng cho hồ thủy điện.

Kết quả tính toán từ mô hình Thống kê Bayes và phương pháp Hệ số tin cậy có độ chính xác cao, tương ứng với 89,7% và 91,0%. Dựa trên kết quả phân vùng, trên 70% các điểm trượt đã biết nằm trong các khu vực được xếp loại có nguy cơ cao đến rất cao.

Kết quả nghiên cứu cho thấy việc đánh giá các điều kiện địa chất, điều kiện tự nhiên cũng như nhân sinh, đặc biệt là những yếu tố bất lợi có khả năng gây ra tai biến địa chất (trượt lở) cần phải được tiến hành chu đáo nhằm có được hiểu biết đầy đủ trước khi triển khai các dự án cơ sở hạ tầng (Saaty, 1980; Xiang Huang, 2010). Việc khảo sát tai biến, nghiên cứu xác định nguyên nhân, hiện trạng và phân vùng dự báo tai biến địa chất phải được coi là một phần quan trọng, không thể thiếu trong quá trình phát triển cơ sở hạ tầng, hướng tới sự phát triển bền vững về kinh tế - xã hội cũng như môi trường (Huệ, 2004).

Các công tác nghiên cứu tiếp theo cần được tiến hành gồm mở rộng kết quả nghiên cứu cho các dạng tai biến địa chất khác như lũ quét, lũ bùn đá, xói mòn các khu vực ven sông, suối (Lại Huy Anh, 2010). Đồng thời, các nghiên cứu sâu hơn với nguồn dữ liệu phân bố trượt lở thu thập theo thời gian có thể giúp cải thiện mô hình và xây dựng mô hình chính xác hơn. Đồng thời có thể tính toán được độ rủi ro cũng như xác suất xảy ra trượt lở trong một khoảng thời gian nhất định.

5. Kết luận

Các tai biến môi trường nói chung và các dạng tai biến trượt lở liên quan hoạt động khai thác khoáng sản nói riêng tại nước ta ngày càng diễn biến phức tạp với cường độ ngày càng mạnh mẽ. Kết quả nghiên cứu trong một số công trình trước đã chỉ rõ các dạng tai biến trượt lở liên quan khai thác khoáng sản chủ yếu bao gồm sạt lở sườn tầng khai thác, bãi thải, sự phá vỡ các hồ chứa quặng đuôi.

Kết quả áp dụng các phương pháp tính toán định lượng vào nghiên cứu cho thấy khả năng lượng hóa các thông số và kết quả tính toán về nguy cơ xảy ra tai biến trượt lở bảo đảm độ tin cậy cao. Kết quả nghiên cứu đã chỉ rõ nguy cơ tai biến trượt lở liên quan đến các hoạt động khai thác khoáng sản tại vùng Tương Dương là khả năng xảy ra trượt lở tại các sườn tầng khai thác và các vị trí đổ thải cũng như nguy cơ xảy ra lũ bùn đá khi có sự cổ vỡ các đập quặng đuôi. Các thông số về địa chất, điều kiện địa hình, địa chất thủy văn, địa chất công trình, vỏ phong hóa cũng như các điều kiện nhân sinh... có thể

được lượng hoá thông qua các phương pháp toán thống kê, tuy nhiên, kết quả phân tích cũng cho thấy được mức độ ảnh hưởng là khác nhau của từng thành phần.

Kết quả nghiên cứu cũng cho phép xác định được các khu vực có nguy cơ cao xảy ra tai biến trượt lở dựa trên các mô hình tính toán định lượng. Cụ thể, kết quả nghiên cứu được thực hiện với việc áp dụng các mô hình thống kê (mô hình Bayes, Hệ số tin cậy) phục vụ đánh giá nguy cơ trượt lở do nguồn số liệu trượt lở liên quan đến các hoạt động khai thác và vận chuyển khoáng sản là khá nhiều, đủ để phục vụ việc tính toán thống kê.

Văn liệu

Lại H. Anh, Mai T. Thông, Tống P. Tuấn, 2010. Đánh giá thực trạng và đề xuất giải pháp ngăn ngừa, hạn chế tác hại lũ ống, lũ quét trên địa bàn tỉnh Nghệ An. *Viện khoa học và công nghệ Việt Nam, Hà Nội.*

Bonham-Carter G.F, 1996. Geographic information systems for geoscientists, modeling with GIS. *Pergamon Press, Oxford, 398p.*

Lê T. Dũng, 1995. Báo cáo nghiên cứu cấu trúc địa chất và lịch sử phát triển kiến tạo của vùng Sông Cả.

Nguyễn Cần, Nguyễn Đ. Hòe, 2005. Tai biến môi trường. *Nxb Đại học Quốc gia Hà Nội.*

Dovjicov A.E. và nnk, 1965. Địa chất miền Bắc Việt Nam. *Nxb Khoa học Kỹ thuật, Hà Nội.*

Fabbri A.G. and Chung C.F, 2001. Spatial support in landslide hazard prediction based on map overlays. *Proc. IAMG 2001, International Association for Mathematical Geology Annual Meeting, Cancun, Mexico.*

Nguyễn V. Hoành (Chủ biên), 1995. Bản đồ địa chất và khoáng sản Việt Nam 1:200.000 tờ Xiêng Khoảng - Tương Dương. *Lưu trữ Địa chất. Hà Nội.*

Nguyễn Phương, Nguyễn Q. Phi, Nguyễn P. Đông, 2013. Nghiên cứu tai biến địa chất liên quan đến hoạt động khai thác khoáng sản các tỉnh Tây Nguyên và khu vực miền Trung. *TC Công nghiệp mỏ 6, p.13-16. Hà Nội.*

Nguyen Q. Phi, Nguyen Phuong, Nguyen T. Hoa, Nguyen T. Phu, 2014. GIS and remote sensing for geohazard assessment and environmental impact evaluation of mining activities at Quỳnh Hợp, Nghệ An, Vietnam. *In GeoInformatics for Spatial-Infrastructure Development in Earth & Allied Sciences GIS-IDEA 2014, Danang, Vietnam, p.203-208.*

Nguyễn T. Hòa, Nguyễn Q. Phi, Nguyễn T. Phú, Nguyễn M. Lân, 2015. Nguy cơ tai biến môi trường do hoạt động khai thác khoáng sản khu vực Quỳnh Hợp, Nghệ An. *Tuyển tập Báo cáo Hội nghị khoa học 70 năm Địa chất và tài nguyên Việt Nam, Hà Nội, p.281-288. Số ISBN: 978-604-913-413-5.*

Nguyễn Q. Phi, 2011. Áp dụng một số phương pháp toán nghiên cứu các yếu tố nguy cơ và phân tích tai biến trượt lở trên một số tuyến đường giao thông tỉnh Lào Cai. Báo cáo đề tài cơ sở. *Trường ĐH Mỏ - Địa chất, Hà Nội.*

Nguyễn T. Phú, 2014. Đánh giá tai biến môi trường liên quan hoạt động khai thác khoáng sản vùng Quỳnh Hợp, Nghệ An. Luận văn thạc sỹ. *Trường ĐH Mỏ - Địa chất, Hà Nội, 122 trang.*

Nguyễn T. Yêm (Chủ biên), 2005. Nghiên cứu xây dựng bản đồ phân vùng tai biến tai biến môi trường tự nhiên lãnh thổ Việt Nam. Báo cáo tổng kết đề tài KC-08-01. *Viện Địa chất. Hà Nội.*

Rybicka E.H, 1996. Impact of mining and metallurgical industries on the environment in Poland. *University of Mining and Metallurgy, Cracow, Poland.*

Saaty T.L, 1980. The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation. NY, *McGraw Hill.*

Trần T. Huệ (Chủ biên), 2004. Báo cáo Nghiên cứu đánh giá tổng hợp các loại hình tai biến địa chất trên lãnh thổ Việt Nam và các giải pháp phòng tránh. Đề tài độc lập cấp nhà nước. *Lưu trữ Viện Địa chất, Viện KH&CN Việt Nam, Hà Nội.*

Trần V. Tri, Vũ Khúc (Đồng Chủ biên), 2009. Địa chất và Tài nguyên Việt Nam. *Nxb Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, 580tr. Hà Nội.*

Trần T. Văn, 2002. Báo cáo “Đánh giá tai biến địa chất ở các tỉnh ven biển miền Trung từ Quảng Bình đến Phú Yên”. *Lưu trữ Viện Khoa học Địa chất và khoáng sản. Hà Nội.*

Xiang Huang, Mika Sillanpää, Egil T. Gjessing, Sirpa Peräniemi, Rolf D. Vogt, 2010. Environmental impact of mining activities on the surface water quality in Tibet. *Science of Total Environment.*