

GIẢI PHÁP ỨNG PHÓ TRƯỢT ĐẤT ĐÁ TẠI KHU VỰC DÂN CƯ VÀ NƠI CÓ CÔNG TRÌNH TẬP TRUNG ĐÔNG NGƯỜI Ở VÙNG NÚI



Strategies for Mitigating Landslides in Mountainous Residential Areas and High-Density Occupied Facilities



GS.TS. Nguyễn Đức Mạnh¹,
ThS. Lê Anh Đức, ThS. Nguyễn Đình Dũng¹

Tóm tắt: Trượt đất đá là một trong những loại hình tai biến địa chất phức tạp, phổ biến, trực tiếp hoặc gián tiếp gây thiệt hại lớn về người cũng như tài sản. Những năm gần đây, hiện tượng trượt đất ở vùng núi nước ta diễn biến phức tạp, có xu thế gia tăng về số số trận, đa dạng loại hình và quy mô khối trượt, gây thiệt hại rất lớn đối với nhiều địa phương trên cả nước. Bài báo này trình bày tóm tắt cơ sở lý thuyết trượt đất, đặc điểm chung trượt đất và hiện tượng nứt đất tại một số khu vực sườn dốc có dân cư sinh sống hay cơ quan cũng như trường học tại một số nơi ở vùng núi, khái quát chung các giải pháp ứng phó trượt đất để từ đó đề xuất hướng ứng xử phù hợp nhằm giảm nhẹ thiệt hại về người cũng như tài sản tại các khu vực có ảnh hưởng.

Từ khóa: Trượt đất đá, tai biến địa chất, giải pháp ứng phó, vùng núi.

Abstract: Landslides are among the most complex and prevalent geological hazards, resulting in significant direct and indirect casualties and socio-economic losses. Recently, landslide activities in the mountainous regions of Vietnam have intensified, characterized by increased frequency, diverse failure mechanisms, and expanding scales, posing severe threats to numerous localities. This paper presents a theoretical framework for landslide mechanisms and investigates the general characteristics of slope instability and ground fissuring in critical areas, including residential clusters, administrative offices, and educational

facilities. By synthesizing existing mitigation strategies, the study proposes systematic response frameworks and adaptive measures. The findings aim to provide a scientific basis for risk reduction, ultimately minimizing human and property damage in highly vulnerable mountainous regions.

Keywords: Landslides, Geological hazards, Mitigation strategies, Mountainous regions.

Nhận bài ngày 20/01/2026, chỉnh sửa ngày 10/02/2025, chấp nhận đăng ngày 25/03/2026.

I. MỞ ĐẦU

Sự xuất hiện các vết nứt đất trên bề mặt sườn dốc là biểu hiện ban đầu của quá trình trượt đất đá của với các khối trượt có tốc độ dịch chuyển chậm đến cực kỳ chậm [1,2]. Chúng phát sinh liên quan khi đỡ tải quy mô lớn như đào nền đường, đào sườn hay chân dốc tạo mặt bằng xây dựng, chất tải trên sườn hay đỉnh dốc... thiếu kiểm soát, cũng có thể được kích hoạt bởi mưa lớn, mưa kéo dài khiến đường bão hòa dâng và áp lực nước lỗ rỗng tăng ở các nơi có địa hình và địa chất nhạy cảm trượt.

Vấn đề nêu trên trở nên phức tạp hơn với một số tỉnh miền núi phía Bắc như Sơn La, Lai Châu, Điện Biên, Cao Bằng, Lào Cai và Yên Bái cũ hiện nay, những nơi chịu thiệt hại nặng nề bởi đợt mưa lớn từ hoàn lưu bão số 3 vào tháng 9 năm 2024, hay mùa mưa 2025 vừa qua. Từ thực trạng một số vị trí khu dân cư hay công trình tập trung đông người tại vùng

nguy cơ cao chịu ảnh hưởng trực tiếp bởi trượt đất đá, hay trong phạm vi khối trượt lớn trên địa bàn một số tỉnh miền núi, nhóm tác giả phân tích đặc điểm về quá trình cũng như hiện tượng trượt đất đá, đề xuất các hướng giải pháp ứng phó phù hợp. Dù chưa phải giải pháp đề xuất cụ thể cho từng vị trí, song, các phân tích trong bài viết này góp phần bổ sung cơ sở khoa học gắn với thực tiễn, với cách tiếp cận hài hòa và phù hợp thực tế nguồn lực địa phương, từng bước khắc phục hậu quả thiệt hại do mưa lũ trong thời gian tới tại các khu vực miền núi nước ta.

II. VẬT LIỆU NGHIÊN CỨU

2.1. Quá trình trượt đất đá

Trượt đất đá (landslide) là quá trình dịch chuyển khối vật liệu đất đá từ đỉnh hay sườn dốc xuống chân dốc dưới tác động của trọng lực, xảy ra trên các sườn dốc không ổn định. Quá trình này xảy ra khi ứng suất cắt (shear stress) trong đất đá vượt quá sức kháng cắt (shear strength) của vật liệu tại mặt trượt. Nó có thể xảy ra đột ngột hoặc kéo dài theo thời gian, phụ thuộc vào đặc điểm địa chất, điều kiện môi trường và các yếu tố kích hoạt. Tập trung chính để phân tích ở đây loại hình trượt chậm đến rất chậm, với qui mô trung bình tới lớn [2,5, 13].

2.1.1. Phân loại trượt theo quy mô khối đất đá trượt

Cruden và Varnes (1996) [1] cho rằng, khi khối trượt có thể tích 10000 – 1000000m³ ảnh hưởng nghiêm trọng đến cơ sở hạ tầng và môi

¹ Bộ môn Địa kỹ thuật, khoa Công trình, trường ĐH Giao thông Vận tải
Email: nguyenducmanh@utc.edu.vn

trường khu vực được xếp loại trượt lớn (Large slide); trượt rất lớn khi $> 1000000\text{m}^3$; và khi có thể gây thiệt hại cục bộ với thể tích $1000 - 10000\text{m}^3$ được xếp loại qui mô trung bình. Quan điểm khác (Hungry, O. và cộng sự, 2014) [2], khi khối đất đá trượt gây tác động ở mức độ khu vực, có thể đe dọa đến tính mạng con người, được xếp loại trượt trung bình và tương ứng $1000 - 100000\text{m}^3$ đất đá; trượt lớn khi khối đất đá trượt gây thiệt hại nghiêm trọng, có thể làm thay đổi địa hình và tương ứng thể tích $100000 - 1000000\text{m}^3$, còn khi $> 1000000\text{m}^3$ được gọi là trượt khổng lồ (Giant slide).

2.1.2. Phân loại trượt theo tốc độ dịch chuyển khối đất đá

Khi xem xét tốc độ dịch chuyển (tốc độ trượt), Varnes D. J. (1978) [5] cho rằng, trượt chậm (Slow) khi tốc độ $0.1 - 10\text{mm/ngày}$ và dịch chuyển có thể đo đạc nhưng khó nhận biết, còn kiểu rất chậm (Extremely slow) khi tốc độ $< 0.1\text{mm/ngày}$ thì khi đó hầu như không thể quan sát được dịch chuyển bằng mắt thường. Theo Keefer (1984) [7], trượt chậm khi tốc độ dịch chuyển khối đất đá $1\text{mm/tháng} - 1\text{m/năm}$, và rất chậm chúng là các chuyển động dài hạn ở sườn dốc có tốc độ $< 1\text{mm/tháng}$.

2.1.3. Các yếu tố ảnh hưởng trượt đất đá

Về cơ bản, có thể tổng hợp thành hai nhóm yếu tố ảnh hưởng đến trượt đất đá gồm nội tại (Intrinsic factors) và ngoại cảnh (Extrinsic factors). Nhóm nội, tại theo Terzaghi (1950) [9] có thể có kể tới gồm: (i) Địa chất (loại đất đá, cấu trúc địa tầng, và mức độ nứt nẻ phong hóa); (ii) Đặc tính cơ học khối đất đá (độ bền cắt, tính thấm, và khả năng chịu tải); (iii) Địa hình (độ dốc, hướng dốc, và chiều dài sườn dốc). Các yếu tố ngoại cảnh như Keefer (1984) [10] liệt kê có: (i) Mưa lớn, dẫn tới tăng trọng lượng khối đất đá, sự thấm nước vào sườn dốc làm gia tăng áp lực lỗ rỗng và giảm ứng suất có hiệu khi đó dẫn tới giảm sức kháng cắt; (ii) Động đất gây rung động và làm giảm sự ổn định của mái dốc; (iii) Hoạt động nhân sinh (đào, đắp, xây dựng, hoặc phá rừng, canh tác nông nghiệp hay nuôi thủy sản trên sườn hoặc đỉnh dốc...).

2.1.4. Quá trình trượt đất đá

Quá trình trượt, mà ở đây xem xét các vị trí xuất hiện vết nứt đất nhưng chưa có dự dịch chuyển trượt khỏi vị trí ban đầu của chúng, để nhận diện với loại hình trượt chậm đến rất chậm, dịch chuyển không liên tục và tùy yếu tố kích hoạt khi mưa mùa. Về cơ bản, gồm các giai đoạn chính như sau:

* *Giai đoạn 1: Giai đoạn khởi đầu, giai đoạn tiền trượt (Preparation phase, Pre-failure stage)*

Cruden và Varnes (1996) [1,13] cho rằng, đây là giai đoạn tích tụ hay tích lũy ứng suất và biến dạng trong khối đất đá. Các yếu tố như mưa lớn, động đất, hoặc tác động nhân tạo (đào, đắp, xây dựng) có thể làm giảm sự ổn định của sườn dốc. Quá trình này thường diễn ra chậm và có thể được phát hiện qua các dấu hiệu như vết nứt trên bề mặt, biến dạng địa hình, hoặc thấm và thoát nước bất thường từ trong khối đất đá. Suy giảm độ bền cắt của đất đá vùng có xu thế định hình mặt dịch chuyển bởi nước và biến dạng khối. Trong giai đoạn này, Hutchinson (1988) [8] nhấn mạnh vai trò của các yếu tố ngoại sinh và nội sinh trong việc chuẩn bị dịch chuyển trượt.

* *Giai đoạn 2: Giai đoạn trượt, hay giai đoạn dịch chuyển (Failure stage/ Movement Phase)*

Theo Varnes (1978) [5], các biến dạng tiếp tục tích lũy đến mức đạt ngưỡng mà ma sát trong hoặc lực dính đơn vị của đất đá không còn đủ để giữ ổn định, chúng diễn ra khi sức kháng cắt của đất đá bị vượt qua bởi ứng suất cắt, dẫn đến sự dịch chuyển của khối trượt. Tốc độ và quy mô của giai đoạn này phụ thuộc vào đặc điểm vật liệu đất đá và điều kiện kích hoạt. Ở giai đoạn này, năm 1996 Cruden và Varnes [1] đã phân loại tốc độ dịch chuyển và mô tả chi tiết cơ chế trượt.

* *Giai đoạn 3: Giai đoạn sau trượt (Post-failure stage)*

Giai đoạn sau trượt này, theo Hutchinson (1988) [8], khối trượt đạt trạng thái cân bằng mới hoặc tiếp tục dịch chuyển chậm hay rất chậm trong một thời gian dài, cũng có thể ổn định. Có thể xảy ra sự tái kích hoạt nếu điều kiện môi trường thay đổi, chẳng hạn như mưa lớn bất thường hoặc sự rung động đủ mạnh từ động đất.

Các nghiên cứu sau này của Glade và Crozier (2005) [3] tổng hợp các trường hợp trượt đất lớn trên thế giới và nhấn mạnh các điều kiện dẫn đến ngừng dịch chuyển trượt (Termination Phase). Khối trượt đạt trạng thái ổn định dài hạn hoặc ngừng dịch chuyển hoàn toàn do cân bằng lực hay mô men được tái thiết lập, khi đó không còn dịch chuyển đáng kể hoặc chỉ có những thay đổi rất nhỏ.

2.2. Khái quát về giải pháp ứng phó trượt đất

Để có thể giảm thiểu thiệt hại về người và tài sản tại khu vực nguy cơ ảnh hưởng trực tiếp trượt đất đá, thường được chia thành ba nhóm

giải pháp chính: (a) Kỹ thuật; (b) Quản lý và quy hoạch; và (c) Nâng cao nhận thức cộng đồng.

2.2.1. Nhóm giải pháp kỹ thuật

* *Gia cố sườn dốc và kiểm soát ổn định* (Varnes D.J., 1978; Hutchinson J. N., 1988) [5], [8]: Xây dựng các công trình chống đỡ (tường chắn, cọc khoan nhồi, cọc thép...); tăng cường thoát nước sâu để giảm áp lực lỗ rỗng trong đất; sử dụng các phương pháp gia cố khối đất đá (neo đất, đỉnh đất, cọc, bơm vữa xi măng gia cố...).

* *Giảm tải hoặc thay đổi hình dạng sườn dốc* (Cruden D. M. và Varnes D. J., 1996) [1]: Đào hạ cấp, tạo cấp hay làm thoải sườn dốc bằng việc đào cắt bớt đất đá ở phần trên sườn dốc hoặc đắp thêm vật liệu ổn định ở chân dốc để giảm trọng lượng khối đất đá, giảm chênh cao sườn dốc, cũng đồng nghĩa giảm tăng lực hay mô men giữ (cản) khi đó giảm nguy cơ dịch chuyển trượt.

* *Cảnh báo sớm và giám sát dịch chuyển* (Glade T. và Crozier M. J., 2005) [3]: Việc lắp đặt hệ thống cảm biến đo nghiêng, đo biến dạng hoặc áp lực nước lỗ rỗng trong khối đất đá nguy cơ dịch chuyển... cho phép giám sát "hoạt động" của khối trượt; hiện nay còn có thể sử dụng công nghệ viễn thám (InSAR - Interferometric Synthetic Aperture Radar, LiDAR - Light Detection and Ranging, ảnh hàng không phân giải cao - UAV/Drone), công nghệ GIS hay công nghệ trắc địa và định vị (GNSS thời gian thực, GB-InSAR - Ground-based InSAR, RTS - Robot Total Station)... để theo dõi và giám sát vùng đất nguy cơ trượt hay biến dạng [14,15,16,17].

2.2.2. Nhóm giải pháp quản lý và quy hoạch

* *Di dời dân cư khỏi vùng nguy hiểm* (Keefer D. K., 1984) [7]: Đánh giá và phân vùng nguy cơ, vùng rủi ro thậm chí vùng ảnh hưởng trực tiếp trượt đất đá để lập bản đồ chi tiết các khu vực nguy hiểm; khi nguy cơ trượt đất đá không thể kiểm soát, di dời dân cư ra khỏi vùng nguy cơ cao đến các khu vực an toàn hơn.

* *Hạn chế hoạt động xây dựng* (Terzaghi K., 1950; Highland L. M. và NNK., 2008) [9], [11]: Cần có hành lang pháp lý mạnh, quy định chặt chẽ về hoạt động xây dựng và sử dụng đất tại vùng nguy cơ trượt, bao gồm hạn chế các công trình xây dựng lớn hoặc khai thác tài nguyên thậm chí cả hoạt động sản xuất nông nghiệp; tăng cường mật độ che phủ thực vật nhiều tầng.

* *Quy hoạch sử dụng đất* (Fell và NNK., 1995) [4]: Đưa ra quy hoạch khai thác sử dụng tài nguyên đất phù hợp với điều kiện địa chất, bao gồm tạo vùng đệm hoặc bảo vệ rừng đầu nguồn đủ an toàn để giảm nguy cơ gây trượt.

2.2.3. Nhóm giải pháp nâng cao nhận thức cộng đồng

* *Tuyên truyền và giáo dục* (Glade T. và Crozier M. J., 2005) [3]: Đào tạo cộng đồng về nhận biết dấu hiệu tiền trượt (vết nứt, biến dạng mặt đất, thay đổi dòng thấm nước xuất lộ). Cung cấp hướng dẫn về cách ứng phó khi xảy ra trượt đất đá.

* *Kế hoạch sơ tán và ứng phó khẩn cấp* (Cruden D. M. và Varnes D. J., 1996) [1], [12]: Xây dựng kế hoạch ứng phó khẩn cấp, bao gồm lộ trình sơ tán và các điểm tập trung an toàn được thiết lập trước. Nâng cao nhận thức và kỹ năng ứng phó, thậm chí kỹ năng sinh tồn của người dân thông qua tập huấn và tổ chức các buổi diễn tập định kỳ.

* *Hỗ trợ cộng đồng phục hồi sau thiên tai* (Keefer D. K., 1984) [10]: Cung cấp hỗ trợ về các nhu yếu phẩm, tài chính và kỹ thuật để người dân tái thiết cuộc sống trong trường hợp bị ảnh hưởng nặng nề sau sự cố trượt đất đá.

KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Trượt và nứt đất khu dân cư hay công trình tập trung đông người ở miền núi và hướng ứng phó

Thông thường, sau những đợt mưa lũ lớn hoặc kéo dài, diễn hình như tháng 9/2024 đã “kích hoạt sụt trượt đất đá” trên diện rộng ở hàng loạt tỉnh Lào Cai và Yên Bái cũ, Cao Bằng, Lai Châu, Điện Biên, Hà Giang... Diễn hình như vụ trượt đất đá tại Ca Thành (Cao Bằng), trượt làm phát sinh lũ bùn đá ở Làng Nủ (Lào Cai cũ). Ngoài sụt trượt, hiện tượng nứt đất trên bề mặt sườn đồi núi xuất hiện phổ biến, nhiều nơi trong số đó là khu dân cư, trường học, UBND xã hay bệnh viện.

Từ kết quả khảo sát và các nguồn tài liệu thu thập được, cho phép tổng hợp thành 3 kiểu chính về trượt đất đá hay nứt đất tiềm ẩn nguy cơ mất an toàn tới khu dân cư hay nơi tập trung đông người gồm: (i) Trượt, nứt đất tại mặt bằng khu dân cư, trường học hay cơ quan – Kiểu 1; (ii) Trượt, nứt đất sườn dốc ngay sau hay ngay phía trên khu dân cư, trường học hay cơ quan – Kiểu 2; (iii) Trượt, nứt đất sườn dốc phía trên khu dân cư, trường học hay cơ quan với một khoảng cách nhất định – Kiểu 3.

(1) *Kiểu 1*: Thuộc kiểu này, nứt đất hay trượt đất đá trực tiếp đe dọa tới mất an toàn đến người đang sinh sống hay sinh hoạt làm việc, nguy cơ trực tiếp gây mất ổn định các công trình xây dựng. Phổ biến quy mô trung bình, kiểu trượt đất đá hỗn hợp. Ví dụ như trên địa bàn Cao Bằng xuất hiện tại trường Tiểu học Ca Thành, xóm Lũng Nọi và Lũng Luông (huyện

Nguyên Bình cũ); tại trường PTDT nội trú Nậm Ban (huyện Nậm Nhùn cũ) của tỉnh Lai Châu;...



Hình 1. Trượt và nứt mặt nền trường tiểu học Ca Thành



Hình 2. Trượt đất xóm Lũng Nọi (nguồn UBND huyện Nguyên Bình cũ)

(2) *Kiểu 2*: Kiểu này, nứt đất hay sụt trượt sườn đồi núi là ta luy dương nằm ngay sau các công trình, đường di chuyển khối đất đá khi trượt tới đối tượng chịu ảnh hưởng gần và trực tiếp đe dọa an toàn cho người đang sinh sống hay sinh hoạt làm việc, trực tiếp gây mất ổn định công trình xây dựng. Phổ biến quy mô trung bình đến lớn, loại hình trượt đất đá hỗn hợp thường phổ biến ở kiểu này. Thuộc kiểu này, có thể kể một số ví dụ điển hình như ở tỉnh Lào Cai cũ, xuất hiện trượt tại trường PTDTBT THCS xã Sán Chải, sườn dốc ta luy dương ĐT153 tại thị trấn Si Ma Cai có đông dân cư (huyện Si Ma Cai cũ), hay ở Cao Bằng như tại khu dân cư chợ Bảo Lạc (thị trấn Bảo Lạc), điểm trường học và cụm dân cư trên QL34 tại Hồng Trị huyện Bảo Lạc cũ, khu dân cư và bệnh viện thị trấn Tĩnh Túc hay khu dân cư Km183+500 – QL34 (huyện Nguyên Bình cũ);...



Hình 3. Nứt đất sườn dốc ngay trên khu dân cư tại chợ Bảo Lạc



Hình 4. Nứt đất sườn dốc ngay trên điểm trường và khu dân cư QL34 ở Hồng Trị

(3) *Kiểu 3*: Ở kiểu này, nứt đất hay trượt sườn đồi núi nằm sau từ phía trên các công trình nhà ở hoặc cơ quan trường học với một khoảng cách nhất định, đường di chuyển khối đất đá khi sụt trượt xảy ra có một khoảng cách nhất định. Dạng này, vật liệu đất đá từ khối trượt được cuốn trôi cùng dòng chảy nước mặt di chuyển theo lòng các khe cạn dốc, tạo thành dòng bùn trôi hay thậm chí dòng lũ bùn đá có cường độ và động năng lớn, phạm vi ảnh hưởng và gây thiệt hại lớn. Phổ biến quy mô trung bình đến lớn, kiểu trượt đất đá hỗn hợp hoặc đất sụt. Ví dụ như tại khu dân cư chân dốc phía đường 19.5 thị trấn Si Ma Cai (huyện Si Ma Cai cũ), sườn dốc khu vực trường THCS xã Nậm Lúc và xã UBND xã Nậm Khánh (huyện Bắc Hà cũ), hay đặc biệt tại sự kiện trượt tạo dòng lũ bùn đá ở Làng Nủ tại tỉnh Lào Cai cũ...



Hình 5. Khu dân cư dưới chân dốc đường 19.5 tại Si Ma Cai (Lào Cai cũ)



Hình 6. Sườn dốc khu vực trường THCS xã Nậm Lúc (Lào Cai cũ)

3.2. Giải pháp phòng chống sụt trượt diện rộng tại miền núi Việt Nam

Từ những tổng hợp chưa đầy đủ, nhưng đã cho thấy tầm quan trọng trong quy hoạch dân cư và sử dụng đất trong bố trí các công trình xây dựng vùng núi nói chung tại nước ta. Với độ dốc địa hình và mức độ phân cắt lớn, điều kiện địa chất và khí hậu thủy văn phức tạp, phần diện tích đất thuận lợi cho bố trí và quy hoạch dân cư hay công trình tập trung đông người vùng núi, nhất là với khu vực phía Bắc thường gặp khó khăn, đặc biệt trước sức ép giá tăng dân số và đô thị hóa nhanh như hiện nay. Vậy nên, hầu hết hiện đang phải chấp nhận thực tế “cơ bản” chọn giải pháp đào xẻ các khu vực địa hình sườn dốc và chấp nhận xây dựng công trình và bố trí dân cư trên các vùng đất dốc. Các tác động Kinh tế - Kỹ thuật - Dân sinh này, tiếp tục trực

tiếp “tạo thuận lợi” để “phát triển” trượt đất đá, đặc biệt trước những tác động cực đoan do biến đổi khí hậu mà lãnh thổ Việt Nam thuộc vùng chịu ảnh hưởng lớn. Xuất phát từ những phân tích này, thực trạng tổng hợp và đánh giá các kiểu hình phổ biến trượt cũng như hiện tượng nứt đất liên quan các khu dân cư và công trình tập trung đồng người đã nêu trên, bước đầu để xuất hướng ứng xử tương ứng 03 kiểu chính như đã trình bày.

Các đề xuất và định hướng giải pháp ứng phó theo nguyên tắc giảm thiểu thiệt hại về người, tài sản, phù hợp thời điểm hiện tại với số lượng điểm sụt trượt hay nguy cơ sụt trượt nhiều và nguồn lực kinh tế các địa phương miền núi nói chung, không cụ thể theo từng vị trí công trình hay khu dân cư cụ thể và không khái quát chi phí.

Theo đó, với Kiểu 1 và Kiểu 2, căn cứ kết quả khảo sát hiện trạng về địa hình, địa chất, thủy văn và địa chất thủy văn; phân tích và đánh giá chi tiết quy mô, loại hình, các yếu tố điều kiện và kích hoạt trượt, cơ chế dịch chuyển... tiến hành theo hướng xử lý bằng giải pháp kỹ thuật công trình tổng hợp triệt để phù hợp (kiểm soát đường bao hòa, thoát nước ngầm sâu, giảm tải cân bằng áp lực khối đất đá, các kiểu tường chống đỡ kết hợp gia cố sâu phù hợp, kết cấu gia cố sâu tiên tiến – các kết cấu neo đất hay đinh đất khác nhau...).

Với Kiểu 3, từ kết quả số liệu khảo sát đủ rộng, phân tích theo kịch bản, đánh giá cấp độ nguy cơ và rủi ro từ đó thực hiện các phân tích kỹ thuật – kinh tế – thực trạng xây dựng phân kỳ đầu tư hay xử lý theo cấp độ nguy cơ (giám sát cảnh báo, sử dụng các giải pháp phòng chống từ xa, di dời, ứng phó thích nghi...). Sẽ là phù hợp hơn trong thời điểm này khi kết hợp các giải pháp kỹ thuật cơ bản, chi phí thấp với các biện pháp quan trắc giám sát trực tiếp ít yêu cầu kỹ thuật về hệ thống đồng bộ như bằng Camera, dịch chuyển trên bề mặt và tích hợp hệ thống IoT để truyền và xử lý dữ liệu quan trắc.

IV. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Trượt đất đá xuất hiện dưới tác động bởi nhiều yếu tố, trong đó có các yếu tố điều kiện và yếu tố kích hoạt (nguyên nhân). Ngoài các yếu tố tự nhiên (địa hình, địa chất, địa chất thủy văn, khí hậu – thủy văn...), không thể không nhắc tới yếu tố tác động bởi con người trong các hoạt động Kinh tế - Kỹ thuật – Dân sinh (xây dựng, khai thác tài nguyên lãnh thổ, sản xuất nông lâm nghiệp, khai thác khoáng

sản...), đặc biệt với những giai đoạn đầu tập trung cho phát triển kinh tế đất nước, gia tăng dân số, đô thị hóa và tập quán sử dụng đất chưa có nhiều thay đổi trong dân cư miền núi như hiện nay ở nước ta.

Với số lượng lớn vị trí đã xuất hiện trượt và nguy cơ trượt liên quan tới các khu vực dân cư hay nơi tập trung đồng người như hiện nay trên hầu hết địa bàn các tỉnh miền núi nói chung, trong đó có Cao Bằng, việc đồng thời sử dụng cách tiếp cận xử lý bằng giải pháp công trình hay di dời toàn bộ công trình xây dựng và cư dân sẽ gặp nhiều khó khăn về nguồn lực kinh tế và cả mặt bằng bố trí mới, thậm chí trong một số trường hợp còn gây lãng phí khi chưa có những nghiên cứu và đánh giá tổng thể.

Việc quy hoạch bố trí dân cư, bố trí các công trình xây dựng có tập trung đồng người ở miền núi trên vùng đất dốc, ngoài vấn đề kinh tế, mặt bằng, yếu tố văn hóa, thói quen và tập quán của mỗi nơi, cần có cách tiếp cận mới với những coi trọng đánh giá tác động biến đổi môi trường khai thác sử dụng đất trên nền các phân vùng nguy cơ trượt hay các dạng tai biến địa chất nói chung cũng là những nội dung cần coi trọng mỗi khi tiến hành.

Cần tiến hành các khảo sát, phân tích và đánh giá và nghiên cứu chi tiết về đặc điểm, loại hình, quy mô, mức độ rủi ro và ảnh hưởng từ trượt đất đá tới các khu vực dân cư, nơi tập trung đồng người hiện có những tiềm ẩn trên địa bàn tỉnh Cao Bằng, làm căn cứ phân cấp ưu tiên hành động, phân loại giải pháp ứng phó cần thiết và phù hợp nguồn lực cũng như thực tế địa phương.

Bài báo được đóng góp bởi PGS.TS. Nguyễn Đức Mạnh (34%), Ths. Nguyễn Đình Dũng (33%), Ths. Lê Anh Đức (33%).

Trần Thủy (BT)

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Cruden, D. M., & Varnes, D. J. (1996). *Landslide types and processes*. In Turner, A. K., & Schuster, R. L. (eds.), *Landslides: Investigation and Mitigation*. Transportation Research Board Special Report 247, National Academy Press, Washington, D.C., pp. 36–75.
- [2]. Hungr, O., Leroueil, S., & Picarelli, L. (2014). *The Varnes classification of landslide types, an update*. *Landslides*, 11(2), 167–194.
- [3]. Glade, T., & Crozier, M. J. (2005). *Landslide hazard and risk*. Wiley.
- [4]. Fell, R., et al. (1995). *A framework for landslide risk assessment and management*. *Landslide Risk Assessment*, 3–24.

[5]. Varnes, D. J. (1978). *Slope movement types and processes*. In Schuster, R. L., & Krizek, R. J. (eds.), *Landslides: Analysis and Control*. Transportation Research Board Special Report 176, National Academy of Sciences, Washington, D.C., pp. 11–33.

[6]. Hungr, O., Evans, S. G., & Bovis, M. J. (2001). *A review of the classification of landslides of the flow type*. *Environmental & Engineering Geoscience*, 7(3), 221–238.

[7]. Keefer, D. K. (1984). *Landslides caused by earthquakes*. *Geological Society of America Bulletin*, 95(4), 406–421.

[8]. Hutchinson, J. N. (1988). *Morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology*. *Proceedings of the 5th International Symposium on Landslides*. Balkema, Rotterdam.

[9]. Terzaghi, K. (1950). *Mechanisms of landslides*. In Paige, S. (ed.), *Application of Geology to Engineering Practice*. Geological Society of America. pp. 83–123.

[10]. Keefer, D. K. (1984). *Landslides caused by earthquakes*. *Geological Society of America Bulletin*, 95(4), 406–421.

[11]. Highland, L. M., & Bobrowsky, P. T. (2008). *The Landslide Handbook: A Guide to Understanding Landslides*. U.S. Geological Survey.

[12]. UNDRR (United Nations Office for Disaster Risk Reduction). (2015). *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030*.

[13]. Cruden D.M. (1991). *A Simple Definition of a Landslide*. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*. Volume 43, Issue 1. pp. 27–29.

[14]. Ferretti A. và NNK (2001). *Permanent scatterers in SAR interferometry*. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. Vol. 39, Issue 1.

[15]. Nicola Casagli và NNK. (2017). *Landslide monitoring and forecasting*. *Geomorphology*. Volume 285, 311–339.

[16]. Ramesh M.V. (2009). *Real-time wireless sensor network for landslide detection*. 2009 Third International Conference on Sensor Technologies and Applications.

[17]. Bürgmann R. và NNK (2000). *Synthetic Aperture Radar Interferometry to Measure Earth's Surface Deformation: Its Capabilities and Limitations*. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*. Vol. 28.