

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC

VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM

HỌC VIỆN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ

-----

ĐÀO MINH ĐỨC

NGHIÊN CỨU ĐẶC ĐIỂM HÌNH THÀNH VÀ PHÁT TRIỂN

MỘT SỐ KHỐI TRƯỢT LỚN Ở KHU VỰC

MIỀN NÚI PHÍA BẮC

(LẤY VÍ DỤ TẠI HUYỆN XÍN MÀN, TỈNH HÀ GIANG)

Chuyên ngành: Địa chất học

Mã số: 9 44 02 01

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SỸ ĐỊA CHẤT

Hà Nội, 2023

**Công trình được hoàn thành tại: Học viện Khoa học và Công nghệ,  
Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam**

**Người hướng dẫn khoa học:**

**1. GS.TS. Đỗ Minh Đức**

Trường Đại học Khoa học Tự nhiên – Đại học Quốc Gia Hà Nội

**2. PGS.TS. Vũ Cao Minh**

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

**Phản biện 1: .....**

**Phản biện 2: .....**

**Phản biện 3: .....**

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng chấm luận án tiến sĩ cấp Học viện, họp tại Học viện Khoa học và Công nghệ - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam vào hồi ..... giờ ..... ngày ..... tháng ..... năm 2023

**Có thể tìm hiểu Luận án tại:**

- Thư viện quốc gia
- Thư viện Học viện Khoa học và Công nghệ

## MỞ ĐẦU

### 1. Tính cấp thiết của đề tài

Theo báo cáo của Ngân hàng Thế giới năm 2018, thảm họa do thiên tai ở Việt Nam có thể xảy ra thường xuyên hơn với mức độ ngày càng tăng trong tương lai. Cảnh báo này nhắc chúng ta cần phải chú ý hơn nữa với các hiện tượng thiên tai cực đoan trong đó có trượt đất đá. Và thực tế cho thấy, hiện tượng trượt đất đá đang có xu hướng diễn biến phức tạp hơn và để lại nhiều thiệt hại nghiêm trọng. Theo số liệu thống kê của đề án "Điều tra, đánh giá và phân vùng cảnh báo nguy cơ trượt đất đá các vùng miền núi Việt Nam", số lượng điểm trượt nhỏ và rất nhỏ được ghi nhận xuất hiện tuy nhiều nhưng tổng thể tích của chúng nhỏ hơn nhiều các KTL. Như vậy, số lượng KTL tuy không nhiều nhưng sự xuất hiện của chúng gây ra sức tàn phá nguy hiểm, để lại thiệt hại lớn và tốn kém hơn nhiều khi phải khắc phục hậu quả.

Hiện tượng TKL là hiểm họa tiềm tàng cho các khu dân cư, công trình hạ tầng giao thông, ruộng bậc thang, đường dây truyền tải điện ở MNPB. Điển hình như, vào mùa mưa năm 2007- 2008, hiện tượng TKL xuất hiện nhiều ở khu vực thị trấn Cốc Pài, XM-HG, trong đó khu nhà UBND huyện và nhà làm việc của các phòng ban được xác định nằm trên một KTL có chiều dài 350- 500m, chiều rộng 150- 200m cần xử lý ngay. KTL tại chợ Tân Sơn, Nám Dẩn, XM-HG xuất hiện vào cuối tháng 7 năm 2012, phá hủy một phần khu chợ, làm sập nhà của 5 gia đình. Ngoài ra, trên địa bàn XM-HG còn rất nhiều KTL khác nằm rải rác tại các xã Bản Dú, Nám Dẩn, Xín Mần, Chế Là, Quảng Nguyên, Nà Chì,... gây ra khó khăn trong phát triển kinh tế của huyện.

Từ thực tế trên, việc chọn đề tài luận án "*Nghiên cứu đặc điểm hình thành và phát triển một số khối trượt lớn ở khu vực miền núi phía Bắc (lấy ví dụ tại huyện Xín Mần, tỉnh Hà Giang)*" là rất cấp thiết và có ý nghĩa khoa học, thực tiễn cao.

### 2. Mục tiêu

- Làm sáng tỏ đặc điểm hiện trạng, các yếu tố ảnh hưởng đến sự hình thành và phát triển KTL ở MNPB.
- Làm sáng tỏ đặc điểm động lực học của quá trình phát triển KTL bằng các công nghệ quan trắc hiện trường tại XM-HG.

### 3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu của luận án

- *Đối tượng nghiên cứu của luận án* là một số KTL ở khu vực MNPB, nghiên cứu chi tiết các KTL tại khu vực XM-HG. Giới hạn đối tượng nghiên cứu không bao gồm: dòng lũ bùn đá, các khối trượt hình thành do hoạt động khai thác khoáng sản, xây dựng và vận hành các công trình thủy điện- thủy lợi.
- *Về diện tích nghiên cứu:* Khu vực miền núi phía Bắc bao gồm 15 tỉnh: Hà Giang, Cao Bằng, Lào Cai, Bắc Kạn, Lạng Sơn, Tuyên Quang, Yên Bái, Thái Nguyên, Phú Thọ, Bắc Giang, Lai Châu, Điện Biên, Sơn La, Hòa Bình, Quảng Ninh, có tổng diện tích là 95.264,4 km<sup>2</sup>. Nghiên cứu chi tiết về động lực học KTL tại XM-HG (gồm 17 xã), diện tích 582 km<sup>2</sup>.

#### 4. Luận điểm bảo vệ

**Luận điểm 1:** Khối trượt lớn ở khu vực MNPB được đặc trưng bởi thể tích lớn hơn  $4.500\text{m}^3$ , phần lớn thuộc loại trượt tịnh tiến và hỗn hợp, có mặt trượt trùng với mặt không liên tục về thành phần thạch học hoặc khe nứt kiến tạo.

**Luận điểm 2:** Kiến tạo, thạch học, độ dốc địa hình và hoạt động nhân sinh được xác định là các yếu tố chính dẫn đến sự hình thành KTL ở MNPB dựa trên cơ sở phân tích tổng hợp các mô hình thống kê và học máy.

**Luận điểm 3:** Dịch chuyển khối trượt lớn tại XM-HG là quá trình không đồng nhất, không liên tục, trong đó dịch chuyển tăng lên đáng kể khi hệ số áp lực nước lỗ rỗng ( $r_u$ ) ở vị trí mặt trượt  $\geq 0,53$ .

#### 5. Những điểm mới của luận án

- Đã hệ thống hóa được các đặc trưng chủ yếu của các KTL cho toàn bộ MNPB dựa trên các phương pháp phân tích thống kê.
- Thành lập được bản đồ đánh giá mức độ nguy cơ hình thành KTL ở MNPB bằng cách kết hợp phân tích thống kê và học máy.
- Xây dựng được quy trình phân tích dữ liệu quan trắc hiện trường các thông số địa kỹ thuật phù hợp với điều kiện thực tế của KTL tại XM-HG.
- Xác định hệ số áp lực nước lỗ rỗng  $r_u$  tại vị trí mặt trượt nguy hiểm khi có dịch chuyển đáng kể của KTL, hỗ trợ công tác cảnh báo sớm nguy cơ mất ổn định KTL tại XM-HG.

## CHƯƠNG I. TỔNG QUAN CÁC NGHIÊN CỨU VỀ KHỐI TRƯỢT LỚN TRÊN THẾ GIỚI VÀ Ở VIỆT NAM

### 1.1. Trên thế giới

**David Varnes (1958)** đã đưa ra khái niệm đầu tiên về trượt đất đá khá rộng và bao hàm cả lũ bùn đá, đá đổ, lở tuyết. Với điều kiện tự nhiên khác nhau của mỗi vùng, khái niệm về KTL trên thế giới cũng có sự khác biệt. Một số tác giả đã đưa ra khái niệm về KTL đáng quan tâm có thể kể đến như: TKL là hiện tượng đất đá dịch chuyển trên diện tích bề mặt lớn hơn  $0,1\text{ km}^2$ , vật liệu trượt bị đưa đi với khoảng cách lớn, chịu nhiều ảnh hưởng của yếu tố môi trường và địa chất – theo **Roering & nnk (2005)**. **Agliardi (2012)** đã mô tả trượt sâu là những chuyển động có thể tích lớn, chiều sâu mặt trượt lớn và tốc độ di chuyển tương đối thấp trong thời gian dài. **Lo (2017)** cho rằng TKL có mặt lớp nằm trong đá gốc, vật liệu trượt bị đưa đi với khoảng cách lớn, diện tích bề mặt lớn hơn 10ha, chiều sâu mặt trượt lớn hơn 5m.

Hiện nay có khá nhiều cách phân loại trượt đất đá như: dựa vào quá trình trượt, dựa vào kiểu dạng bề mặt trượt, dựa vào thể tích khối trượt, dựa vào tuổi/giai đoạn vận động của khối trượt, dựa vào độ sâu mặt trượt và dựa vào thành phần thạch học của khối trượt. Tổng hợp kết quả nghiên cứu một số nhà khoa học như **Fell, V. Đ. Lômtdaze** và **ICL** đưa ra 7 cấp độ với quy mô thể tích khác nhau và kết quả cho thấy sự khác biệt khá lớn.

**Bảng 1.1. Phân loại trượt đất theo thể tích (m<sup>3</sup>) của một số tác giả trên thế giới**

Cấp phân loại	ICL	Fell (1994)	V.Đ. Lômtdadze	Mô tả
7	$> 10^8$	$5 \times 10^6$	$> 200.000$	Đặc biệt lớn
6	$10^7 - 10^8$	$10^6 - 5 \times 10^6$		Rất lớn
5	$10^6 - 10^7$	$25 \times 10^4 - 10^6$	1.000-200.000	Lớn
4	$10^5 - 10^6$	$5 \times 10^4 - 25 \times 10^4$		Trung bình – Lớn
3	$10^4 - 10^5$	$5 \times 10^3 - 5 \times 10^4$	200-1000	Trung bình
2	$10^3 - 10^4$	500 – 5.000	10-200	Nhỏ
1	$< 10^2$	$< 500$	$< 10$	Rất nhỏ

Fauque (2002), Bobrowsky (2017) và Tanyas (2019) tập trung phân tích chi tiết KTL tại khu vực Nam Mỹ đã cho thấy sự hình thành KTL liên quan đến cấu trúc địa chất phức tạp. Các nghiên cứu này đều khẳng định hoạt động kiến tạo và thành phần thạch học là những yếu tố đầu tiên tạo nên cấu trúc đặc biệt và thể tích đủ lớn để hình thành KTL. Khi phân tích KTL khu vực miền đông dãy Alps, Agliardi (2001) đã chứng minh các yếu tố hình thành các KTL ở đây hội tụ bởi 3 yếu tố: cấu trúc địa chất, đặc điểm địa mạo và cơ học đất đá.

Để đánh giá nguy cơ hình thành trượt đất đá, có rất nhiều phương pháp và kỹ thuật đã được đề xuất bởi Guzzetti (1999) và Corominas (2014) gồm đánh giá hiện trạng, phân tích chông chập bản đồ, phương pháp thống kê, phương pháp tất định, phương pháp xác suất, phương pháp học máy... Trong thời gian gần đây, các phương pháp tiếp cận định lượng được sử dụng rộng rãi và chiếm ưu thế về số lượng hơn trong các công trình nghiên cứu đánh giá nguy cơ hình thành trượt nhờ có sự hỗ trợ của máy tính và các công cụ viễn thám. Tùy thuộc và mục đích, quy mô và tỷ lệ vùng nghiên cứu mà mức độ chính xác của các phương pháp rất khác nhau.

Phân tích động lực học KTL trên thế giới được hướng đến theo 2 hướng phân tích mô hình và phân tích dữ liệu quan trắc. Theo hướng phân tích mô hình, ngoài các mô hình phần tích số đã khá quen thuộc (Titan, RockScience, Plaxis, Abaqus, GeoStudio), một số nghiên cứu của Hungr (1995) đã hướng tới phân tích phạm vi ảnh hưởng của KTL và Moriwaki (2004) đã thiết kế mô hình vật lý thu nhỏ dạng máng trượt kết hợp với dàn mưa nhân tạo để mô phỏng quá trình TKL. Theo hướng phân tích dữ liệu quan trắc, hiện có rất nhiều công nghệ quan trắc hiện đại đang được áp dụng tập trung theo 3 nhóm: nhóm các công nghệ quan trắc mặt đất, nhóm các công nghệ địa kỹ thuật và địa vật lý, nhóm công nghệ viễn thám.

## 1.2. Trong nước

Do vẽ khảo sát KTL ở trong nước đã được bắt đầu rất sớm, từ khi xây dựng các công trình quan trọng, khai thác mỏ, xây dựng. Gần đây, các tác giả Nguyễn Văn Hùng (2002), Đỗ Minh Đức (2013), Phan Trọng Trịnh (2015) tập trung mô tả hiện trạng, đánh giá nguy cơ dựa trên mối quan hệ với các đặc điểm cấu trúc

địa chất- địa hình cho một số điểm TKL. **Trần Tân Văn (2006), Chu Văn Ngợi (2008)** đã chỉ ra mối quan hệ chặt chẽ giữa cấu tạo địa chất, đới hoạt động của đứt gãy tới sự hình thành điểm TKL cụ thể.

Ở quy mô khu vực, **Vũ Cao Minh (1996), Nguyễn Trọng Yên (2006)** đã thực hiện các nhiệm vụ cấp nhà nước về nghiên cứu trượt đất đá nói chung. Và gần đây **Nguyễn Quốc Thành (2015)** đã đưa ra hệ thống bản đồ cảnh báo thiên tai phần đất liền trong đó có bản đồ cảnh báo thiên tai trượt đất đá.

Nghiên cứu KTL theo hướng phân tích động lực học được nâng lên một tầm mới khi có những nghiên cứu đầu tiên về phân tích ảnh hưởng của mưa và mực nước ngầm trong sườn dốc **Đỗ Minh Đức (2006), Nguyễn Văn Hoàng (2011), Đỗ Quang Thiên (2013), Mai Thành Tân (2015)**. Nhìn nhận rộng hơn về yếu tố ảnh hưởng, **Đỗ Minh Đức (2018)** đã nhận định ảnh hưởng của mưa tới hiện tượng trượt đất đá và phân tích đưa ra các ngưỡng mưa gây TKL. Gần đây, **Đoàn Huy Lợi (2017)** đã áp dụng lý thuyết về phân tử chất lỏng để phân tích phạm vi ảnh hưởng của KTL do mưa lớn.

Điểm TKL được tiến hành lắp đặt các thiết bị quan trắc đầu tiên là khu vực đồi ông Tượng, thành phố Hòa Bình. Từ đó đến nay, có khá nhiều hệ thống quan trắc khác nhau đã được lắp đặt như ở KLT TT. Cốc Pài, KTL đèo Hải Vân.

### **1.3. Các vấn đề cần nghiên cứu**

KTL là một đối tượng nghiên cứu phức tạp, chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố môi trường tới sự hình thành và phát triển, quá trình phát triển động học có nhiều giai đoạn khác nhau, vừa có quy luật vận động riêng, vừa mang đặc điểm hình thành chung với các loại hình trượt đất đá khác. Vậy nên, ý tưởng khoa học mà NCS hướng tới là giới hạn đối tượng nghiên cứu là KTL, phân tích các yếu tố ảnh hưởng và đánh giá nguy cơ hình thành của KTL ở MNPB, phân tích đặc điểm động học của KTL trong khu vực XM-HG nhằm hướng tới đề xuất cảnh báo sớm tai biến. Trong đó, một số vấn đề về KTL cần nghiên cứu làm sáng tỏ gồm có 3 khía cạnh:

#### *a./ Về đặc điểm hình thái KTL*

Tùy thuộc vào từng điều kiện môi trường tự nhiên và mục đích nghiên cứu cần phân loại đối tượng hiện tượng trượt để làm rõ cơ chế hình thành và phát triển thì mới có thể đưa ra biện pháp xử lý phù hợp và giảm thiểu thiệt hại. Hơn nữa, với điều kiện tự nhiên phức tạp như ở MNPB, các đặc trưng của KTL cần được hệ thống hóa lại nhằm nhận diện và đánh giá nguy cơ hình thành KTL.

#### *b./ Về nguy cơ hình thành KTL ở MNPB*

Các nguồn CSDL không gian mở phục vụ cho mục đích nghiên cứu khoa học hiện nay rất phong phú và tin cậy. Phân tích thống kê dữ liệu lớn cho phép xác định các yếu tố mang tính trội trong việc quyết định sự hình thành KTL ở MNPB.

Các nghiên cứu cho thấy, tùy vào đặc điểm từng kiểu trượt đất đá và tỷ lệ nghiên cứu, các phương pháp phân vùng nguy cơ hình thành có mức độ chính xác khác nhau. Các phương pháp thống kê và học máy hiện là những phương



pháp phổ biến trong nghiên cứu trượt đất đá. Tuy nhiên, mô hình nào phù hợp nhất nhằm dự báo nguy cơ hình thành KTL cho MNPB cần được định lượng và phân tích chi tiết.

### *c./ Về đặc điểm động lực học của hiện tượng TKL*

Diễn biến dịch chuyển TKL là một quá trình liên tục kéo dài theo nhiều giai đoạn, với mỗi giai đoạn có tốc độ dịch chuyển của KTL lại không giống nhau và con người khó có thể nhận ra bằng cảm quan. Bên cạnh đó, các công nghệ quan trắc KTL hiện nay có đặc trưng chuỗi số liệu thời gian khác nhau (theo ngày, theo giờ, theo sự kiện), do đó cần tích hợp dữ liệu quan trắc theo thời gian một cách thống nhất thì mới có thể đưa ra dự báo chính xác.

Áp lực nước lỗ rỗng trên sườn dốc ảnh hưởng đến ứng suất có hiệu và là một trong các yếu tố kích hoạt mất ổn định KTL. Vì vậy, số liệu quan trắc áp lực nước lỗ rỗng được xem là đầu vào quan trọng để phân tích ổn định KTL bằng mô hình số. Căn cứ vào số liệu quan trắc tại 2 KTL ở XM-HG, cần đưa ra định lượng cho đặc trưng động lực học KTL.

## **CHƯƠNG II. CÁCH TIẾP CẬN VÀ HỆ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU**

### **2.1. Cách tiếp cận**

#### **2.1.1. Tiếp cận phân tích hệ thống**

Tiếp cận hệ thống là phương pháp luận sử dụng để giải quyết những vấn đề thực tế trên cơ sở xem xét xử lý đầy đủ các đặc điểm hệ thống của đối tượng. Trong phạm vi nghiên cứu của luận án, sự hình thành và phát triển các KTL là quá trình diễn biến phức tạp theo cả không gian và thời gian, nên việc lựa chọn phương pháp tiếp cận hệ thống cho phép khái quát hóa hóa, phân tích và dự báo được sự vận động của KTL.

Khi nghiên cứu sự hình thành và phát triển trượt đất đá trong không gian X và khoảng thời gian  $t_0 \leq t \leq t_s$ , với giả thiết đã biết trạng thái ban đầu và biết quy luật tác động vào  $u(t)$ , do đó xác định được trạng thái của hệ thống ở thời điểm  $t_s$ , tức là  $x(t_s)$ . Khi đó, theo *Hoàng Tụy (1987) [77]*, cách thức xây dựng mô hình tổng quát cho hiện tượng TKL dựa vào công thức:

$$x(t_s) = G(x(t_0), u(\cdot), t_0, t_s)$$

Trong phạm vi nghiên cứu của luận án, U là tập hợp các hàm đầu vào chấp nhận được, bao gồm  $u_1(x)$ ,  $u_2(x, t)$  và  $u_3(x, t)$ , trong đó:

- $u_1(x)$  là các yếu tố tự nhiên biến đổi theo không gian, không / rất ít biến đổi theo thời gian;
- $u_2(x)$  là các yếu tố tự nhiên và nhân sinh biến đổi theo không gian và thời gian;
- $u_3(x)$  là các yếu tố tự nhiên biến đổi rất nhanh theo không gian và thời gian.

Khi coi các yếu tố tác động vào hệ thống (gồm: thạch học, kiến tạo, VPH, địa hình, thủy văn, khí hậu, sử dụng đất và hoạt động nhân sinh) là một tập thống kê, để hiểu rõ động thái và hành vi của hệ thống, quá trình vận động thực tế, các xu thế chính của nó cần phân tích tính tương quan giữa các yếu tố. Hơn nữa, các yếu tố còn có khả năng quan hệ qua lại lẫn nhau như trên đã nêu thì

trong quá trình phân tích cũng cần xem xét tính đa cộng tuyến của chúng. Ngoài ra, nhằm hướng tới việc dự báo hình thành KTL ở MNPB, việc xem xét tất cả các yếu tố môi trường tác động trong khoảng thời gian ngắn là điều không thể nên cần phân tích hệ thống nhằm giảm thiểu khối lượng tính toán một cách tối đa mà vẫn đảm bảo độ tin cậy.

### 2.1.2. Tiếp cận tích hợp chuỗi thời gian

Chuỗi thời gian ghi nhận diễn biến TKL thường không đồng nhất, không liên tục và có nhiều yếu tố ngẫu nhiên. Khoảng thời gian đo lường các sự kiện & đặc điểm dịch chuyển của KTL được thể hiện theo rất nhiều khoảng khác nhau: giờ, ngày, tháng, mùa nhưng cần được ghép nối lại theo trật tự phát triển của khối trượt. Để ghép nối vào chuỗi thời gian liên tục cần được tích hợp đồng dạng để hướng tới sử dụng tối đa dữ liệu thời gian là các sự kiện xuất hiện của KTL. Cách tiếp cận tích hợp thời gian còn cho phép dễ dàng bổ sung các dạng dữ liệu khác nhau của chuỗi thời gian giúp nâng cao tính tin cậy của kết quả dự báo.

### 2.1.3. Khung logic nghiên cứu KTL

Với cách tiếp cận như trên, NCS hướng tới phân tích KTL theo 3 khía cạnh: đặc điểm hình thái KTL; quy luật hình thành KTL; đặc điểm động học KTL. Khung logic nghiên cứu KTL cụ thể như hình 2.1.

## 2.2. Hệ phương pháp nghiên cứu

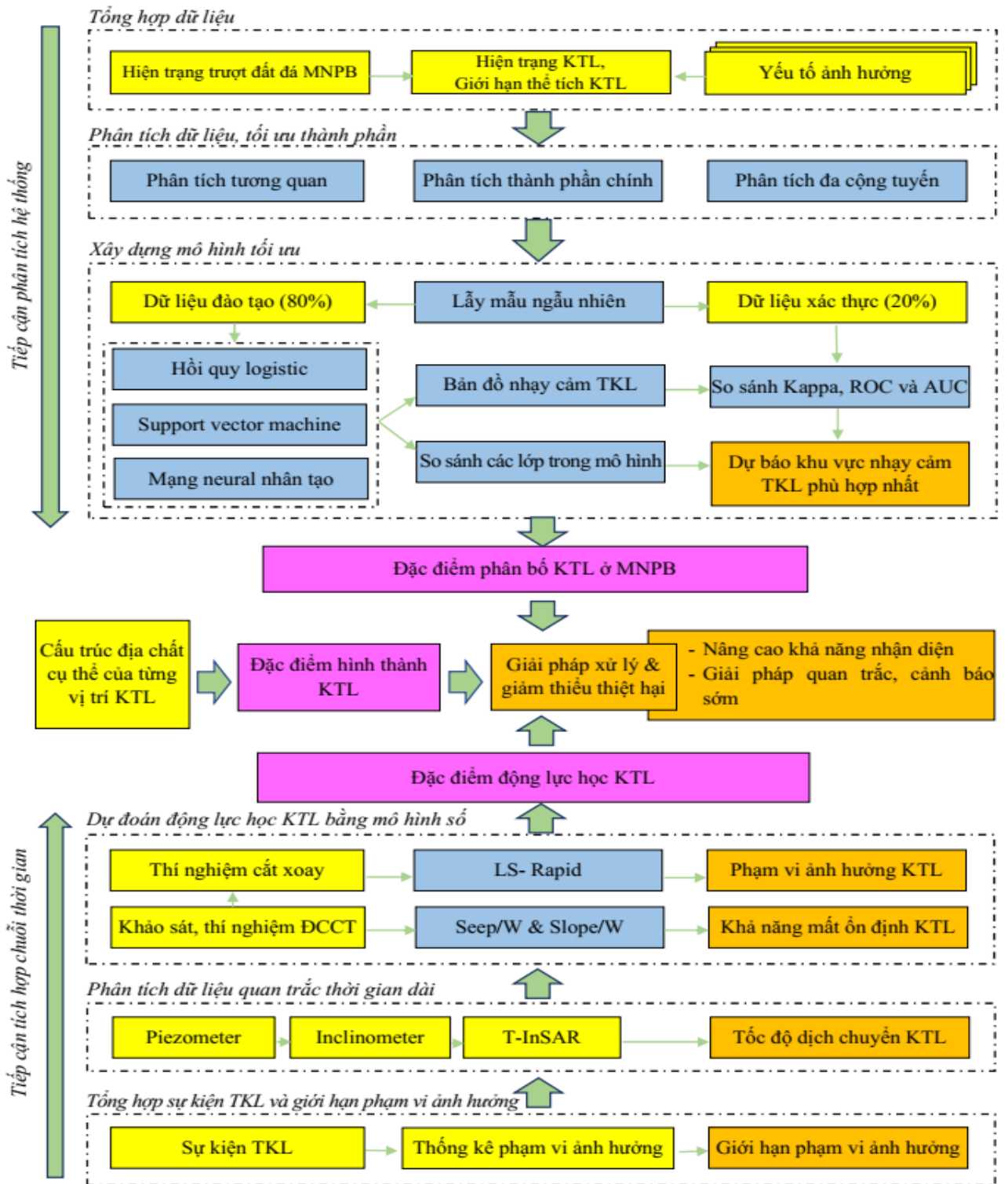
### 2.2.1. Nhóm phương pháp khảo sát KTL

- a./ Phương pháp khảo sát thực địa: ghi chép bằng phiếu điều tra khảo sát, điều tra phỏng vấn, khoan khảo sát hiện trường KTL, lập mặt cắt VPH cho KTL.
- b./ Phương pháp khảo sát bằng UAV và xây dựng mô hình số bề mặt.
- c./ Thí nghiệm cơ lý mẫu đất: Các chỉ tiêu cơ bản và sức kháng cắt dư mẫu đất.

### 2.2.2. Nhóm phương pháp thống kê và học máy

- a./ Thống kê đối tượng địa chất: Đối tượng không gian, đối tượng định hướng, dữ liệu thời gian.
- b./ Phân tích không gian dựa vào phần mềm mã nguồn mở
  - Sử dụng các công cụ trong bộ phần mềm mã nguồn mở QGIS để phân tích không gian và RStudio để phân tích thống kê.
  - Phân tích thống kê mức độ ảnh hưởng qua chỉ số nguy cơ. Để dễ quan sát và đánh giá, mức độ ảnh hưởng của các yếu tố được phân làm 5 mức và thể hiện trên bản đồ MNPB với các cấp như sau: không ảnh hưởng, ảnh hưởng thấp, trung bình, mạnh và rất mạnh.
  - Phân tích mô hình thống kê tối ưu: phân tích thống kê thành phần chính, phân tích thống kê lựa chọn mô hình theo trung bình Bayes (BMA), chỉ số thống kê AUC và Kappa.
- c./ Phân tích dữ liệu bằng thống kê đa biến và học máy: mô hình hồi quy logistic, mô hình máy vector hỗ trợ, mô hình mạng neural nhân tạo, mô hình tổng hợp xếp chồng.
- d./ Xác định phạm vi ảnh hưởng của KTL bằng công thức kinh nghiệm





Hình 2. 1. Khung logic nghiên cứu sự hình thành và phát triển của KTL ở MNPB

### 2.2.3. Nhóm phương pháp quan trắc KTL

Luận án sử dụng các thiết bị quan trắc hiện trường bao gồm: Quan trắc mưa, đo nghiêng (inclinometer) và đo áp lực nước lỗ rỗng (piezometer), quan trắc thay đổi địa hình bề mặt bằng thiết bị T-InSAR.

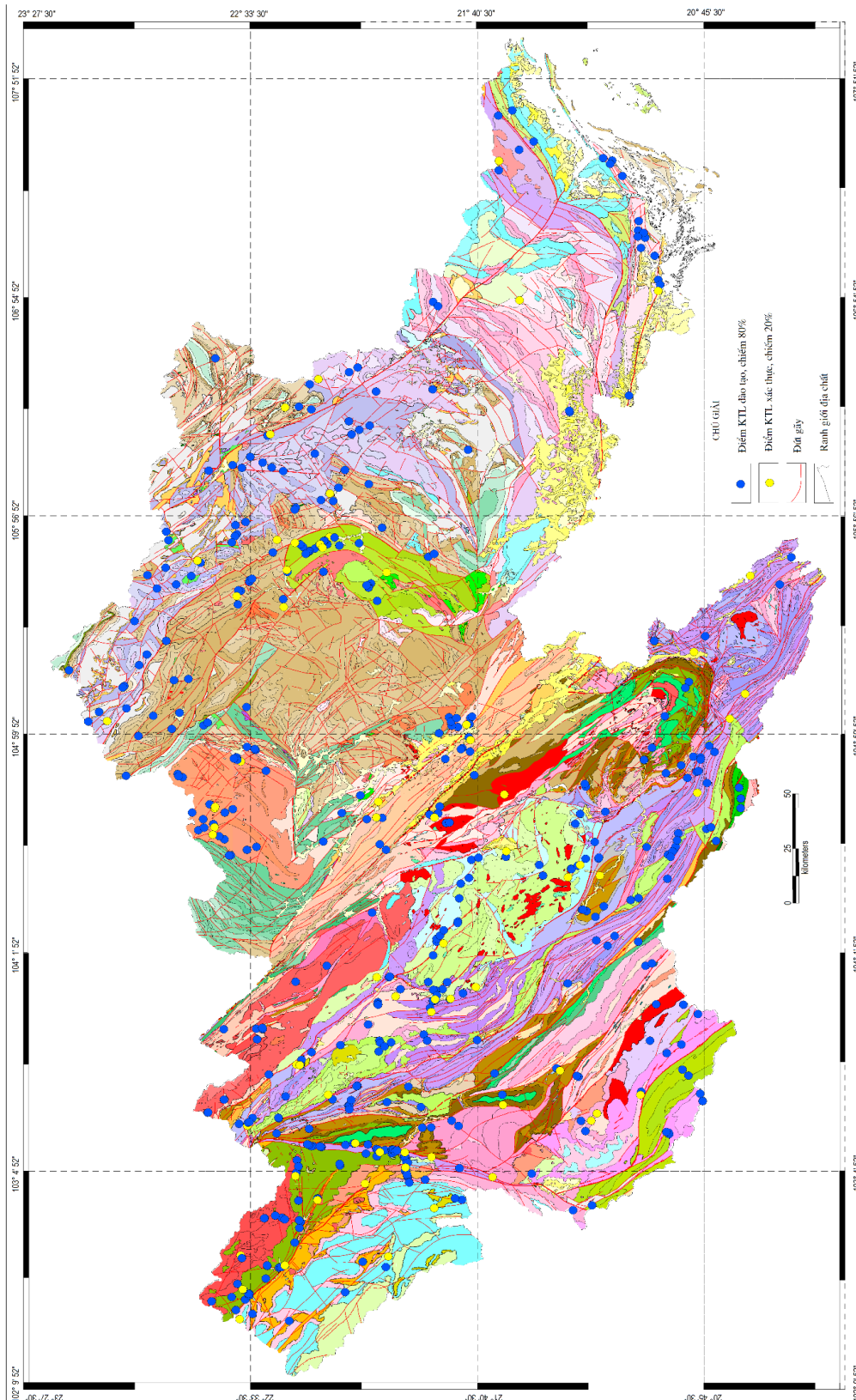
### 2.2.4. Ứng dụng các phần mềm mô hình Địa kỹ thuật:

Phân tích ổn định KTL bằng phần mềm GeoStudio 2018 R2 và phân tích phạm vi ảnh hưởng của KTL bằng phần mềm LS-Rapid.

## CHƯƠNG III. ĐẶC ĐIỂM HÌNH THÀNH KHỐI TRƯỢT LỚN KHU VỰC MIỀN NÚI PHÍA BẮC

### 3.1. Đặc điểm hiện trạng trượt đất đá khu vực MNPB

Trượt đất đá là dạng tai biến địa chất xuất hiện phổ biến nhất ở MNPB. Theo thống kê từ TC PCTT trong giai đoạn từ 1953-2006, Việt Nam đã xảy ra 448 trận lũ quét và trượt đất đá, trung bình 7 trận/năm. CSDL hiện trạng KTL khu vực MNPB được phân tích từ 8.304 điểm trượt là khối lượng dữ liệu đủ lớn để phân tích thống kê các đặc điểm trượt đất đá ở MNPB với tỷ lệ 1:200.000.



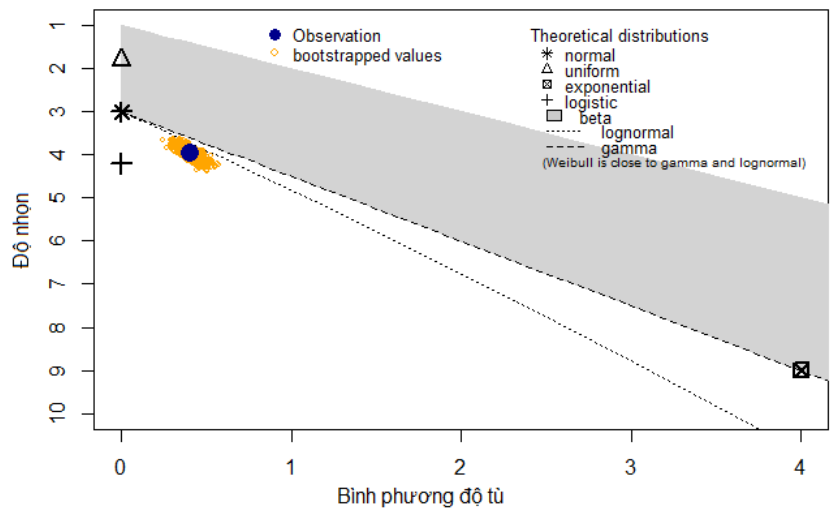
*Hình 3.1. Sơ đồ hiện trạng KTL khu vực MNPB trên bản đồ địa chất tỷ lệ 1:200.000*

**Bảng 3.1 CSDL thống kê các điểm TKL theo các địa phương ở MNPB**

Tỉnh	Diện tích km <sup>2</sup>	Số lượng khối trượt	Số lượng KTL	Thể tích lớn nhất m <sup>3</sup>	Mật độ điểm trượt	Tỷ lệ điểm TKL trên tổng số
Bắc Giang	3844.0	106	2	5,593	0.028	1.9%
Bắc Kạn	4859.4	701	30	178,500	0.144	4.3%
Cao Bằng	6709.9	206	27	90,000	0.031	13.1%
Điện Biên	9541.2	672	58	364,500	0.070	8.6%
Hà Giang	7914.9	967	52	494,000	0.122	5.4%
Hòa Bình	4608.7	182	15	43,500	0.039	8.2%
Lai Châu	9068.8	969	113	1,950,000	0.107	11.7%
Lạng Sơn	8320.8	90	9	375,000	0.011	10.0%
Lào Cai	6383.9	531	9	131,250	0.083	1.7%
Phú Thọ	3534.6	40	3	4,600	0.011	7.5%
Quảng Ninh	6102.4	377	27	50,000	0.062	7.2%
Sơn la	14174.4	1683	77	98,000	0.119	4.6%
Tuyên Quang	5867.3	246	30	3,000	0.042	12.2%
Thái Nguyên	3531.7	22	3	1,000	0.006	13.6%
Yên Bái	6886.3	1158	48	330,000	0.168	4.1%

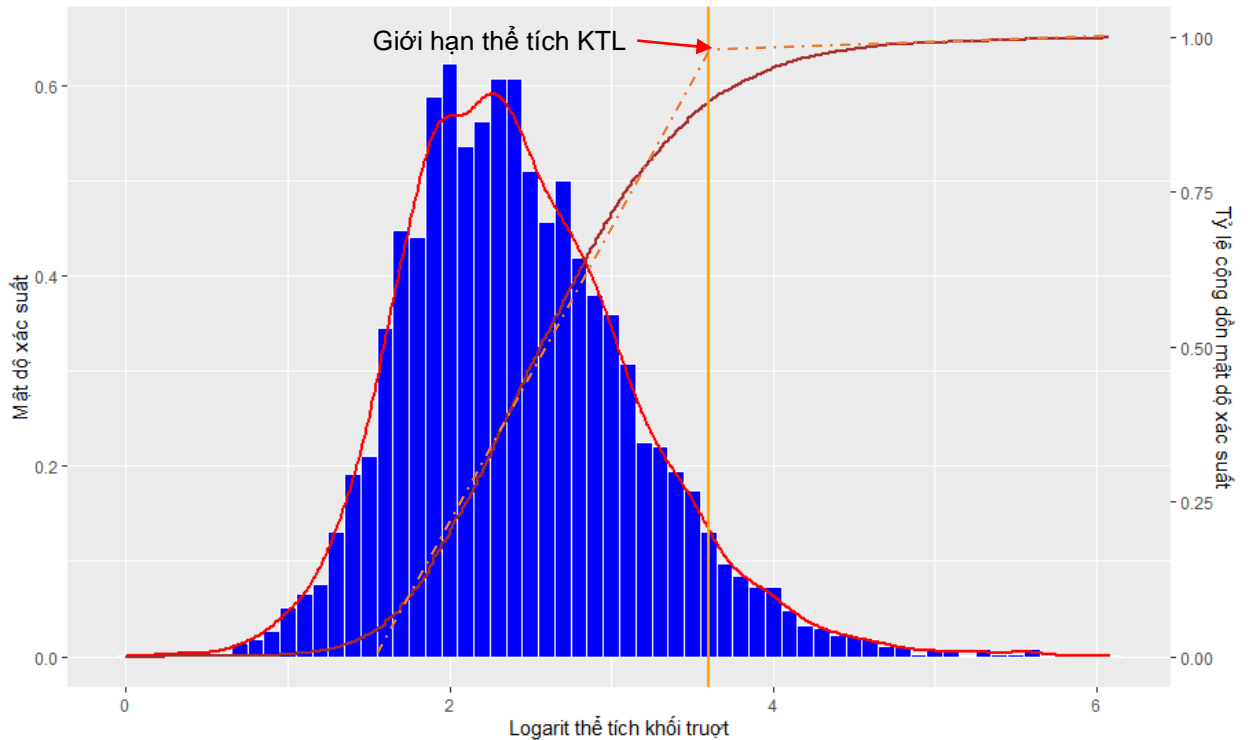
### 3.2. Phân phối thống kê về thể tích các khối trượt ở MNPB

Phân phối xác suất xuất hiện khối trượt tuân theo luật hàm số mũ phức tạp, do đó để thuận tiện trong phân tích phân phối thống kê, giá trị thể tích được chuyển thành giá trị logarit của thể tích. Khi đó đồ thị phân phối tần suất xuất hiện trượt đất đá tuân theo luật phân phối log chuẩn có giá trị trung bình (2.43), phương sai (0.52), trung vị (2.35). Kiểm định thống kê bằng biểu đồ Cullen & Frey (đánh giá qua chỉ số độ nhọn và độ lệch của phân phối) cho thấy dữ liệu logarit thể tích khối trượt phù hợp nhất với các dạng phân phối chuẩn (hình 3.4).



**Hình 3.4. Kết quả kiểm định luật phân phối thống kê của logarit thể tích khối trượt theo Cullen & Frey**

Thể tích khối trượt được chia làm 5 mức: rất nhỏ, nhỏ, trung bình, lớn và rất lớn. Xác suất xuất hiện Vlog KTL > 3,65 chỉ chiếm 5%, nhỏ hơn nhiều lần so với xác suất xuất hiện Vlog KTNN chiếm 95%, về mặt thống kê Vlog của KTL và KTNN được xem là có sự khác biệt. Ngoài ra, hình 3.5 cho thấy đường cong tỷ lệ cộng dồn mật độ xác suất biến đổi về độ dốc (điểm uốn) tại vị trí Vlog=3,65 nên cũng có thể xem đây như một ranh giới phân biệt sự khác biệt về thể tích giữa nhóm KTL với nhóm KTNN. Như vậy, thể tích của KTL được chọn ở mức lớn hơn 4.500 m<sup>3</sup>.



Hình 3.5. Biểu đồ mật độ xác suất xuất hiện trượt đất đá ở MNPB theo logarit của thể tích

### 3.3. Đặc điểm hình thái khối trượt lớn

#### 3.3.1. Đặc điểm hình học các KTL

Đặc điểm hình học của các KTL được mô tả qua các đặc điểm chính: vách trượt chính, vách trượt nhỏ nối tiếp nhau, khe nứt tách, gờ lượn sóng ngang, bề mặt sũng nước, rãnh xói mở rộng nhanh và sâu, chiều cao, chiều rộng, chiều dài.

#### 3.3.2. Đặc điểm mặt trượt

Mặt trượt là các mặt không liên tục về khe nứt kiến tạo được thấy rõ ở KTL Ma Thi Hồ- Điện Biên, KTL Bắc Yên- Sơn La, KTL Cốc Pài – XM-HG; mặt trượt là các mặt chuyển tiếp về thành phần thạch học như ở KTL Tân Sơn, KTL Thác Khanh- Hòa Bình, KTL Dú Thượng – XM-HG, KTL Chế Cu Nha- Yên Bái. Mối quan hệ thống kê giữa độ sâu mặt trượt với logarit thể tích của 26 KTL được khảo sát chi tiết tuân theo quy luật tuyến tính. Ngoài ra, logarit tỷ số độ sâu mặt trượt - chiều dài khối trượt với logarit tỷ số chiều rộng - chiều dài khối trượt cũng có dạng tuyến tính khá tương đồng.



### 3.4. Các loại hình khối trượt lớn

Khi xem xét trượt đất đá theo giới hạn về thể tích khối trượt, KTL thường xuất hiện ở MNPB tập trung vào 2 kiểu:

- *Trượt tịnh tiến*: trượt tịnh tiến chiếm khoảng 30% các loại trượt khối lớn xuất hiện ở MNPB. Loại trượt này có thể dịch chuyển với một khoảng cách đáng kể nếu bề mặt trượt đủ dài liên tục, mặt trượt thường là các mặt gián đoạn về thành phần thạch học hoặc khe nứt kiến tạo.
- *Trượt hỗn hợp*: là loại hình có số lượng thống kê được nhiều nhất, chiếm khoảng 65% các loại trượt khối lớn xuất hiện ở MNPB. Khi đã mở rộng tới quy mô thể tích của KTL, tác động quay quanh trục hay đổ lở giảm đi, quá trình dịch chuyển của KTL chủ yếu phụ thuộc tác động của trọng lực và tác động thủy tĩnh. Do đó, về lâu dài dịch chuyển trượt tịnh tiến chiếm ưu thế hơn so với các kiểu dịch chuyển khác.

Động lực phát triển của KTL có thể phân chia ra làm 4 giai đoạn: (1) giai đoạn trước khi mất ổn định trượt là giai đoạn giảm dần độ ổn định của khối đất đá (2) giai đoạn kích hoạt mất ổn định trượt là lúc cường độ ổn định của đất mái dốc giảm đi tương đối nhanh và rất đột ngột (3) giai đoạn sau khi mất ổn định trượt là giai đoạn ổn định trượt, lập lại ổn định của khối đất đá (4) giai đoạn tái hoạt động là giai đoạn mức độ ổn định giảm dần và biểu hiện ban đầu về dịch chuyển trượt bắt đầu xuất hiện.

## CHƯƠNG IV. ĐÁNH GIÁ NGUY CƠ HÌNH THÀNH KHỐI TRƯỢT LỚN Ở MIỀN NÚI PHÍA BẮC

### 4.1. Đặc điểm các yếu tố ảnh hưởng đến sự hình thành KTL ở MNPB

#### 4.1.1. Yếu tố thạch học

Thành phần thạch học: Kết quả thống kê cho thấy một số loại thạch học ảnh hưởng rõ đến sự hình thành KTL gồm: magma mafic, biến chất bị ép phiến và các loại biến chất khác. Các phức hệ/ hệ tầng có mức độ ảnh hưởng mạnh tới sự hình thành KTL là: Sông Chảy, Ngòi Thia, Phu Si Lung, Tú Lệ, Yeyesun, Suối Bé, Đá Đình, Chiềng Khương, Ngân Sơn, Núi Địch, Po Sen, Pu Sam Cáp, Xóm Giấu.

Khoảng cách đến ranh giới thạch học: tồn tại 2 phạm vi ảnh hưởng rất mạnh đến sự hình thành TKL. Trong phạm vi khoảng cách đến ranh giới thạch học là 400m, sự bất đồng nhất về thành phần thạch học dẫn đến sườn dốc mất ổn định thúc đẩy sự hình thành TKL là điều dễ nhận thấy trong thực tế. Trong phạm vi này, KTL thường có mặt trượt hình thành trùng với mặt không liên tục về thành phần thạch học. Với khoảng cách đến ranh giới thạch học trong phạm vi, 1.8km đến 3km, kết quả thống kê cho thấy chỉ có một số ít KTL hình thành nhưng lại chiếm ưu thế nhiều hơn so với tỷ lệ hình thành các khối trượt nhỏ nông khác.

#### 4.1.2. Yếu tố kiến tạo

Đặc điểm kiến tạo khu vực MNPB được xem xét trong bối cảnh địa động lực của 16 đới cấu trúc. Thực tế cho thấy các KTL hình thành chủ yếu dọc theo các đới đứt gãy lớn như: đới đứt gãy Điện Biên- Lai Châu, đới đứt gãy sông Đà, đới đứt gãy Than Uyên, đới đứt gãy sông Chảy, đới đứt gãy Yên Minh- Phú Lương. Ảnh hưởng của hoạt động kiến tạo đến sự hình thành KTL được xem xét rõ hơn theo yếu tố khoảng cách tới đứt gãy. Trong phạm vi 400m xung quanh đứt gãy có thể thấy ảnh hưởng tới sự hình thành KTL là rất mạnh. Ảnh hưởng của hoạt động kiến tạo tới sự hình thành KTL có xu hướng giảm dần theo khoảng cách tới đứt gãy, càng xa đứt gãy mức độ ảnh hưởng càng giảm dần.

#### 4.1.3. Yếu tố vỏ phong hóa

Ảnh hưởng của đặc điểm VPH tới sự hình thành KTL ở MNPB không chỉ cần phân tích theo chiều dày phát triển các thành tạo phong hóa mà còn cần phân tích đặc điểm thạch học quyết định đến sự hình thành mặt trượt nguy hiểm nhất. NCS tổng hợp các kiểu vỏ phong hoá dựa trên đặc điểm về địa hình kết hợp với thành phần thạch học để chia làm 6 kiểu như sau:

- VPH 1: bề dày lớp phong hóa hoàn toàn <10m, mặt trượt nguy hiểm trùng với ranh giới lớp phong hóa trung bình với phong hóa mạnh, ví dụ: KTL Dú Thượng và KTL Dú Hạ, Bản Dú, XM-HG
- VPH 2: bề dày lớp phong hóa hoàn toàn <10m, mặt trượt nguy hiểm trùng với ranh giới lớp phong hóa trung bình với phong hóa yếu, ví dụ: KTL Mường Khoa, Bắc Yên, Sơn La; KTL Bản Rịa, Quang Bình, Hà Giang.
- VPH 3: bề dày lớp phong hóa hoàn toàn trong phạm vi 10-15m, mặt trượt nguy hiểm trùng với ranh giới lớp phong hóa trung bình với phong hóa mạnh, ví dụ: KTL Tân Sơn, XM-HG và QL32 Nậm Búng, Văn Chấn, Yên Bái.
- VPH 4: bề dày lớp phong hóa hoàn toàn trong phạm vi 10-15m, mặt trượt nguy hiểm trùng với ranh giới lớp phong hóa trung bình với phong hóa yếu, ví dụ: KTL thác Khanh, Tân Lạc, Hòa Bình.
- VPH 5: bề dày lớp phong hóa hoàn toàn >15m, mặt trượt nguy hiểm trùng với ranh giới lớp phong hóa trung bình với phong hóa mạnh, ví dụ: KTL Móng Sến, Lào Cai; KTL bản Sáng Tùng, Sìn Hồ, Lai Châu.
- VPH 6: bề dày lớp phong hóa hoàn toàn >15m, mặt trượt nguy hiểm trùng với ranh giới lớp phong hóa trung bình với phong hóa yếu, ví dụ: KTL Nậm Lức, KTL Bản Rịa, KTL Bản Khoang.

**4.1.4. Nhóm yếu tố địa hình:** gồm cao độ địa hình, độ dốc địa hình, hướng dốc địa hình, độ cong địa hình, độ sâu thung lũng.

**4.1.5. Nhóm yếu tố thủy văn:** gồm chỉ số độ ẩm địa hình, khoảng cách tới sông suối, lượng mưa trung bình năm và lượng mưa trận lớn nhất.

**4.1.6. Nhóm yếu tố sử dụng đất:** chỉ số khác biệt thực vật.

**4.1.7. Yếu tố hoạt động của con người:** khoảng cách đến các công trình khai đào mái dốc (đường giao thông, các công trình dân dụng và công nghiệp).



## 4.2. Đánh giá tổng hợp tương quan thống kê các yếu tố ảnh hưởng

### 4.2.1. Tương quan cặp đôi giữa các yếu tố ảnh hưởng

Các yếu tố xem xét đều có mức tương quan độc lập tương đối và có thể coi là các biến độc lập. Kết quả đa cộng tuyến cho thấy tất cả các giá trị VIF đều thỏa mãn trong khoảng từ 1-5 nên 15 yếu tố đưa vào phân tích không bị ảnh hưởng đa cộng tuyến một cách nghiêm trọng.

### 4.2.2. Tính đa cộng tuyến các yếu tố ảnh hưởng

### 4.2.3. Lựa chọn các yếu tố ảnh hưởng cho mô hình đánh giá nguy cơ

Phân tích BMA cho thấy mô hình 1 có khả năng mô phỏng mô hình tối ưu nhất gồm 11 yếu tố: cao độ địa hình, độ dốc địa hình, độ sâu thung lũng, lượng mưa trung bình năm, lượng mưa trận lớn nhất, NDVI, thành phần thạch học, khoảng cách đến ranh giới thạch học, khoảng cách đến đứt gãy, khoảng cách đến đường giao thông.

Kết quả phân tích thành phần chính cho thấy, 5 yếu tố chính ảnh hưởng đến sự hình thành KTL ở MNPB được xếp theo thứ tự mức độ quan trọng từ cao đến thấp gồm: khoảng cách đến đường giao thông, khoảng cách đến đứt gãy, khoảng cách đến ranh giới thạch học, thành phần thạch học, độ dốc địa hình.

*Bảng 4.17. Kết quả phân tích các yếu tố thành phần chính ảnh hưởng đến sự hình thành KTL*

Yếu tố	Mô hình								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Cao độ địa hình				0.974	0.208				
Hướng dốc									-1.0
Độ dốc			0.331						
Độ sâu thung lũng						0.999			
Lượng mưa trung bình năm				0.208	-0.977				
Lượng mưa trận lớn nhất							0.997		
Chỉ số khác biệt thực vật								-1.0	
Khoảng cách đến đường giao thông	0.998								
Khoảng cách đến ranh giới thạch học		0.993							
Khoảng cách đến đứt gãy		0.994							
Thành phần thạch học			0.353						

Độ lệch chuẩn	3294.707	1658.118	754.679	448.71	2.672 e+02	5.504 e+01	14.92	10.68	4.739
Tỷ lệ phương sai	0.751	0.190	0.039	0.014	4.942 e-3	2.096 e-4	1.54 e-5	7.895 e-6	1.554 e-6
Chỉ số AUC		0.78	0.837	0.868	0.868	0.885	0.901	0.915	0.92

### 4.3. Kết quả đánh giá nguy cơ hình thành KTL

#### 4.3.1. Đánh giá nguy cơ hình thành của KTL tại MNPB

Xét một cách tổng thể 04 mô hình đánh giá nguy cơ hình thành cần thỏa mãn các điều kiện: đầy đủ, có ý nghĩa thực tiễn và giảm thiểu số lượng biến.

a./ *Mô hình hồi quy logistic*: bản đồ cho thấy, khu vực dọc theo các đới đứt gãy kiến tạo sông Đà, đới Fanxipăng, đới Điện Biên Phủ, đới sông Lô là những khu vực tập trung mật độ trượt khối lớn với nguy cơ rất cao.

b./ *Mô hình máy vector hỗ trợ*: Kết quả phân loại cho thấy sự hình thành KTL không còn phụ thuộc rõ rệt vào một yếu tố nào chính mà là sự tổng hòa của nhiều yếu tố tự nhiên và con người đan xen.

c./ *Mô hình mạng neural nhân tạo*: Nguy cơ hình thành cao và rất cao được phân tích thể hiện trong những diện tích hẹp và phân bố dọc theo các tuyến đường giao thông chính.

d./ *Mô hình tổng hợp xếp chồng*: Nguy cơ hình thành cao và rất cao được phân tích thể hiện trong những diện tích hẹp và phân bố dọc theo các tuyến đường giao thông chính. Mật độ điểm trượt khối lớn dày tập trung vào các các đới kiến tạo lớn ở miền tây bắc (đới Mường Tè, các đới đứt gãy kiến tạo sông Đà, đới Fanxipăng, đới Điện Biên Phủ, đới sông Lô) và giảm dần ở khu vực đông bắc. Một số địa phương có mật độ nguy cao lớn thuộc khu vực các huyện Mường Tè, Sơn Hồ, Tam Đường, Than Uyên (Lai Châu); Xín Mần, Hoàng Su Phì, Vị Xuyên Quang Bình (Hà Giang); Sa Pa (Lào Cai); Pắc Nặm, Ba Bể (Bắc Kạn); Đà Bắc (Hòa Bình); Mộc Châu (Sơn La); Mù Cang Chải (Yên Bái). (hình 4.9)

e./ *Kiểm tra kết quả đánh giá bằng các công cụ thống kê*

*Bảng 4.19. Tổng hợp các thông số đánh giá các mô hình máy học*

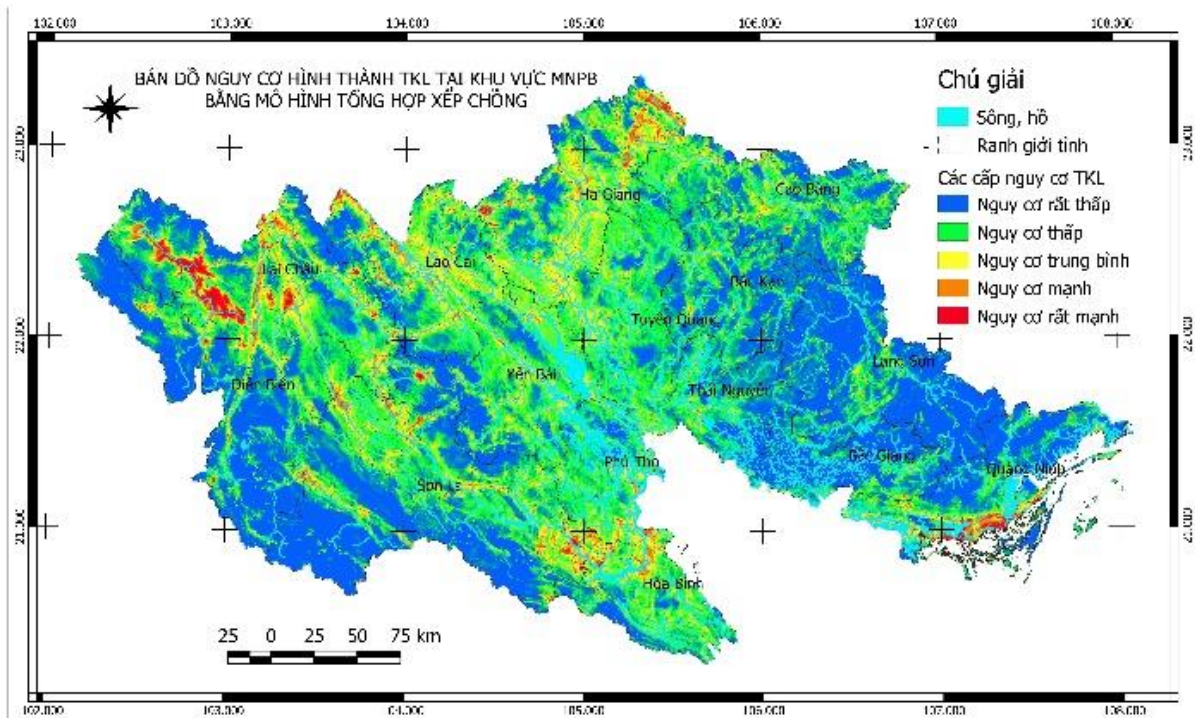
Mô hình	ACC	95%CI	Kappa	AUC
Hồi quy logistic	0.7784	0.7424 - 0.8115	0.3095	0.911
Máy vector hỗ trợ	0.799	0.7641 - 0.8308	0.3603	0.905
Mạng neural nhân tạo	0.7852	0.7496 - 0.8179	0.3644	0.883
Tổng hợp xếp chồng mô hình	0.7938	0.7586 - 0.826	0.3943	0.920
Mô hình xếp chồng đã giảm các yếu tố ảnh hưởng	0.7222	0.6901 - 0.7515	0.4163	0.837

Mô hình tổng hợp xếp chồng là mô hình có mức độ tin cậy nhất trong các mô hình xem xét. Và khi giảm số lượng các biến số còn 5 yếu tố chính, mô hình vẫn đánh giá chính xác 83,7% các trường hợp TKL ở MNPB.

f./ *Đánh giá nguy cơ hình thành KTL tại XM-HG*

Kết quả đánh giá nguy cơ hình thành KTL tại XM-HG cho thấy nguy cơ rất cao xuất hiện ở khu vực phía Tây Bắc huyện XM-HG, là nơi đan xen nhiều hệ

thông đứt gãy và cũng là nơi có nhiều hệ tầng với các tập thạch học khác nhau. Cấu trúc địa chất khu vực phía Tây Bắc của huyện có hệ tầng Hà Giang nằm bất chỉnh hợp trên phức hệ Sông Chảy. Khu vực phía Nam chủ yếu là nguy cơ trung bình đến không có nguy cơ, rất ít vị trí có nguy cơ cao.



*Hình 4.9. Bản đồ đánh giá nguy cơ hình thành trượt khu vực MNPB xây dựng theo mô hình tổng hợp xếp chồng (thu nhỏ ở tỷ lệ 1:200.000)*

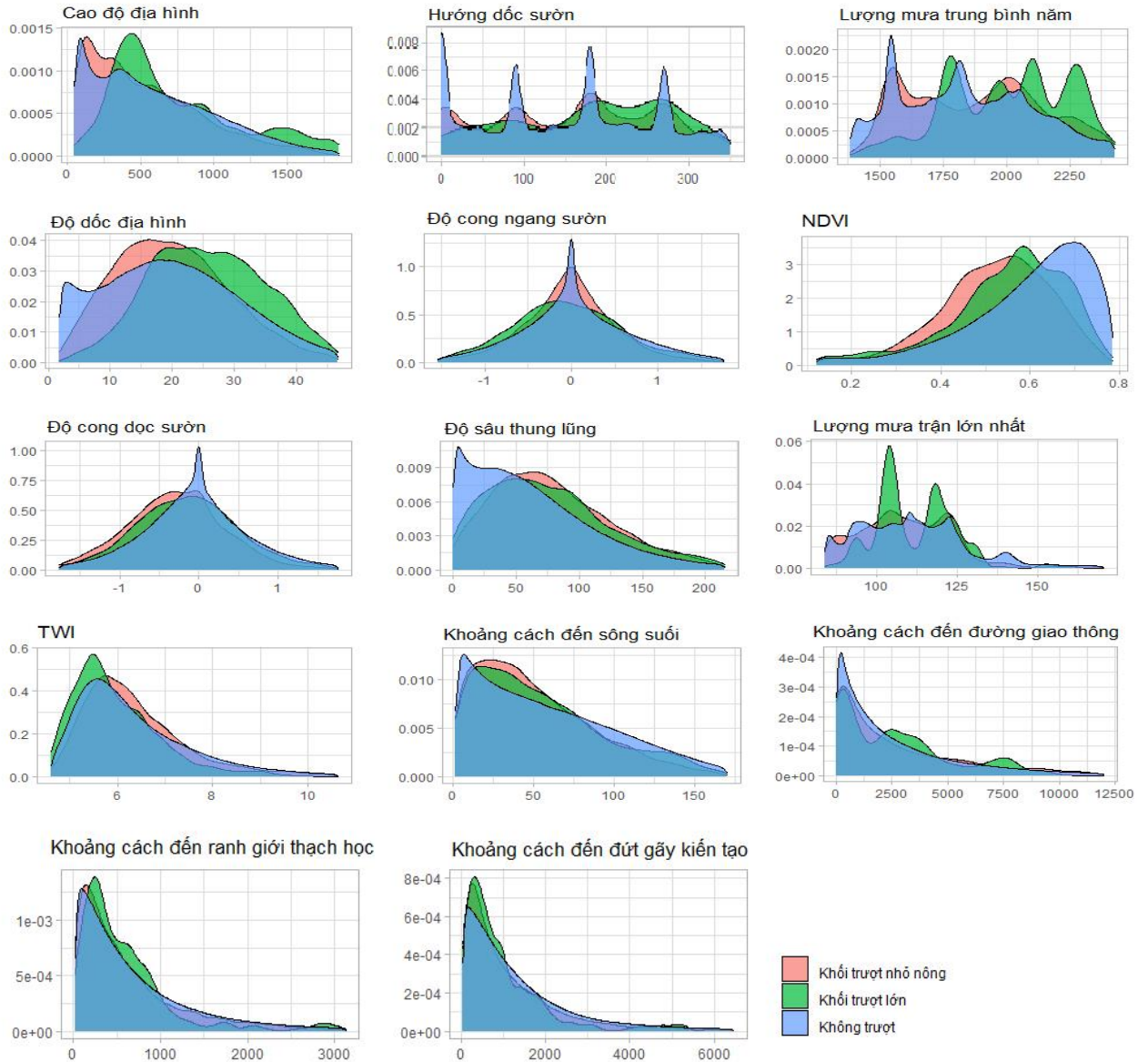
#### 4.3.2. Nhận định về quy luật phân bố KTL ở MNPB

Kiến tạo, thạch học, độ dốc địa hình và hoạt động nhân sinh là các yếu tố chính dẫn đến sự hình thành KTL ở MNPB. Khả năng xuất hiện KTL có xu hướng chiếm ưu thế hơn khi: độ dốc từ  $>25^\circ$ ; khoảng cách đến ranh giới thạch học trong phạm vi từ 200-1.000m; thành phần thạch học bao gồm các đá có thành phần gabbro, đá vôi, than đá, dăm kết, tuff, phiến sét; nằm trong phạm vi ảnh hưởng của đới dập vỡ kiến tạo; nằm gần với ranh giới thạch học.

Qua kết quả thống kê ở trên, sự khác biệt giữa KTL và KTNN có một số điểm được thể hiện ở một số yếu tố như sau:

- Cao độ địa hình: KTL phân bố với mật độ lớn và khác biệt với khối nhỏ nông ở khoảng cao độ từ 400-550m.
- Độ dốc: trong khoảng độ dốc từ  $>25^\circ$ , KTL xuất hiện nhiều hơn hẳn so với khối nhỏ nông nên lúc này, khối nhỏ nông xuất hiện chỉ như hiện tượng đi kèm cùng với các KTL.
- Khoảng cách đến ranh giới thạch học: trong phạm vi từ 200-1000m ranh giới thạch học ảnh hưởng rõ rệt tới mật độ hình thành KTL hơn các loại khối nhỏ nông.
- Thành phần thạch học: trên đồ thị hình 3.19, các vị trí có sự khác biệt về tần xuất TKL và khối nhỏ nông là các vị trí có thạch học thuộc nhóm đá gabbro, đá vôi, than đá, dăm kết.

- Khoảng cách tới đứt gãy: KTL thường nằm ngay trên đứt gãy hoặc cách xa đứt gãy khoảng từ 1000-1600m, vì vậy ở những khoảng cách này KTL có khả năng xuất hiện cao hơn khối trượt nhỏ, nông.
- Khoảng cách tới đường giao thông: trong phạm vi 200m KTL chịu ảnh hưởng rất mạnh của hoạt động của con người, đặc biệt là bạt mái taluy để làm đường giao thông.



Hình 4.12. Tổng hợp tương quan phân phối mật độ xác suất giữa vị trí TKL, KTNN và các điểm không xác định trượt của các yếu tố ảnh hưởng đến sự hình thành KTL



## CHƯƠNG V. PHÂN TÍCH ĐẶC ĐIỂM ĐỘNG LỰC HỌC TRƯỢT KHỎI LỚN KHU VỰC HUYỆN XÍN MÀN, TỈNH HÀ GIANG

### 5.1. Các biểu hiện động lực học của KTL

Về diễn biến và tốc độ dịch chuyển của KTL: chuyển động chậm kéo dài trên một khu vực rộng, chuyển động thành nhiều đợt không liên tục trên phạm vi rộng, chuyển động nhanh hoặc rất nhanh khi có mưa lớn diễn ra.

Về dấu hiệu biến dạng bề mặt: rãnh xói mở rộng nhanh và sâu, gờ lượn sóng ngang KTL, vách trượt nhỏ nối tiếp nhau, bề mặt có trũng sũng nước liên tục, khe nứt tách.

Về phạm vi tác động: tác động của hiện tượng TKL cũng thường gây ra các thiệt hại rất lớn về kinh tế và con người gồm 3 dạng: gây chết nhiều người, gây thiệt hại lớn về an sinh - kinh tế, thúc đẩy các dạng tai biến khác.

### 5.2. Hệ thống quan trắc hiện trường KTL ở tại XM-HG

Dữ liệu quan trắc KTL tại huyện Xín Màn được NCS duy trì ghi đo từ 3 loại quan trắc: quan trắc mưa, quan trắc địa kỹ thuật, quan trắc bề mặt T-InSar. Do đặc thù công nghệ của mỗi loại quan trắc, chiều dài chuỗi dữ liệu thu được và đối tượng cần thu nhận, các dữ liệu được tích hợp lại với nhau và với thời điểm ghi nhận sự kiện trượt khối lớn ở trong khu vực nghiên cứu theo thời gian.

#### 5.2.1. Quan trắc mưa

*Bảng 5.2. Đặc điểm thống kê về mưa giữa các trạm quan trắc mưa xung quanh khu vực huyện Xín Màn*

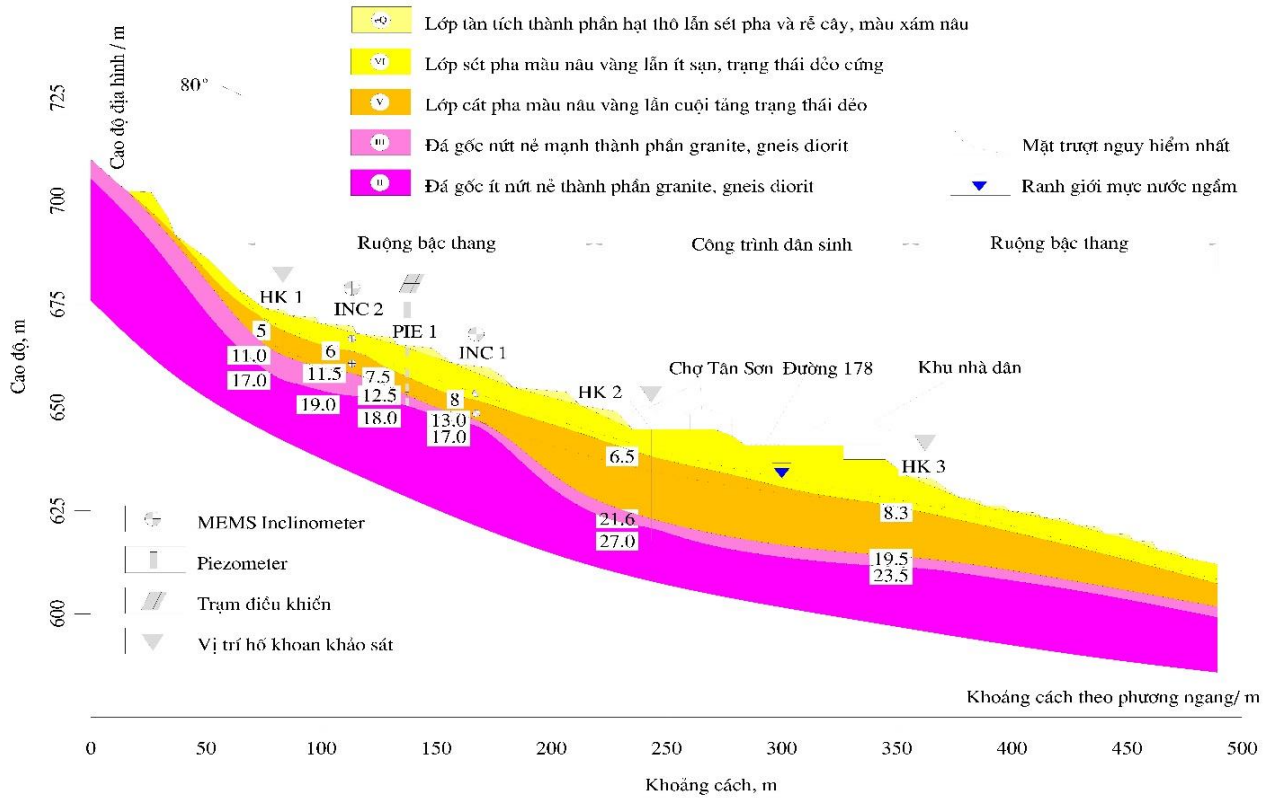
Trạm	Nấm Dẩn (XM-HG)	Cốc Pài (XM-HG)	Vinh Quang (Hoàng S. Phi)	Yên Bình (Quang Bình)	Nậm Ty (Hoàng S. Phi)
Lượng mưa trung bình (mm)	3444,6	2831,3	3515,5	2940,8	4073,4
Lượng mưa ngày lớn nhất (mm)	168	175,3	201,5	171,2	214,8

Qua thống kê cho thấy, số liệu mưa giữa các trạm quanh địa bàn XM-HG cho thấy trạm Nấm Dẩn và Cốc Pài không có sự khác biệt thống kê nên được sử dụng trong luận giải các kết quả quan trắc khác và sự kiện trượt liên quan.

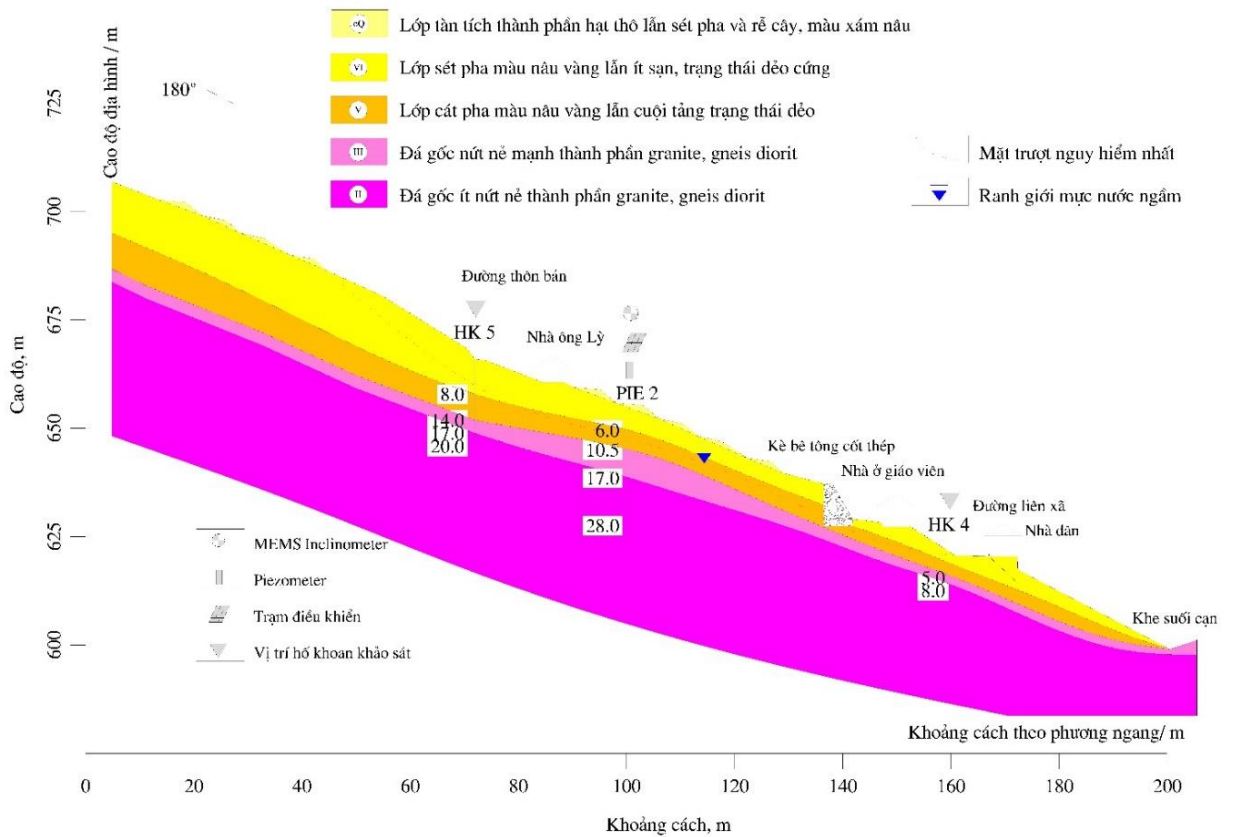
#### 5.2.2. Quan trắc địa kỹ thuật

Dựa vào kết quả khoan khảo sát địa chất và xác định sơ bộ mặt trượt nguy hiểm của từng KTL 13 cảm biến được lắp vào thân khối trượt.

a./ *Dữ liệu quan trắc bằng piezometer*: Dữ liệu thu được cho thấy rất rõ sự biến đổi theo chu kỳ mùa và chu kỳ ngày. Mùa mưa bắt đầu vào khoảng tháng 5, áp lực nước lỗ rỗng biến đổi liên tục và liên tục lập thành các đỉnh phụ thuộc vào từng trận mưa lớn hay kéo dài và đến cuối mùa mưa thì có xu hướng giảm dần bắt đầu từ tháng 11. Vào các tháng mùa khô, những cơn mưa nhỏ không đủ lượng nước làm gia tăng áp lực nước lỗ rỗng trong đất để tạo thành các đỉnh nhọn.



Hình 5.1. Mặt cắt địa chất công trình KTL chợ Tân Sơn, Nám Dán



Hình 5.2. Mặt cắt địa chất công trình KTL Dúu Thượng, xã Bản Dúu  
 b./ Dữ liệu quan trắc bằng inclinometer: Số liệu dịch chuyển tích lũy của cảm biến tại KTL Tân Sơn cho thấy diễn biến dịch chuyển vào mùa mưa là chủ yếu



vào mùa khô không nhận thấy diễn biến dịch chuyển lớn xảy ra. Số lượng lần dịch chuyển vào năm 2017 là nhiều nhất và cũng tương đồng theo các ghi nhận về hiện tượng trượt xảy ra quanh huyện Xín Mần trong năm này. Đáng quan tâm nhất là khoảng dịch chuyển giữa các lần dịch chuyển là không đồng nhất. Ta có thể thấy xu hướng giảm dần mức độ dịch chuyển của khối trượt lớn ở chợ Tân Sơn Sơn là rất rõ rệt. Đường như như KTL chợ Tân Sơn đang chuyển dần chuyển sang trạng thái ổn định.

**5.2.3. Quan trắc bằng công nghệ radar giao thoa:** mức độ dịch chuyển của các điểm trên bề mặt KTL là không đồng nhất và không liên tục theo **Saverio Romeo (2020)**

### 5.3. Phân tích động học một số KTL dựa vào các kết quả quan trắc

#### 5.3.1. Ảnh hưởng của mưa và sự dao động mực nước ngầm tới vận động của KTL

Để làm rõ quan hệ giữa áp lực nước lỗ rỗng với chiều sâu, áp lực nước lỗ rỗng được xem xét như một hàm tương quan với chiều sâu được gọi là hệ số áp lực nước lỗ rỗng ( $r_u$ ), xác định theo công thức:

$$r_u = \frac{u}{\gamma * z * 10}$$

Trong đó:  $u$  là áp lực nước lỗ rỗng (kPa),  $\gamma$  khối lượng thể tích của đất ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ),  $z$  chiều sâu xác định áp lực nước lỗ rỗng (m), 10 là hệ số chuyển đổi đơn vị để  $\gamma z$  tương đồng với  $u$

Khi đó, giá trị áp lực nước lỗ rỗng tại các độ sâu khác nhau đã được quy đồng về cùng một tỷ lệ nhất định và có thể so sánh giữa các độ sâu khác nhau.

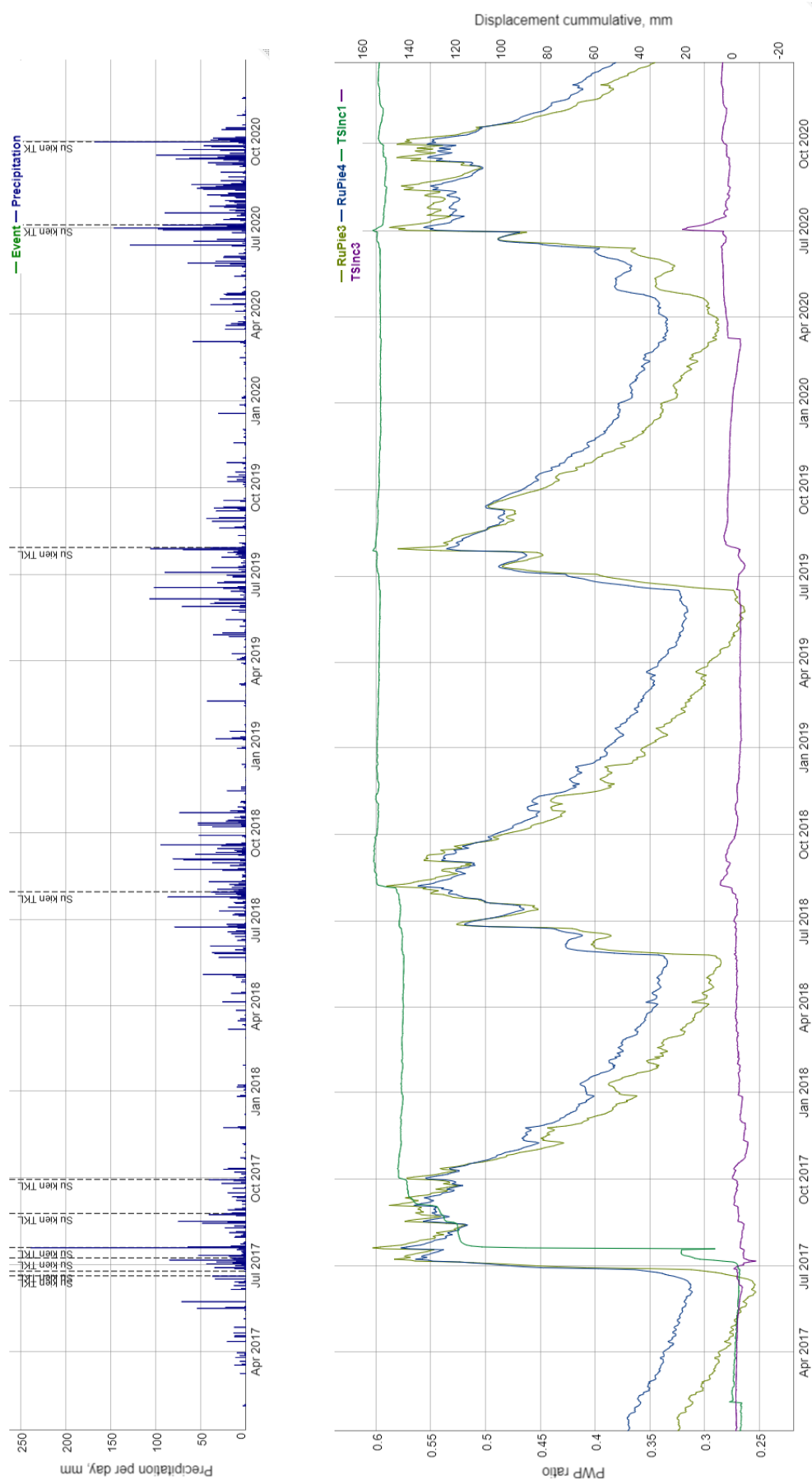
Phân tích dữ liệu quan trắc theo giờ có thể thấy, độ trễ giữa áp lực nước lỗ rỗng và dịch chuyển luôn có một khoảng cách nhất định. Dữ liệu tại trạm Nấm Dẩn đã chỉ ra rõ hơn, khi hệ số áp lực nước lỗ rỗng nhỏ hơn 0,53, cho dù hệ số áp lực nước lỗ rỗng có tăng giảm hay dao động thì cũng không nhận thấy dịch chuyển ngang nào đáng kể trong KTL (**hình 5.8**). Khi hệ số áp lực nước lỗ rỗng lớn hơn 0,53, diễn biến biến đổi của hệ số áp lực nước lỗ rỗng luôn tỷ lệ thuận và nhanh hơn với diễn biến dịch chuyển ngang của cảm biến gần mặt đất trong hố khoan từ 3 đến 12 giờ. Tại trạm Bản Dú, do khối trượt có trạng thái khá ổn định nên các diễn biến chuyển vị ngang trên bề mặt mái dốc đo được là rất nhỏ. Vậy nên, khi hệ số áp lực nước lỗ rỗng tại vị trí gần mặt trượt nguy hiểm nhất vượt quá 0,53 tương đương với việc vượt quá ngưỡng cảnh báo cần chú ý.

Xem xét các thời điểm có giá trị quan trắc  $r_u \geq 0,53$  (ngày 08/07/2017, 01/10/2017, 25/07/2019, 04/07/2020, 30/09/2020), diễn biến mưa phổ biến là mưa liên tiếp trong nhiều ngày trước đó và đột ngột lớn hơn vào ngày liền kề trước đó. Một số ngày có lượng mưa rất lớn (20/07/2017, 17/08/2017, 30/07/2019) cũng gây ra hiện tượng hệ số  $r_u$  tăng nhanh vượt quá giá trị 0,53. Đáng chú ý, các ngày này không chỉ ghi nhận diễn biến dịch chuyển tại KTL được quan trắc mà còn ghi nhận sự kiện trượt đất đá ở trong địa bàn XM-HG.

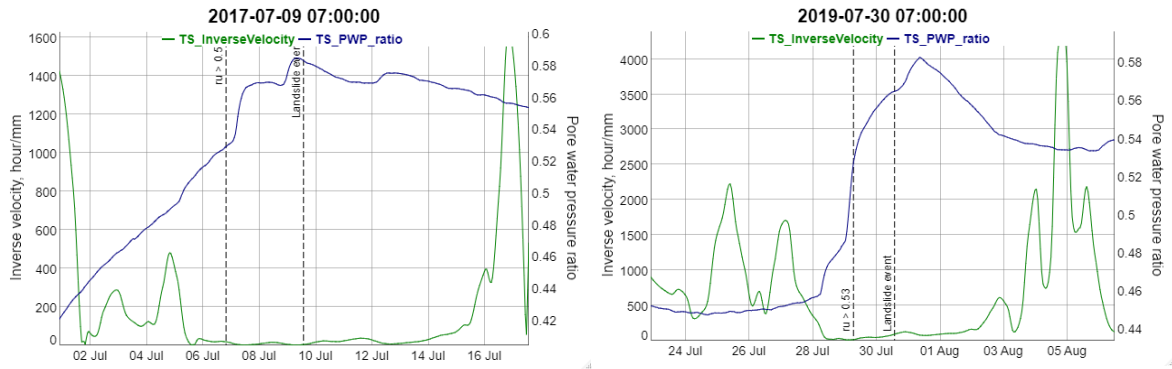
#### 5.3.2. Diễn biến dịch chuyển của các KTL

Quan sát xu hướng vận tốc nghịch đảo sau trận mưa vào ngày 01/10/2020 tại KTL Tân Sơn cho thấy khối trượt đã có dịch chuyển sang một mức độ ổn định

mới. Giá trị vận tốc ngược giảm nhanh (từ lớn hơn 350hour/mm) và có xu hướng tiệm cận với trục hoành (trục thời gian) ở giá trị 18.2 hour/mm. Phân tích tương tự, qua thống kê các giá trị vận tốc ngược tại khối trượt Tân Sơn thấy rằng giá trị vận tốc ngược đều chỉ tiệm cận đến trục hoành và giá trị thấp nhất là 9hour/mm.



*Hình 5.6. Kết quả quan trắc lượng mưa, áp lực nước lỗ rỗng, dịch chuyển ngang trong hồ khoan tại trạm Tân Sơn- Năm Dân tộc tích hợp với các sự kiện trượt đất đã ghi nhận tại XM-HG từ năm 2007 đến 2021*



Hình 5.8. Tương quan giá trị hệ số áp lực nước lỗ rỗng quanh một số thời điểm ru vượt quá 0,53 với dịch chuyển cộng dồn và vận tốc dịch chuyển tại trạm Tân Sơn

Hình 5.8 cho thấy giao điểm giữa việc tăng tỷ lệ áp suất nước lỗ rỗng trên 0,53 và giảm giá trị vận tốc nghịch xuống dưới 25 giờ / mm được coi là điểm bắt đầu nguy hiểm. Từ đó đến khi xuất hiện TKL vận tốc nghịch đảo luôn có xu hướng tiệm cận với trục hoành.

So sánh tương quan giữa diễn biến dịch chuyển bằng quan trắc địa kỹ thuật với T-InSar, NCS chọn điểm quan sát P14 là vị trí lắp đặt trạm quan trắc địa kỹ thuật. cho thấy, chuỗi thời gian dịch chuyển của điểm P14 tương ứng với dịch chuyển phần trên của lỗ khoan nơi đặt cảm biến inclinometer của trạm quan trắc.

#### 5.4. Phân tích động lực KTL dựa vào các mô hình Địa kỹ thuật

##### 5.4.1. Phân tích ổn định KTL

Bảng 5.5. Tổng hợp kết quả phân tích FoS của KTL Tân Sơn và Dúu Thượng theo các mức hệ số áp lực nước lỗ rỗng khác nhau.

Hệ số áp lực nước lỗ rỗng $r_u$	Hệ số ổn định KTL	
	Tân Sơn	Dúu Thượng
0,6	1,026	0,998
0,55	1,098	1,094
0,53	1,143	1,132
0,5	1,192	1,183
0,45	1,279	1,245
0,4	1,331	1,382

Với kết quả phân tích ổn định theo phương pháp cân bằng tổng quát GLE như trên cho thấy KTL Tân Sơn và Dúu Thượng đều có nguy cơ mất ổn định khi giá trị  $r_u$  vượt quá 0,53.

##### 5.4.2. Phân tích phạm vi ảnh hưởng của KTL

Kết quả phân tích phạm vi vận động của KTL Dúu Thượng bằng phần mềm LS Rapid cho thấy, khi  $r_u$  đạt 0,53 thì toàn bộ khối trượt đã được hình thành và chỉ cần sau khoảng 6,5 giây thì các mảng vụn đã đạt được vận tốc tối đa là 21 m/giây. Chiều dài phạm vi ảnh hưởng là: 190m.

Kết quả phân tích phạm vi vận động của KTL Tân Sơn bằng phần mềm LS Rapid cho thấy, khi  $r_u$  đạt 0,53 thì toàn bộ khối trượt đã được hình thành và chỉ

cần sau khoảng 8 giây thì các mảng vụn đã đạt được vận tốc 20 m/giây. Chiều dài phạm vi ảnh hưởng là 210m.

### 5.5. Giải pháp giảm thiểu tác động của KTL

Do đó, để xử lý hiệu quả cần tích hợp các nhóm giải pháp một cách đan xen phù hợp với giai đoạn phát triển của KTL và môi trường xung quanh. Bên cạnh đó, việc áp dụng giải pháp giảm thiểu ảnh hưởng của KTL cần hướng tới tính chủ động trong ứng phó và khả năng liên kết giữa các nguồn lực sẵn có. Với các kết quả nghiên cứu như trên, NCS đề xuất 3 nhóm giải pháp cơ bản nhằm giảm thiểu tác động của hiện tượng TKL.

#### 5.5.1. Nâng cao hiệu quả của công tác khảo sát và khả năng nhận diện KTL

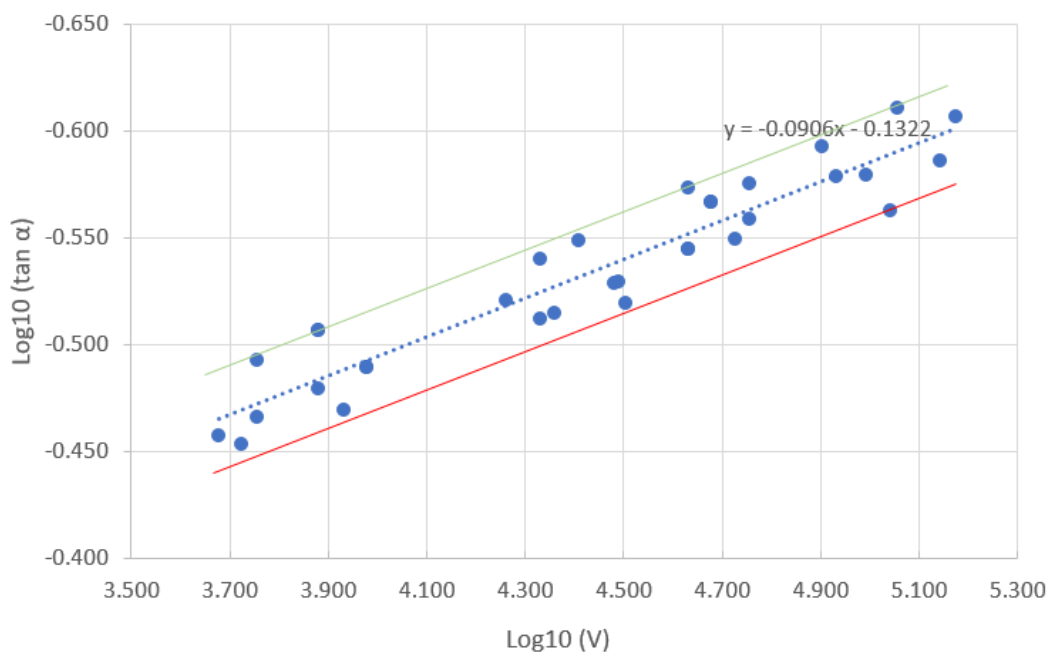
#### 5.5.2. Quy hoạch sử dụng đất ở khu vực nguy cơ cao về trượt khối lớn

a./ Sử dụng đất hợp lý ở khu vực có nguy cơ cao về trượt khối lớn

b./ Phân tích phạm vi ảnh hưởng của KTL

Phạm vi ảnh hưởng là một đặc trưng quan trọng của động học trong nghiên cứu trượt đất đá. Theo số liệu thống kê về quan hệ giữa khoảng phạm vi ảnh hưởng ( $\log_{10}(\tan \alpha)$ ) với thể tích KTL ( $\log_{10}(V)$ ) ta thấy có quan hệ tuyến tính theo công thức kinh nghiệm:

$$\text{Log}_{10}(\tan \alpha) = -0.0906 * \text{Log}_{10}(V) - 0.1321$$



*Hình 5.19. Dự đoán xác suất 90%, 50%, và 10% khoảng phạm vi ảnh hưởng (đường màu xanh lá cây, nét đứt xanh da trời, đỏ) dựa theo thể tích KTL cho khu vực XM-HG*

Nếu coi phạm vi mà 90% KTL có thể ảnh hưởng tới là ranh giới phạm vi an toàn thì công thức xác định khoảng phạm vi ảnh hưởng tối đa theo thể tích khối trượt là:

$$\text{Log}_{10}(\tan \alpha) = -0.0906 * \text{Log}_{10}(V) - 0.1542584$$

Đây có thể coi như phạm vi giới hạn an toàn cho việc bố trí các công trình dân sinh trong khu vực chịu ảnh hưởng của KTL.

### 5.5.3. Giải pháp quan trắc phục vụ cảnh báo sớm

Với điều kiện quan trắc của huyện Xín Mần và các công nghệ hiện có, NCS đề xuất công nghệ dự báo dựa vào sự kết hợp giữa số liệu khí tượng, bản đồ dự báo nguy cơ và kết quả quan trắc tại trạm hiện trường cho XM-HG. Quy trình quan trắc này gồm 4 bước: khoanh vùng phạm vi, tổng hợp dữ liệu cần thiết, phân tích nguy cơ, kiểm định lại mô hình.

## KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Từ các kết quả trình bày ở trên, các kết luận được rút ra như sau:

- (1) Qua thống kê tổng hợp số liệu của 8.304 khối trượt đất đá trên toàn phạm vi MNPB cho thấy, phân phối thống kê tần suất xuất hiện của logarit thể tích khối trượt tuân theo quy luật phân phối chuẩn và giới hạn về thể tích của KTL (mức độ tin cậy 95%) ở mức 4.500 m<sup>3</sup>.
- (2) KTL ở khu vực MNPB phần lớn là kiểu trượt tịnh tiến và hỗn hợp, mặt trượt nguy hiểm nhất nằm ở mặt không liên tục giữa ranh giới về thành phần thạch học hoặc khe nứt kiến tạo.
- (3) Các yếu tố ảnh hưởng đến sự hình thành KTL trong môi trường tự nhiên có khả năng tương tác lẫn nhau trong mô hình hồi quy. Kết quả phân tích tương quan và phân tích đa cộng tuyến cho phép xác định các yếu tố có tương quan cao với các yếu tố khác như: độ cong ngang sườn, độ cong dọc sườn, TWI và khoảng cách đến sông suối.
- (4) Sự hình thành KTL ở khu vực MNPB chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố tự nhiên và nhân tạo. Kết hợp phương pháp phân tích thống kê và học máy cho thấy phương pháp tổng hợp xếp chồng cho kết quả đáng tin cậy nhất, nguy cơ hình thành TKL được đánh giá qua xem xét 11 yếu tố ảnh hưởng, trong đó 5 yếu tố chính mang tính chất quyết định gồm: khoảng cách đến đường giao thông, khoảng cách đến đứt gãy khoảng cách đến ranh giới thạch học, thành phần thạch học, độ dốc địa hình.
- (5) Hệ thống quan trắc hiện trường TKL bao gồm các quan sát biến đổi địa hình bề mặt, quan trắc lượng mưa theo giờ và thiết bị quan trắc áp lực nước lỗ rỗng, đo dịch chuyển ngang ở các độ sâu khác nhau trong mái dốc phù hợp với điều kiện thực tế và cho phép nghiên cứu định lượng đặc điểm động lực học của một số KTL tại XM-HG.
- (6) Đặc điểm động lực học KTL tại XM-HG được đặc trưng bởi sự dịch chuyển không đồng nhất tại nhiều vị trí mặt trượt khác nhau. Dịch chuyển KTL tuân theo quá trình tích lũy biến dạng và diễn biến theo mùa. Thời điểm xuất hiện dịch chuyển KTL diễn ra vào mùa mưa áp lực nước lỗ rỗng gia tăng nhanh tại vị trí mặt trượt nguy hiểm, đồng thời giá trị của  $r_u \geq 0,53$ .
- (7) Trên cơ sở phân tích thống kê các KTL ở XM-HG kết hợp với phân tích phạm vi ảnh hưởng dựa vào thể tích khối trượt theo các công thức kinh

nghiệm cho thấy, giới hạn về phạm vi ảnh hưởng được xác định theo công thức dựa vào thể tích KTL:  $\log_{10}(\tan \alpha) = -0,0906 * \log_{10}(V) - 0,1542584$ . Đây là một căn cứ để đề xuất giải pháp hạn chế ảnh hưởng của KTL trong thiết kế quy hoạch công trình và có ý nghĩa thực tiễn cho công tác PCTT.

Với những nội dung và kết luận như trên, NCS đề xuất 2 kiến nghị như sau:

- (1) Kết quả đánh giá nguy cơ hình thành KTL có tác dụng tốt cho việc cảnh báo sớm tai biến TKL, lựa chọn vị trí tái định cư phù hợp, di dời người dân ra khỏi vùng nguy hiểm. Việc thành lập các bản đồ nguy cơ hình thành phụ thuộc vào tỷ lệ nghiên cứu và phạm vi nghiên cứu. Đối với luận án này, NCS tập trung phân tích ở mức tỷ lệ 1/200.000. Đối với các nghiên cứu ở tỷ lệ chi tiết hơn cần phân tích với các yếu tố cụ thể hơn như: cấu trúc vỏ phong hóa, nếp uốn, mức độ đập vỡ của đá gốc, thể nằm của đá gốc... Vì vậy, cần tiếp tục nghiên cứu hiện tượng trượt đất đá ở những mức độ chi tiết hơn.
- (2) Hệ thống cảnh báo sớm tai biến trượt đất đá là giải pháp chủ động, đem lại hiệu quả cao, nhưng chưa được đầu tư đầy đủ. Hệ thống cảnh báo sớm tai biến trượt đất đá ở Việt Nam mới chỉ được một số đề tài nghiên cứu áp dụng thử nghiệm một số công nghệ tiên tiến của nước ngoài. Cần có cách tiếp cận phù hợp với điều kiện Việt Nam và đáp ứng độ tin cậy trong thông tin cảnh báo. Vậy nên, cần có nhiều nguồn đầu tư, xã hội hóa việc trang bị các hệ thống cảnh báo sớm tai biến TKL nói riêng và trượt đất đá nói chung.

### **NHỮNG ĐÓNG GÓP MỚI CỦA LUẬN ÁN**

- Đã hệ thống hóa được các đặc trưng chủ yếu của các KTL trên toàn bộ MNPB dựa trên các phương pháp phân tích thống kê.
- Thành lập được bản đồ đánh giá mức độ nguy cơ hình thành KTL ở MNPB bằng cách kết hợp phân tích thống kê và học máy.
- Xây dựng được quy trình phân tích dữ liệu quan trắc hiện trường các thông số địa kỹ thuật phù hợp với điều kiện thực tế của KTL tại XM-HG.
- Xác định hệ số áp lực nước lỗ rỗng ru tại vị trí mặt trượt nguy hiểm khi có dịch chuyển đáng kể của KTL, hỗ trợ công tác cảnh báo sớm nguy cơ mất ổn định KTL tại XM-HG.



## DANH MỤC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC CÔNG BỐ LIÊN QUAN

- 1./ Tran Quoc Cuong, Do Minh Duc, Abolfazl Jaafari, Nadhir Al-Ansari, **Dao Minh Duc**, Van Duc Tung, Nguyen Duc Anh, Tran Trung Hieu, Ho Si Lanh, Nguyen Huu Duy, Indra Prakash, Le Van Hiep, Pham Thai Binh (2020). Novel Ensemble Landslide Predictive Models Based on the Hyperpipes Algorithm: A Case Study in the Nam Dam Commune, Vietnam. Applied Sciences No.10(11).
- 2./ **Dao Minh Duc**, Tran Quoc Cuong, Do Minh Duc, Dang Thi Thuy (2018). Analysis of pore water pressure and slope displacement by historical rain series in Xin Man district, Ha Giang province, Vietnam. Proceedings of the 4th International conference Vietgeo 2018, pages 499-509.
- 3./ **Đào Minh Đức**, Hoàng Hải Yên, Nguyễn Khắc Hoàng Giang, Đinh Thị Quỳnh (2017). Lựa chọn áp lực cố kết và tốc độ cắt phù hợp trong thí nghiệm cắt xoay nhằm xác định sức kháng cắt dư cho đất sườn tích trên khu vực khối trượt lớn chợ Tân Sơn, xã Năm Dẩn, huyện Xín Mần, tỉnh Hà Giang. Tuyển tập Hội nghị cơ học toàn quốc lần thứ X, tập 2, trang 728-738.
- 4./ Do Minh Duc, **Dao Minh Duc**, Do Minh Ngoc (2018). Effects of residual soil characteristics on rainfall-induced shallow landslides along transport arteries in Bac Kan province, Vietnam. Advances and applications in Geospatial technology and Earth resources - GTER 2017, pages 202-223.
- 5./ Do Minh Duc, Dang Quang Khang, **Dao Minh Duc**, Do Minh Ngoc, Dinh Thi Quynh, Dang Thi Thuy, Nguyen Khac Hoang Giang, Pham Van Tien, Nguyen Huu Ha (2020). Analysis and modeling of a landslide-induced tsunami-like wave across the Truong river in Quang Nam province, Vietnam. Landslides, Vol.17, pages 2329–2341.
- 6./ Saverio Romeo, Quoc Cuong Tran, Giandomenico Mastrantoni, Duc Do Minh, **Duc Dao Minh**, Huy Thang Nguyen, Duc Anh Nguyen, Paolo Mazzanti (2020). Remote monitoring of natural slopes: insights from the first terrestrial insar campaign in Vietnam. Italian Journal of Engineering Geology and Environment, No.20(1), pages 55-63.
- 7./ Tran Van Tu, **Dao Minh Duc**, Nguyen Mạnh Tung, Van Duy Cong (2016). Preliminary assessments of debris flow hazard in relation to geological environment changes in mountainous regions, North Vietnam. Vietnam Journal of Earth Sciences, Vol.38, pages 277-286.
- 8./ Tran Van Tu, **Dao Minh Duc**, Nguyen Manh Tung, Van Duy Cong (2015). Formation and development of debris flows in Vietnam. VietRock 2015 International symposium – Rock mechanics for sustainable development, pages 259-272.