

**VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM  
CHƯƠNG TRÌNH KHCN CẤP QUỐC GIA GIAI ĐOẠN 2016-2020  
KHCN-TN/16-20**

**“Khoa học và công nghệ phục vụ phát triển kinh tế - xã hội Tây Nguyên  
trong liên kết vùng và hội nhập quốc tế”**

**(Chương trình Tây Nguyên 2016-2020)**

---

**BÁO CÁO TÓM TẮT**  
**KẾT QUẢ ĐỀ TÀI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ CẤP QUỐC GIA**

**NGHIÊN CỨU CƠ SỞ KHOA HỌC, XÂY DỰNG HỆ THỐNG  
QUAN TRẮC CẢNH BÁO TRƯỢT TỰ ĐỘNG TẠI MỘT SỐ  
KHU ĐÔ THỊ TRỌNG ĐIỂM KHU VỰC TÂY NGUYÊN  
MÃ SỐ: TN18/T13 (2018 - 2021)**

**Chủ nhiệm đề tài: ThS. Nguyễn Việt Tiến**

**Cơ quan chủ trì: Viện Địa chất**

**Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam**

VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM  
CHƯƠNG TRÌNH KHCN CẤP QUỐC GIA GIAI ĐOẠN 2016-2020  
KHCN-TN/16-20

“Khoa học và công nghệ phục vụ phát triển kinh tế - xã hội Tây Nguyên  
trong liên kết vùng và hội nhập quốc tế”

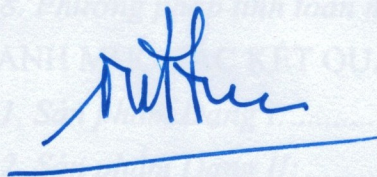
(Chương trình Tây Nguyên 2016-2020)

**BÁO CÁO TÓM TẮT**  
**KẾT QUẢ ĐỀ TÀI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ CẤP QUỐC GIA**

**NGHIÊN CỨU CƠ SỞ KHOA HỌC, XÂY DỰNG HỆ THỐNG  
QUAN TRẮC CẢNH BÁO TRƯỢT TỰ ĐỘNG TẠI MỘT SỐ  
KHU ĐÔ THỊ TRỌNG ĐIỂM KHU VỰC TÂY NGUYÊN**

Mã số: TN18/T13

**CHỦ NHIỆM ĐỀ TÀI**



**ThS. Nguyễn Việt Tiến**

**VIỆN ĐỊA CHẤT**



**PHÓ VIỆN TRƯỞNG**

**Trần Quốc Cường**

**CHƯƠNG TRÌNH TÂY NGUYÊN  
2016-2020**

**KT. CHỦ NHIỆM  
PHÓ CHỦ NHIỆM**



**TS.NCVCC. Nguyễn Đình Kỳ**

**VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC  
VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM**

**TL. CHỦ TỊCH**



**Đặng Xuân Phong**

**HÀ NỘI - 2021**

## MỤC LỤC

MỤC LỤC.....	1
DANH MỤC HÌNH - BẢNG .....	2
MỞ ĐẦU.....	3
1. THÔNG TIN CHUNG ĐỀ TÀI.....	4
1.1. Mục tiêu của đề tài .....	4
1.2. Các nội dung nghiên cứu.....	4
1.3. Phạm vi nghiên cứu và thời gian thực hiện.....	4
1.4. Cơ sở pháp lý.....	4
2. CÁC PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU .....	5
2.1. Phương pháp phân tích đánh giá tổng hợp các số liệu và thông tin thu thập.....	5
2.2. Phương pháp phân tích viễn thám.....	5
2.3. Phương pháp điều tra khảo sát thực địa .....	5
2.4. Nhóm phương pháp khảo sát địa vật lý và khoan khảo sát địa chất công trình, lấy mẫu phân tích thí nghiệm .....	6
2.5. Phương pháp quan trắc.....	6
2.6. Các phương pháp nghiên cứu chuyên gia.....	6
2.7. Phương pháp xây dựng bản đồ cảnh báo nguy cơ trượt lở.....	6
2.8. Phương pháp tính toán mô hình.....	7
3. DANH MỤC CÁC KẾT QUẢ VÀ SẢN PHẨM KHCN CỦA ĐỀ TÀI.....	7
3.1. Sản phẩm Dạng I:.....	7
3.2. Sản phẩm Dạng II: .....	7
3.3. Sản phẩm Dạng III:.....	8
4. TÓM TẮT CÁC KẾT QUẢ CHÍNH CỦA ĐỀ TÀI.....	9
4.1. Đặc điểm tự nhiên, kinh tế - xã hội khu vực nghiên cứu .....	9
4.2. Hiện tượng trượt lở khu vực nghiên cứu .....	10
4.3. Đánh giá nguy cơ trượt lở đất tại 5 đô thị .....	11
4.4. Luận giải nguyên nhân và cơ chế hình thành khối trượt điển hình tại các khu đô thị .....	13
4.5. Các mô hình quan trắc và cảnh báo sớm trượt lở đất trong phạm vi khu vực nghiên cứu.....	20
5. TÁC ĐỘNG ĐỐI VỚI KINH TẾ, XÃ HỘI VÀ MÔI TRƯỜNG .....	26
KẾT LUẬN & KIẾN NGHỊ .....	27

## DANH MỤC HÌNH - BẢNG

Hình 3.1. Công tác nghiệm thu mô hình hệ thống quan trắc trượt tự động của đề tài TN18.T13 tại hiện trường.....	7
Bảng 4.1. Phân loại trượt lở theo quy mô, vật liệu và kiểu chuyển động tại KVNC	10
Bảng 4.2. Giá trị đánh giá mức độ quan trọng của từng yếu tố ảnh hưởng tới trượt lở các khu vực nghiên cứu.....	11
Hình 4.1. Bản đồ nguy cơ TLĐ 5 đô thị ( TP. Đà Lạt (a), TT. Lạc Dương (b), TT. Di Linh (c), TP. Bảo Lộc (d), TP. Gia Nghĩa (e) .....	12
Hình 4.2. Mặt cắt khối trượt tại Khu Măng Lin, phường 7, TP. Đà Lạt .....	14
Hình 4.3. Mặt cắt khối trượt khu đô thị LangBiang Town, thị trấn Lạc Dương .....	15
Hình 4.4. Mặt cắt khối trượt khu phố 1, thị trấn Di Linh .....	17
Hình 4.5. Mặt cắt khối trượt khu dân cư tổ 11 phường B'laho, TP. Bảo Lộc .....	18
Hình 4.6. Mặt cắt khối trượt đường Trần Hưng Đạo, TP. Gia Nghĩa.....	19
Hình 4.7. Sơ đồ hệ thống quản lý về công nghệ quan trắc và mô hình cảnh báo trượt lở đất áp dụng của đề tài TN18.T13 .....	20
Hình 4.8. Giao diện hiển thị các thông số ghi đo trên website quan trắc cảnh báo trượt tự động tại vị trí nghiên cứu.....	21
Hình 4.9. Biểu đồ các thông số quan trắc được thể hiện trực tuyến trên website phục vụ công tác cảnh báo trượt đất tự động tại vị trí nghiên cứu .....	22
Hình 4.10. Kết quả quan trắc mức độ dịch trượt của hệ thống trạm quan trắc trượt tự động tại khu đô thị LangBiang, TT. Lạc Dương, tỉnh Lâm Đồng .....	23
Hình 4.11. Giao diện website mô hình hệ thống quản lý và cảnh báo trượt lở do đề tài TN18.T13 thực hiện .....	25
Hình 4.12. Các tính năng hiển thị và truy xuất thông tin của mô hình cảnh báo nguy cơ trượt lở cho khu vực nghiên cứu .....	26

## MỞ ĐẦU

Trượt lở đất (TLĐ) là dạng tai biến địa chất thường xuyên xảy ra trên địa bàn khu vực Tây Nguyên, trong đó 2 tỉnh ở phía nam khu vực là Lâm Đồng và Đắk Nông có mức độ khá phổ biến. Tai biến trượt lở đất không chỉ gây ra thương vong đối với con người, phá hủy các công trình xây dựng và dân sinh kinh tế, đồng thời còn tiềm ẩn mối hiểm họa không dễ dự báo và cũng là rào cản, kìm hãm sự ổn định phát triển kinh tế xã hội đối với khu vực. Thực tế cho thấy, trong những năm gần đây với bối cảnh biến đổi khí hậu, trượt lở đất có xu thế phát triển mạnh với quy mô và tần suất ngày càng lớn. Đây chắc chắn là những “điểm nóng” về dạng tai biến nguy hiểm này và không thể không quan tâm để có công tác phòng ngừa, hạn chế tối đa rủi ro đối với phát triển kinh tế- xã hội (KT-XH). Thực tế đó đặt ra, nhiệm vụ phát triển bền vững KT-XH hai tỉnh Lâm Đồng và Đắk Nông không thể tách rời nhiệm vụ phòng tránh giảm nhẹ hậu quả do TLĐ gây ra, trong đó đặc biệt là các đô thị trọng điểm. Điều này đòi hỏi sự quan tâm không chỉ của các cấp chính quyền địa phương, cộng đồng dân cư tại chỗ, mà trước tiên là các nhà nghiên cứu thiên tai.

Về nghiên cứu TLĐ trên địa bàn 2 tỉnh Lâm Đồng và Đắk Nông đã có một số công trình tiến hành ở các phạm vi và quy mô khác nhau, trong đó tiêu biểu là đề tài TN3/T04, thuộc chương trình Tây Nguyên 3 giai đoạn 2010- 2015 với tiêu đề *“Nghiên cứu một số dạng tai biến địa chất điển hình phục vụ phát triển kinh tế- xã hội Tây Nguyên” do Viện Địa chất thực hiện*. Kết quả nghiên cứu của đề tài này đã chỉ ra nhiều vùng có nguy cơ TLĐ cao và rất cao, trong đó có phạm vi ở một số khu đô thị lớn. Nhận định này đồng thời cũng được khẳng định thêm bởi các kết quả nghiên cứu trong các nhiệm vụ đột xuất cấp Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam giao Viện Địa chất phối hợp với địa phương làm sáng tỏ một số hiện tượng trượt lở tại thị trấn Di Linh và thành phố Bảo Lộc (2011, 2013, 2015) và thành phố Đà Lạt (2017). Có thể khẳng định rằng, những kết quả thu được từ các nghiên cứu trên vừa là những cơ sở để tiếp tục những nghiên cứu TLĐ chi tiết, cụ thể hơn, vừa là cơ sở thực tế để tiến hành nghiên cứu xây dựng hệ thống quan trắc cảnh báo sớm phục vụ cho việc chủ động kịp thời ứng phó nhằm giảm nhẹ thiệt hại.

Tiếp thu các kết quả nghiên cứu, được sự đồng ý của Hội đồng KH-CN tư vấn tuyển chọn và Ban Chủ nhiệm chương trình Tây Nguyên giai đoạn 2016-2020; đề tài khoa học và công nghệ TN18.T13: *“Nghiên cứu cơ sở khoa học, xây dựng hệ thống quan trắc cảnh báo trượt tự động tại một số khu đô thị trọng điểm khu vực Tây Nguyên”* là bước đi cần thiết tiếp theo, kế thừa công trình nghiên cứu TBĐC

khu vực Tây Nguyên TN3/T04 với các nhiệm vụ KHCN liên quan, nhằm đánh giá các yếu tố điều kiện nguyên nhân, cơ chế hình thành một số dạng trượt điển hình ở năm đô thị trọng điểm là TP. Đà Lạt, TT. Lạc Dương, TT. Di Linh và TP. Bảo Lộc thuộc Lâm Đồng và TP. Gia Nghĩa thuộc tỉnh Đắk Nông. Trên cơ sở đó, xác lập cơ sở khoa học xây dựng hệ thống quan trắc cảnh báo sớm trượt lở đất đô thị, một số khối trượt điển hình, bước đầu hoàn thiện một hệ thống quan trắc cảnh báo trượt tự động đưa vào vận hành tại một khối trượt nguy hiểm.

## **1. THÔNG TIN CHUNG ĐỀ TÀI**

### ***1.1. Mục tiêu của đề tài***

1) Xác định được vai trò của các yếu tố điều kiện, nguyên nhân, cơ chế hình thành các khối trượt điển hình tại các khu đô thị trọng điểm.

2) Luận chứng cơ sở khoa học và thiết lập qui trình xây dựng hệ thống quan trắc trượt tự động tại một số khu đô thị trọng điểm đã lựa chọn.

### ***1.2. Các nội dung nghiên cứu***

Nội dung 1: Nghiên cứu đánh giá hiện trạng, các yếu tố điều kiện, nguyên nhân và dự báo nguy cơ trượt lở đất tại 05 khu đô thị trọng điểm.

Nội dung 2: Nghiên cứu xác định điều kiện, nguyên nhân và cơ chế hình thành các khối trượt điển hình tại các khu đô thị.

Nội dung 3: Xác lập cơ sở khoa học và thiết lập quy trình xây dựng hệ thống quan trắc trượt tự động tại các đô thị trọng điểm.

### ***1.3. Phạm vi nghiên cứu và thời gian thực hiện***

Khu vực nghiên cứu bao gồm năm khu đô thị trọng điểm; trong đó bốn đơn vị hành chính thuộc tỉnh Lâm Đồng là thành phố Đà Lạt, thành phố Bảo Lộc, thị trấn Lạc Dương, thị trấn Di Linh và một đơn vị hành chính thuộc tỉnh Đắk Nông là thị xã Gia Nghĩa. Diện tích nghiên cứu được giới hạn theo ranh giới hành chính quốc gia của các đơn vị hành chính kể trên. Thời gian thực hiện từ tháng 7 năm 2018 đến tháng 12 năm 2020 và được gia hạn thực hiện đến tháng 3 năm 2021 vì những lý do khách quan trong quá trình thực hiện đề tài.

### ***1.4. Cơ sở pháp lý***

1) Căn cứ Quyết định số 486/QĐ-VHL ngày 30 tháng 3 năm 2018 của Chủ tịch Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam về việc phê duyệt tổ chức chủ trì, cá nhân chủ nhiệm, kinh phí, phương thức khoán chi và thời gian thực hiện các đề tài khoa học và công nghệ cấp quốc gia thuộc chương trình khoa học và công nghệ cấp quốc gia giai đoạn 2016-2020 “Khoa học và Công nghệ phục vụ phát triển kinh tế - xã

hội Tây Nguyên trong liên kết vùng và hội nhập quốc tế”, Mã số: KH-CN-TN/16-20 (Chương trình Tây Nguyên 2016-2020) bắt đầu thực hiện từ năm 2018.

2) Căn cứ Hợp đồng số 21/2018/HĐ-TN18/T13-KH-CN-TN/16-20 ngày 30 tháng 6 năm 2018 ký giữa bên đặt hàng là Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, Ban Chủ nhiệm chương trình Tây Nguyên 2016- 2020, Văn phòng chương trình Tây Nguyên 2016-2020 và bên nhận đặt hàng là Viện Địa chất.

3) Quyết định số 1349/QĐ-VHL ngày 07 tháng 9 năm 2020 của Chủ tịch Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam về việc điều chỉnh vị trí lắp đặt trạm quan trắc cảnh báo tự động và gia hạn thực hiện đề tài mã số TN18/T13 thuộc chương trình Tây Nguyên 2016-2020.

4) Các Biên bản kết luận các đợt kiểm tra định kỳ hàng năm của Ban Chủ nhiệm Chương trình Tây Nguyên 2016- 2020.

## **2. CÁC PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU**

### ***2.1. Phương pháp phân tích đánh giá tổng hợp các số liệu và thông tin thu thập***

- Nguồn dữ liệu từ các báo cáo nghiên cứu khoa học và các phương tiện thông tin như ti vi, báo đài, internet được cập nhật thông tin tại các thời điểm phát sinh các hiện tượng trượt lở và các tai biến liên quan của phạm vi nghiên cứu.

- Nguồn cơ sở dữ liệu về các hiện tượng tai biến địa chất phát sinh, ảnh hưởng thiệt hại đối với lĩnh vực kinh tế xã hội từ một số Sở, Ban, Ngành( Sở GTVT, NN&PT Nông thôn, Sở TN&MT, Sở KH&CN) và các cấp chính quyền huyện, xã,...của hai tỉnh Đắk Nông và Lâm Đồng.

### ***2.2. Phương pháp phân tích viễn thám.***

Dữ liệu ảnh viễn thám vị trí trượt lở trên phạm vi nghiên cứu của đề tài thuộc hai tỉnh Lâm Đồng và Đắk Nông được sử dụng miễn phí trong phần mềm Google Earth Pro, có chất lượng hình ảnh vệ tinh tốt trên nền địa hình đã được mô hình số độ cao (DEM) với góc nhìn xoay chiều ở nhiều thời điểm từ năm 2006 đến nay.

### ***2.3. Phương pháp điều tra khảo sát thực địa***

Phương pháp điều tra khảo sát được hỗ trợ bởi các thiết bị định vị GPS, địa bàn, thước đo, thiết bị lấy mẫu mặt, máy ảnh, các loại bản đồ,...Phương pháp khảo sát thực địa được áp dụng điều tra chi tiết tại các khu vực dân cư và các tuyến giao thông của 05 khu đô thị trọng điểm, các thông tin thu thập bao gồm: vị trí TL, thời

gian, đặc điểm hình thái, yếu tố thúc đẩy và quy mô khối trượt, ảnh hưởng và thiệt hại và khả năng tái diễn TL.

#### ***2.4. Nhóm phương pháp khảo sát địa vật lý và khoan khảo sát địa chất công trình, lấy mẫu phân tích thí nghiệm***

- Nhóm phương pháp thăm dò địa vật lý: sử dụng máy địa chấn Bisson 5000 (sản xuất tại Mỹ) và phương pháp đo sâu điện và mặt cắt điện với thiết bị đo là máy điện từ ERA-MAX, nhằm xác định chiều dày lớp vỏ phong hóa và mặt đá gốc.

- Phương pháp khoan khảo sát ĐCCT: sử dụng khoan máy với kỹ thuật khoan xoay có bơm rửa bằng dung dịch sét bentonit, thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn (SPT) xác định cấu trúc địa chất và lấy mẫu thí nghiệm.

- Phương pháp phân tích mẫu cơ lý của đất đá, thành phần độ hạt, xác định đặc điểm địa chất công trình của đất đá, ... xác định các đặc trưng độ bền của đất đá theo tiêu chuẩn Việt Nam. Phân tích nhiệt bằng máy DERIVATOGRAPH (MOM - HUNGARY), phân tích Ronghen bằng máy XRD nhằm xác định thành phần khoáng vật sét của lớp phủ phong hóa.

#### ***2.5. Phương pháp quan trắc***

- Phương pháp quan trắc theo chu kỳ được thực hiện vào các thời điểm trước, giữa và sau mùa mưa để quan trắc mực nước ngầm và độ dịch chuyển ống vách trong hố khoan sử dụng thiết bị đo xách tay của hãng Geokon do Mỹ sản xuất.

- Phương pháp quan trắc tự động cũng sử dụng các thiết bị của hãng Geokon theo dõi mức độ dịch chuyển trượt, theo dõi động thái của nước ngầm được cố định trong hố khoan kết hợp với các thiết bị đo mưa tại chỗ.

#### ***2.6. Các phương pháp nghiên cứu chuyên gia***

Nghiên cứu phân tích, luận giải về địa chất thạch học, vỏ phong hóa, địa hình – địa mạo, cấu trúc kiến tạo, đánh giá tài liệu địa chất thủy văn - địa chất công trình và hiện trạng quy hoạch sử dụng đất.

#### ***2.7. Phương pháp xây dựng bản đồ cảnh báo nguy cơ trượt lở***

Thành lập bản đồ yếu tố thành phần liên quan đến trượt lở đất, các nhóm đối tượng được chia theo đặc trưng khác nhau và đánh giá mức độ nguy cơ theo hiện trạng trượt lở được ghi nhận trong phạm vi nghiên cứu.

Trên cơ sở các bản đồ yếu tố thành phần đã được xây dựng, phương pháp so sánh cặp thông minh (AHP- Satty, 1987) được áp dụng để đánh giá vai trò của từng



yếu tố trong mối quan hệ của các yếu tố trong phát sinh TL, thành lập bản đồ cảnh báo nguy cơ TL cho từng khu đô thị trọng điểm trong môi trường GIS (sử dụng phần mềm ArcGIS 10.1).

### **2.8. Phương pháp tính toán mô hình**

Mô hình kiểm toán ổn định trượt được mô phỏng dựa vào hình thái địa hình sườn dốc xuất hiện khối trượt, cấu trúc địa chất sườn dốc đã được xác định bằng nhóm phương pháp địa vật lý và khoan khảo sát ĐCCT, thành phần các lớp đất đá đi kèm số liệu phân tích thí nghiệm đặc trưng, chiều sâu xuất hiện mực nước ngầm theo quan trắc. Trên cơ sở đó, áp dụng phương pháp kiểm toán trượt trong phần mềm Geo-Slope cho phép xác định hệ số ổn định và phạm vi phân bố mặt trượt.

## **3. DANH MỤC CÁC KẾT QUẢ VÀ SẢN PHẨM KHCN CỦA ĐỀ TÀI**

### **3.1. Sản phẩm Dạng I:**

Đề tài đã hoàn thành 01 hệ thống (trạm) quan trắc cảnh báo trượt tự động lắp đặt tại khối trượt được lựa chọn theo đúng đăng ký. Mô hình hệ thống đã được nghiệm thu trên thực địa tại khu quy hoạch đô thị LangBiang Town, thị trấn Lạc Dương với sự tham gia của đại diện Ban chủ nhiệm Chương trình Tây Nguyên và các thành viên Hội đồng đánh giá, thẩm định mô hình đề tài TN18.T13, ngày 20/3/2021 (Hình 3.1).



*Hình 3.1. Công tác nghiệm thu mô hình hệ thống quan trắc trượt tự động của đề tài TN18.T13 tại hiện trường*

### **3.2. Sản phẩm Dạng II:**

- Sản phẩm 1: Báo cáo tổng kết đề tài đã hoàn thiện (01 bản).

- Sản phẩm 2: Báo cáo Hướng dẫn kỹ thuật luận chứng và xây dựng hệ thống quan trắc cảnh báo trượt tự động tại một số khu đô thị trọng điểm đã hoàn thiện (01 bản).

- Sản phẩm 3: Báo cáo Các mô hình cảnh báo trượt đất trên cơ sở các số liệu quan trắc đã hoàn thiện, bao gồm:

+ Mô hình quan trắc cảnh báo trượt tự động tại vị trí khối trượt cụ thể.

+ Mô hình quan trắc cảnh báo trượt cho khu vực trực tuyến trên website.

- Sản phẩm 4: Báo cáo Quy trình thiết kế 05 hệ thống quan trắc cảnh báo trượt tự động cho 05 khu đô thị trọng điểm: 01 quy trình đã được thành 01 hệ thống quan trắc trượt tự động hoàn chỉnh theo đúng thiết bị được phê duyệt tại vị trí khối trượt điển hình lựa chọn; 04 quy trình thiết kế cho bốn vị trí khối trượt điển hình đã được thực hiện, khi có đủ điều kiện tài chính sẽ tiếp tục triển khai các hệ thống quan trắc trượt tự động.

### **3.3. Sản phẩm Dạng III:**

- Đề tài đã đăng 05 bài báo (theo đăng ký 03 bài) trên các tạp chí và hội thảo trong nước: đã đăng 01 bài Tạp chí Các khoa học về Trái đất; 01 bài Tạp chí Địa kỹ thuật và 03 bài Kỷ yếu khoa học, bao gồm:

1) Dang Quang Thanh, Duy Huu Nguyen, Indra Prakash, Abolfazl Jaafari, Viet-Tien Nguyen, Tran Van Phong, Binh Thai Pham. “*GIS based frequency ratio method for landslide susceptibility mapping at Da Lat City, Lam Dong province, Vietnam*”. Vietnam Journal of Earth Sciences, ISSN: 0866-7187; 2615-9783, Vol-1, No.42, pp. 55-66, 2020.

2) Thái Hồng Anh, Hà Ngọc Anh, Nguyễn Việt Tiên. “*Nghiên cứu tính chất thấm và ảnh hưởng của tính thấm đến sức kháng cắt của đất bazan Di Linh - Bảo Lộc*”. Tạp chí Địa Kỹ thuật, ISSN-0868-279X, Vol-24, No. 2, pp. 69-76, 2020.

3) Nguyễn Việt Tiên, Bùi Văn Thơm, Trần Trọng Hiện, Hà Ngọc Anh, Nguyễn Minh Quảng, Nguyễn Trọng Tài. “*Trượt lở đất ở tỉnh Lâm Đồng*”. Tuyển tập báo cáo hội thảo và hội nghị - Sơ kết giữa kỳ Chương trình Tây Nguyên 2016 – 2020, tr. 193-202, 2019.

4) Nguyễn Việt Tiên, Hà Ngọc Anh, Thái Hồng Anh. “*Nghiên cứu tính thấm và ảnh hưởng của tính thấm đến sức kháng cắt của đất bazan Tây Nguyên*”. Tuyển tập báo cáo hội thảo quản lý tổng hợp tài nguyên thiên nhiên – môi trường và phòng tránh thiên tai trên Tây Nguyên - Chương trình Tây Nguyên 2016 – 2020, tr. 174-181, 2019.

5) Bùi Văn Thơm, Nguyễn Việt Tiến, Hà Ngọc Anh, Nguyễn Trọng Tài. “Hoạt động kiến tạo Pliocen – Đệ tứ và ảnh hưởng của chúng đến tai biến trượt lở đất khu vực Đà Lạt, tỉnh Lâm Đồng”. Tuyển tập báo cáo hội thảo quản lý tổng hợp tài nguyên thiên nhiên – môi trường và phòng tránh thiên tai trên Tây Nguyên - Chương trình Tây Nguyên 2016 – 2020, tr. 182-191, 2019.

- Đề tài đã đăng 02 bài (theo đăng ký 01 bài) nghiên cứu về trượt lở đất khu vực Tây Nguyên trên tạp chí khoa học quốc tế thuộc SCI-E, bao gồm:

1) Viet-Tien Nguyen, Trong Hien Tran, Ngoc Anh Ha, Van Liem Ngo, Al-Ansari Nadhir, Van Phong Tran, Duy Huu Nguyen, Malek M. A., Ata Amini, Indra Prakash, Lanh Si Ho and Binh Thai Pham. “GIS Based Novel Hybrid Computational Intelligence Models for Mapping Landslide Susceptibility: A Case Study at Da Lat City, Vietnam”. Sustainability, 11(24), 7118; ISSN 2071-1050, 2019.

2) Dieu Tien Bui, Paraskevas Tsangaratos, Viet-Tien Nguyen, Ngo Van Liem, Phan Trong Trinh. “Comparing the prediction performance of a Deep Learning Neural Network model with conventional machine learning models in landslide susceptibility assessment”. Catena. ISSN: 0341-8162, 188, 104426, 2020.

- Thành viên đề tài TN18/T13 đã tham gia đào tạo 01 học viên cao học đã bảo vệ thành công luận văn thạc sĩ năm 2020 và hỗ trợ đào tạo 01 nghiên cứu sinh.

## **4. TÓM TẮT CÁC KẾT QUẢ CHÍNH CỦA ĐỀ TÀI**

### **4.1. Đặc điểm tự nhiên, kinh tế - xã hội khu vực nghiên cứu**

Về địa hình, cả 5 khu đô thị đều nằm trên các cao nguyên lớn với địa hình đồi núi, thấp dần từ thị trấn Lạc Dương, thành phố Đà Lạt (1200- 1500m) xuống 800- 900m ở thị trấn Di Linh, thành phố Bảo Lộc và thấp nhất là ở thành phố Gia Nghĩa 600-700m. Sườn đồi núi phần lớn chủ yếu từ 10 - 35<sup>0</sup>, độ dốc lớn hơn tập trung ở những khu vực phân cắt sâu và vách các sông suối.

Khí hậu các đô thị chia ra 2 mùa rõ rệt, mùa mưa từ tháng 4 đến hết tháng 10, mùa khô bắt đầu từ tháng 11 đến hết tháng 3 năm sau; mưa có đặc trưng dài ngày hoặc mưa với cường độ lớn, lượng mưa trung bình năm từ 1800- 3000mm. Những cơn mưa bất thường với cường độ lớn thường xuất hiện vào những tháng đầu và cuối mùa khô.

Các thành tạo địa chất lớp phủ trên đô thị, chủ yếu là sản phẩm từ phong hóa trong đó phần lớn là từ các thành tạo địa chất có nguồn gốc xâm nhập, phun trào, trầm tích phun trào và trầm tích; tuổi từ Kreta đến Đệ tứ. Do điều kiện khí hậu và địa hình chi phối, bề dày vỏ phong hóa lớn với kiểu vỏ phong hóa đa dạng, nhất là trên các đá basalt. Đất tầng phủ dễ bị khô hạn về mùa khô và ẩm ướt về mùa mưa.

Nhằm đô thị là những khu vực kinh tế dân cư phát triển, đang trong quy hoạch mở rộng phạm vi. Nhiều công trình công cộng, cơ sở dịch vụ, nhà ở dân sinh, các trang trại canh tác công nghệ cao được xây dựng mới hoặc nâng cấp. Nhiều đồi núi bị cắt xẻ do hoạt động mở mang mạng lưới giao thông, xây dựng các khu đô thị, các vườn canh tác nông nghiệp công nghệ cao,.... Tất cả các hoạt động đó gây áp lực quá tải lên sườn mái dốc đô thị.

#### 4.2. Hiện tượng trượt lở khu vực nghiên cứu

Hiện tượng trượt lở đất tại năm khu đô thị lựa chọn nghiên cứu (TP. Đà Lạt, TT. Lạc Dương, TT. Di Linh, TP. Bảo Lộc thuộc tỉnh Lâm Đồng và TP. Gia Nghĩa thuộc tỉnh Đắk Nông) chủ yếu xảy ra trong lớp phủ phong hóa; vật liệu trượt được chia thành 2 loại là đất lẫn dăm mảnh, hòn, tảng đá kém kết dính [D] và đất dính [E]; nhận dạng theo 5 kiểu chuyển động: đổ, sập [Fa]; trượt xoay [Ro]; trượt phẳng [Tr]; trượt dòng [Fl] và kết hợp [Co]. Tổng số 197 điểm trượt lở có quy mô từ nhỏ đến lớn được xác định trong phạm vi năm khu đô thị tại Bảng 4.1.

Bảng 4.1. Phân loại trượt lở theo quy mô, vật liệu và kiểu chuyển động tại KVNC

Địa danh	Quy mô (Lomtatze, 1977)	Vật liệu và kiểu chuyển động (Varnes, 1984)										Tổng số điểm trượt
		Đất lẫn dăm mảnh, hòn, tảng đá kém kết dính (D)					Đất dính (E)					
		Đổ	Xoay	Phản	Dòn	Kết	Đổ	Xoay	Phản	Dòn	Kết	
DF <sub>a</sub>	DRo	DTr	DFI	DCo	EF <sub>a</sub>	ERo	ETr	EFl	EC <sub>o</sub>	197		
TP. Đà Lạt	Nhỏ	-	-	2	-	3	-	-	29	-	-	34
	Trung Bình	1	1	4	-	8	1	2	10	2	1	30
	Lớn	1	-	3	-	3	-	2	3	-	3	15
TT. Lạc Dương	Nhỏ	-	-	-	-	1	2	-	20	-	-	23
	Trung Bình	-	-	1	1	1	-	1	6	1	1	12
	Lớn	-	1	1	5	4	-	1	3	-	1	16
TT. Di Linh	Nhỏ	-	-	-	-	-	-	-	12	-	-	12
	Trung Bình	-	-	-	-	-	-	-	4	2	2	8
	Lớn	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	3
TP. Bảo Lộc	Nhỏ	-	-	2	-	1	-	-	2	-	2	7
	Trung Bình	-	-	1	1	-	-	3	2	-	4	11
	Lớn	-	-	-	-	-	-	5	-	-	1	6
TP. Gia Nghĩa	Nhỏ	-	-	-	-	-	-	-	3	-	1	4
	Trung Bình	-	-	-	-	-	-	2	4	2	1	9
	Lớn	-	-	-	-	-	-	5	1	1	-	7

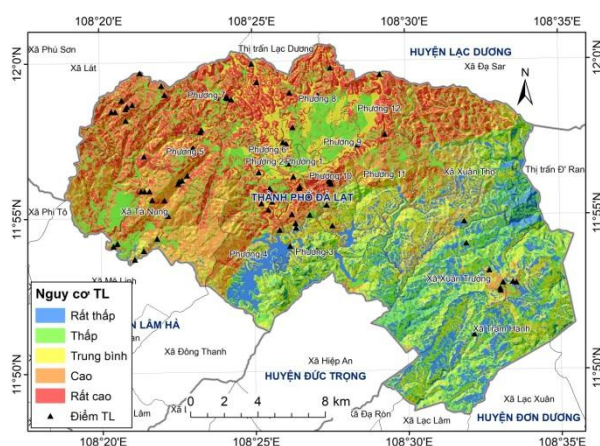
### 4.3. Đánh giá nguy cơ trượt lở đất tại 5 đô thị

Từ các kết quả nghiên cứu về vai trò của 9 yếu tố điều kiện nguyên nhân trong mối quan hệ với TLĐ trên phạm vi 5 đô thị có thể thấy rằng, 4 yếu tố chính đóng vai trò là các nguyên nhân kích hoạt TL gồm: độ dốc sườn mái dốc, lượng mưa, địa chất thạch học, sử dụng đất; các yếu tố còn lại là những yếu tố, đóng vai trò tham gia thúc đẩy quá trình TL (Bảng 4.2)

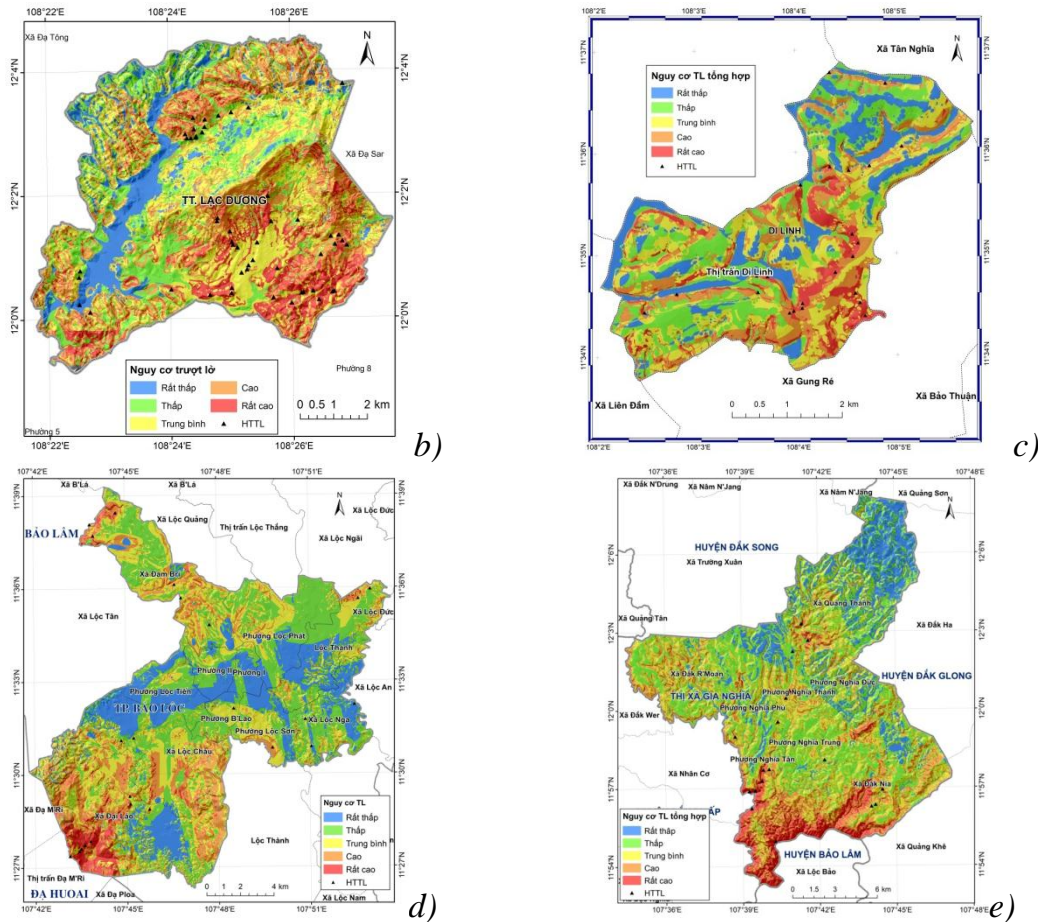
Bảng 4.2. Giá trị đánh giá mức độ quan trọng của từng yếu tố ảnh hưởng tới trượt lở các khu vực nghiên cứu

Yếu tố ảnh hưởng	TP. Đà Lạt	TT. Lạc Dương	TT. Di Linh	TP. Bảo Lộc	TP. Gia Nghĩa
Độ dốc	1	1	1	1	1
Lượng mưa	2	2	2	2	2
Địa chất thạch học	3	3	4	4	4
Sử dụng đất	4	4	4	4	4
Vỏ phong hóa	5	5	6	6	6
Địa chất thủy văn	7	7	6	6	6
Mật độ linements	7	7	7	7	7
Phân cắt sâu	8	8	9	9	9
Phân cắt ngang	9	9	9	9	9

Nguy cơ trượt lở đất năm đô thị được luận giải trên cơ sở Bản đồ nguy cơ phân theo các cấp từ rất thấp, thấp, trung bình, cao và rất cao, trong đó 2 nguy cơ cao và rất cao luôn được quan tâm đặc biệt, bởi lẽ thường gắn liền với rủi ro, thiệt hại lớn khi TL xảy ra. Vì lẽ đó, đây là phạm vi luôn được lựa chọn lắp đặt các hệ thống quan trắc cảnh báo sớm. Đối với đô thị, các cấp nguy cơ tính tỷ lệ % trên tổng diện tích đô thị, còn đối với cấp phường, xã trực thuộc tính tỷ lệ trên tổng diện tích của đơn vị hành chính đó (Hình 4.1).



a)



Hình 4.1. Bản đồ nguy cơ TLD 5 đô thị ( TP. Đà Lạt (a), TT. Lạc Dương (b), TT. Di Linh (c), TP. Bảo Lộc (d), TP. Gia Nghĩa (e)

**Thành phố Đà Lạt:** Về tổng thể, nguy cơ cao và rất cao chiếm trên 1/3 diện tích (34%) toàn thành phố, tập trung chủ yếu ở nửa phía Tây Bắc thành phố và đồng thời phân bố rải rác với tỷ lệ nhỏ hơn ở phần còn lại. Cấp nguy cơ rất cao chiếm 15,8%. Các xã phường phân bố lớn là Trạm Hành, tỷ lệ thấp dần là các phường 7, 5, 6, 8, 12. Cấp nguy cơ cao có diện phân bố xấp xỉ 19%, diện phân bố nhỏ nhất là 1% ở xã Trạm Hành và lớn nhất 48% ở xã Tà Nung, ở mức độ tiếp sau là các phường 5 và 11. Các đơn vị còn lại có nguy cơ cao từ vài % ở các mức độ khác nhau.

**Thị trấn Lạc Dương:** Đây là thị trấn có nguy cơ TLD cao và rất cao chiếm tỷ lệ khá lớn xấp xỉ 40%, phân bố rộng khắp trên ¾ diện tích toàn thị trấn. Đáng lưu tâm nhất là phần đông nam của thị trấn, một chòm phía rìa bắc, rìa tây nam là những nơi phạm vi phân bố nguy cơ rất cao, cao chiếm ưu thế. Cấp nguy cơ rất cao chiếm tỷ lệ 13,98%, diện phân bố rộng trên khoảng ¾ diện tích, trong đó tập trung ở phần đông nam, tây nam và phía bắc; phần còn lại hoặc vắng mặt hoặc có diện phân bố hạn chế. Cấp nguy cơ cao chiếm tỷ lệ 25,85%. Diện phân bố cũng khá lớn tập trung chủ yếu ở phần trung tâm.

*Thị trấn Di Linh:* Về tổng thể, đây là thị trấn có nguy cơ TLĐ cao và rất cao chiếm tỷ lệ khá lớn xấp xỉ >30%, phân bố tập trung ở phần trung tâm thị trấn. Đáng lưu tâm nhất là khu vực phía đông nam của phần trung tâm thị trấn nơi có diện phân bố lớn của cấp nguy cơ rất cao, cao. Cấp nguy cơ rất cao chiếm tỷ lệ 10,06%. Diện phân bố chủ yếu ở phần trung tâm thị trấn, ở những phần còn lại đông bắc và tây nam phân bố rải rác. Cấp nguy cơ cao chiếm tỷ lệ 21,73%. Diện phân bố thường có dạng dài hoặc cánh cung kéo dài, tập trung ở phần trung tâm thị trấn và phân bố rải rác ở những phần còn lại.

*Thành phố Bảo Lộc:* Về tổng thể, diện phân bố cấp nguy cơ TLĐ cao và rất cao tập trung chủ yếu ở các xã nằm ở phía nam và rìa tây bắc thành phố. Cấp nguy cơ rất cao chiếm tỷ lệ 4,12%. Diện phân bố lớn ở xã Đại Lào, thứ đến là Đam Bri rồi Lộc Châu với tỷ lệ % từ 12% đến dưới 3%. Các đơn vị còn lại cấp nguy cơ này có diện không đáng kể thường < 1% diện tích mỗi đơn vị. Cấp nguy cơ cao có diện tích phân bố chiếm 17,17 %. Cũng như cấp nguy cơ rất cao, 3 xã nêu trên có tỷ lệ từ 30- 20%. Ở các phường xã còn lại, đa phần có diện phân bố dưới 10%.

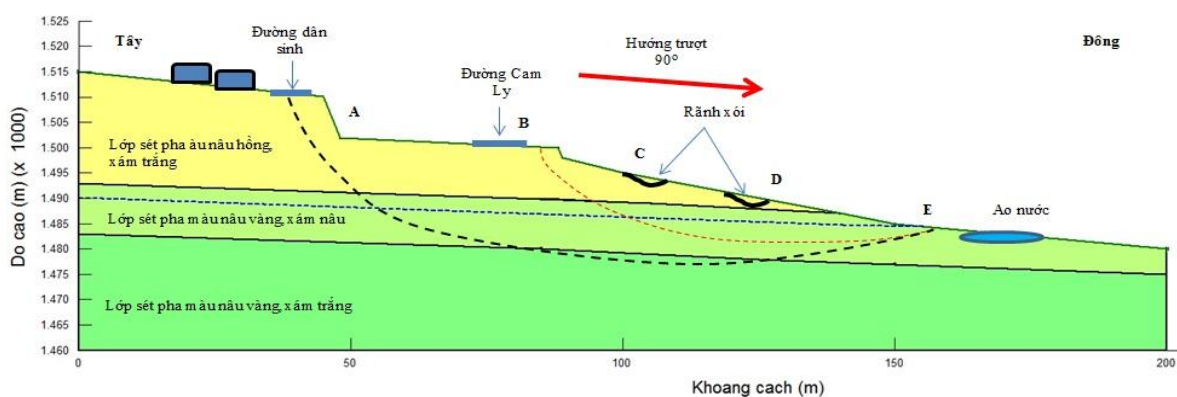
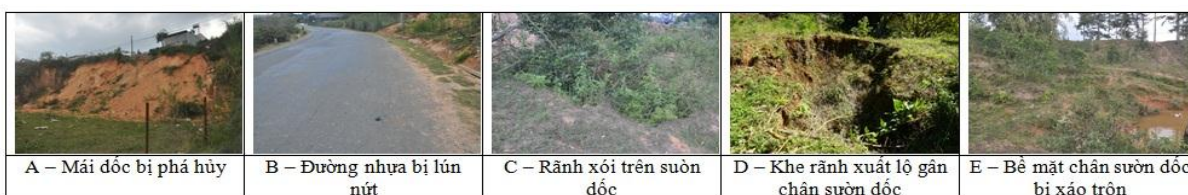
*Thành phố Gia Nghĩa:* Xét theo không gian phân bố nguy cơ TL cao và rất cao tập trung ở nửa phía Tây Nam thành phố. Cấp nguy cơ rất cao chiếm tỷ lệ gần 7%. Các xã Đăk Nia và phường Nghĩa Tân ở phía Tây Nam thành phố có tỷ lệ phân bố lớn nhất là 17,33% và 10,08%. Cấp nguy cơ cao chiếm 17,36%, phân bố nhỏ nhất ở phường Quảng Thành, phường Nghĩa Trung chiếm gần 8- 9% đến lớn nhất ở phường Nghĩa Thành và xã Đăk Nia (xấp xỉ 27%). Ba địa phương có tỷ lệ xấp xỉ 17% là phường Nghĩa Tân, phường Đăk R'Moan và phường Nghĩa Phú.

#### ***4.4. Luận giải nguyên nhân và cơ chế hình thành khối trượt điển hình tại các khu đô thị***

##### **a. Khối trượt điển hình ở thành phố Đà Lạt**

Nguyên nhân trực tiếp gây trượt ở vị trí nghiên cứu được đánh giá là do độ bền của đất phong hóa tồn tại trong khoảng độ sâu -16m (HK-ML2) đến -10m (HK-ML3) có độ bền kháng cắt nhỏ, đặc trưng bởi giá trị thấp nhất theo chiều sâu. Đáng lưu ý, các lớp đất tồn tại trong thân sườn dốc có mức độ suy giảm độ bền mạnh theo kết quả phân tích thí nghiệm ở trạng thái bão hòa nước. Sự tồn tại của các khoáng vật ưa nước kaolinit (15-40%) và illit (2-10%) trong thành phần lớp phong hóa tại đây cũng bổ sung thêm cho đánh giá này. Trên thực tế, hệ thống thu và thoát nước bề mặt vào mùa mưa kém hiệu quả đã gây rò rỉ khiến cho các lớp đất bị tẩm ướt tạo thành dòng thấm, biểu hiện là xuất hiện một vài khe rãnh xói sâu phát triển trên sườn dốc. Bên cạnh đó, dưới tác động của hoạt động cải tạo bề mặt, khai đào chân sườn dốc của con người làm gia tăng góc dốc lớn làm mất sự cân bằng và thúc đẩy hình thành khối trượt (Hình 4.2).

Cơ chế hình thành khối trượt được nhận định như sau: trên bề mặt sườn dốc đã xuất hiện các khe rãnh xói do các dòng thấm tạm thời hoạt động mạnh vào mùa mưa. Độ ẩm các lớp đất tăng lên đáng kể làm gia tăng khối lượng thể tích và suy giảm độ bền đáng kể, tại đới yếu trong thân sườn dốc sức chống cắt của đất không cản trở nổi sự dịch chuyển của lớp đất phía trên và hình thành mặt trượt. Quá trình dịch trượt xảy ra từ từ đến khi một cân bằng mới được thiết lập, khối trượt tạm thời ngưng nghỉ hoạt động. Theo thời gian dưới tác động của tải trọng, độ bền của đới yếu tiếp tục suy giảm làm lực giữ giảm đi so với lực trượt và như vậy lại phát sinh dịch chuyển. Quá trình dịch trượt sẽ phát triển nhanh và mạnh hơn khi đới yếu chịu tác động của nước, lúc này tính kháng cắt giảm dần dẫn đến phá hủy.



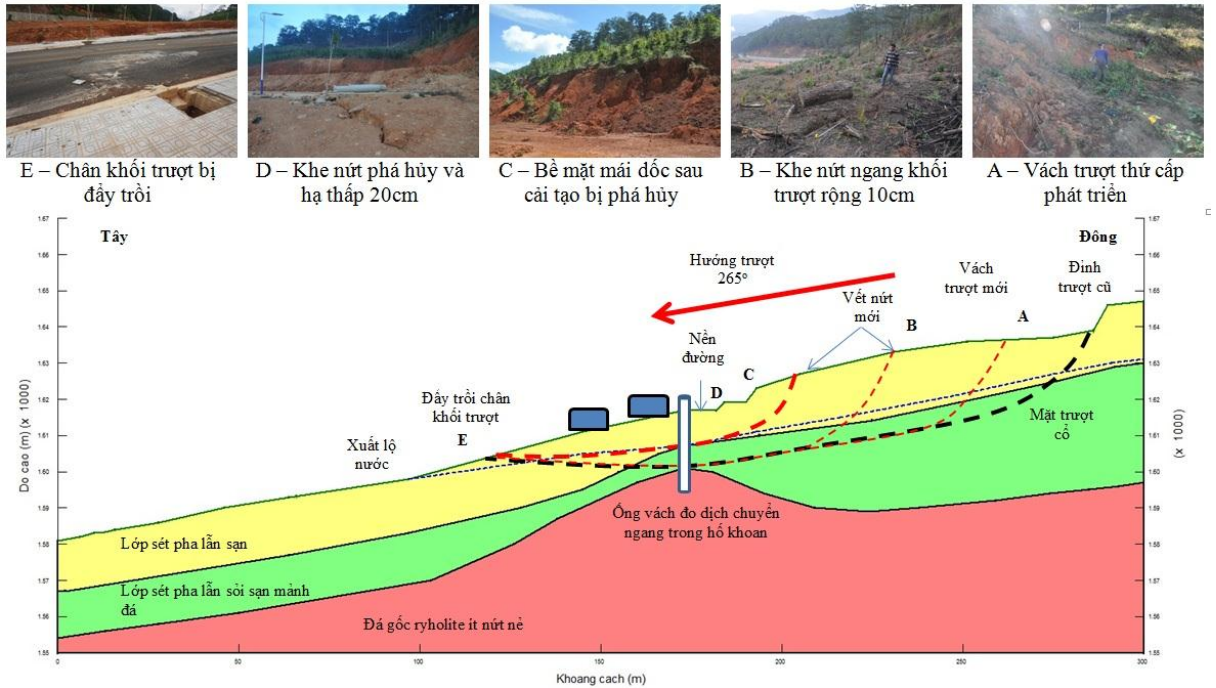
Hình 4.2. Mặt cắt khối trượt tại Khu Mãng Lìn, phường 7, TP. Đà Lạt

## b. Khối trượt điển hình ở thị trấn Lạc Dương

Các phương pháp khảo sát địa vật lý và khoan khảo sát địa chất công trình đã làm sáng tỏ cấu trúc sườn dốc với đặc trưng tồn tại lớp phủ phong hóa dày khoảng 20m trên nền đá gốc rắn chắc. Kết quả phân tích đặc trưng độ bền đất đá theo chiều sâu cho thấy tồn tại đới yếu nằm trong lớp số 2 tại khoảng độ sâu -9m (HK-LD2) và lớp số 3 tại khoảng -14m (HK-LD5). Mức nước ngầm dao động từ độ sâu -1,3m vào mùa mưa và giảm xuống độ sâu -10,3m vào mùa khô theo kết quả quan trắc chu kỳ (HK-LD1), ảnh hưởng trực tiếp tới lớp nêu trên. Hệ số ổn định tính toán theo mô hình cho thấy khối trượt hoàn toàn mất ổn định ở trạng thái bão hòa 5h và 24h. Như vậy, nguyên nhân tự nhiên gây trượt tại vị trí nghiên cứu bao gồm: sườn dốc tự nhiên có độ dốc lớn; lớp phủ phong hóa bị suy giảm độ bền mạnh khi gặp nước; áp lực nước thủy động ảnh hưởng tới sự ổn định trong thân khối trượt. Các yếu tố tác



động chính thúc đẩy dịch trượt đó là: hoạt động giảm tải lớp đất dày phía chân sườn dốc; mưa lớn kéo dài nước ngầm xuống đất làm gia tăng tải trọng bản thân và áp lực nước trong thân khối trượt (Hình 4.3).



Hình 4.3. Mặt cắt khối trượt khu đô thị Lang Biang Town, thị trấn Lạc Dương

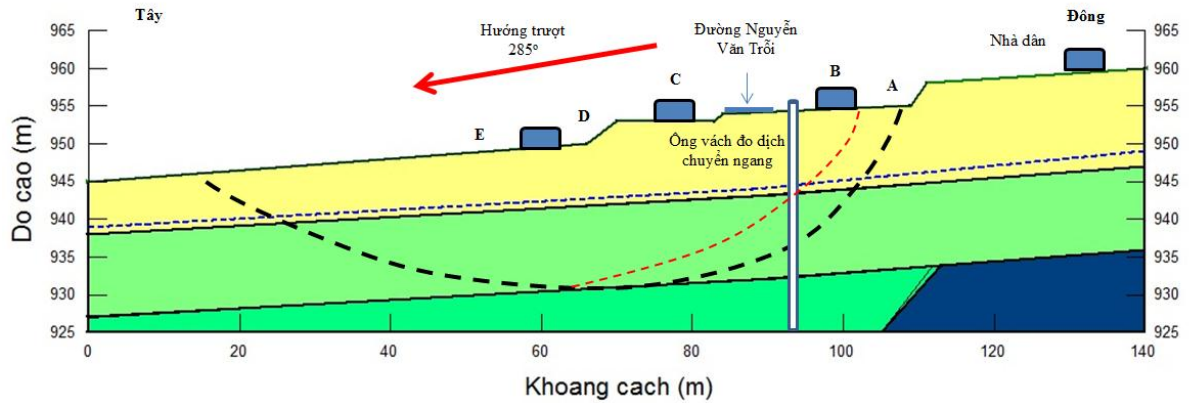
Cơ chế hình thành được nhận định như sau: Sườn dốc tự nhiên có độ dốc 20 – 25° với lớp phủ vỏ phong hòa dày khoảng 20m, đã từng xảy ra trượt lở; sau đó giảm tải phần chân mái dốc tạo 2 bậc địa hình mới chênh cao 4-5m với góc mái dốc hơn 70°. Hoạt động giảm tải đã được Lomtadze năm 1977 đánh giá đất loại sét sẽ giảm độ chặt dưới tác dụng của lực đàn hồi và có thể kèm theo hiện tượng hydrat hóa và trương nở; những sự biến đổi trạng thái vật lý như vậy ở chân sườn dốc, làm cho phần tựa sẽ suy giảm độ bền của đất dẫn đến giảm độ ổn định sườn dốc. Trên thực tế, điều này có thể nhận thấy rõ trên các tuyến đường giao thông mới mở, mái dốc khai đào với góc dốc tối ưu sau một thời gian sẽ bắt đầu xuất hiện các vị trí biến dạng bề mặt hay trượt lở nhỏ trên bề mặt mái dốc, rọ đá kê chân mái dốc bị biến dạng mạnh. Điều này là phù hợp trong trường hợp vị trí nghiên cứu. Đáng lưu ý, nước ngầm tồn tại, rò rỉ quanh năm ở phần chân sườn dốc, mực nước ngầm dao động chênh lệch 9m trong thân sườn dốc là điều kiện thúc đẩy hiện tượng hydrat hóa và xói ngầm về mặt cơ học, làm cho các lớp đất bão hòa suy giảm độ bền kháng cắt theo thời gian. Kết quả thí nghiệm độ bền mẫu bão hòa nước giảm cho thấy lớp số 2 và 3 có khả năng này. Tại độ sâu -9m, hàm lượng kaolinit là khoáng vật có khả năng trương nở tăng lên 32%, hàm lượng các khoáng vật khác giảm đi, ảnh hưởng nhiều đến tính chất cơ lý của mẫu đất bổ sung thêm cho nhận định. Mưa lớn kéo dài

đóng vai trò thúc đẩy mạnh mẽ, khối lượng thể tích tự nhiên của đất gia tăng do bị tẩm ướt trong thời gian dài. Khi đó, sức kháng cắt của lớp đất có giá trị nhỏ không thắng được lực cắt do trọng lượng bản thân của các lớp phía trên, bắt đầu phát sinh sự phá hủy theo mặt yếu dẫn đến hình thành khối trượt.

### **c. Khối trượt điển hình ở thị trấn Di Linh**

Các phương pháp khảo sát địa vật lý và khoan khảo sát địa chất công trình đã làm sáng tỏ cấu trúc khối trượt tại khu phố 1 (thị trấn Di Linh). Tổng chiều dày các lớp đất hơn 22m, phía dưới là đá bazan có kết cấu rắn chắc. Kết quả phân tích, đánh giá đặc trưng độ bền kháng cắt theo chiều sâu cho thấy sự tồn tại một số lớp đất có độ bền kháng cắt nhỏ tại khoảng độ sâu từ -8m đến -15m của sườn dốc; các lớp đất đều có khả năng suy giảm độ bền ở trạng thái bão hòa theo kết quả thí nghiệm. Mực nước ngầm dao động từ độ sâu -5m vào mùa mưa và giảm xuống độ sâu -10m vào mùa khô theo kết quả quan trắc chu kỳ. Hệ số ổn định tính toán theo mô hình cho thấy khối trượt hoàn toàn mất ở định ở trạng thái bão hòa 24h. Từ đó, cho phép xác định hai nguyên nhân tự nhiên tại đây bao gồm: lớp phủ phong hóa bị suy giảm độ bền mạnh khi gặp nước; áp lực nước thủy động tác động trong thân khối trượt. Các yếu tố tác động chính thúc đẩy dịch trượt đó là: hoạt động xây dựng nhà cửa làm tăng tải trọng trên sườn dốc; mưa lớn kéo dài độ ẩm tăng, độ bền của đất giảm (Hình 4.4).

Cơ chế hình thành được nhận định như sau: Sườn dốc tự nhiên có độ dốc thoải 15 - 20°; lớp phủ vỏ phong hóa dày, có tồn tại một số lớp xen kẽ có độ bền kháng cắt nhỏ và biến đổi tiêu cực khi gặp nước. Vị trí nghiên cứu nằm trong khu vực có lượng mưa trung bình năm lớn từ 1.500-1.600mm, thường tập trung vào mùa mưa. Mưa ảnh hưởng trực tiếp tới dao động mực nước ngầm với chênh lệch khoảng 5m giữa mùa khô và mùa mưa. Mực nước ngầm dao động tác động vào phạm vi các lớp đất trong khoảng chiều sâu này, dẫn đến độ ẩm gia tăng và độ bền kháng cắt suy giảm; đặc biệt đối với lớp đất có độ bền kháng cắt nhỏ. Theo Lomtadze năm 1977, sự tẩm ướt - tháo khô theo mùa được lặp đi lặp lại nhiều lần theo thời gian cùng với hoạt động chất tải lên sườn dốc như đã đề cập càng làm cho lớp đất bên dưới suy giảm kết cấu tự nhiên. Mưa lớn kéo dài gây tẩm ướt các lớp đất trên sườn dốc tới bão hòa, khối lượng thể tích tự nhiên của đất tăng lên bởi khối lượng nước lấp đầy lỗ rỗng trong đất. Lúc đó, sức kháng cắt của lớp đất có giá trị nhỏ bị suy giảm mạnh, nhỏ hơn lực cắt do trọng lượng bản thân của các lớp phía trên bắt đầu phát sinh sự phá hủy theo mặt yếu dẫn đến hình thành khối trượt.



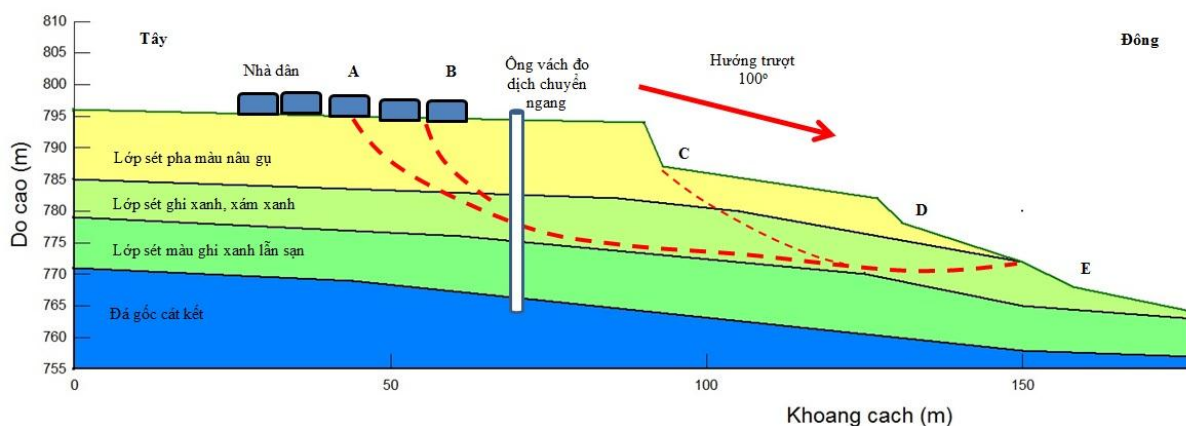
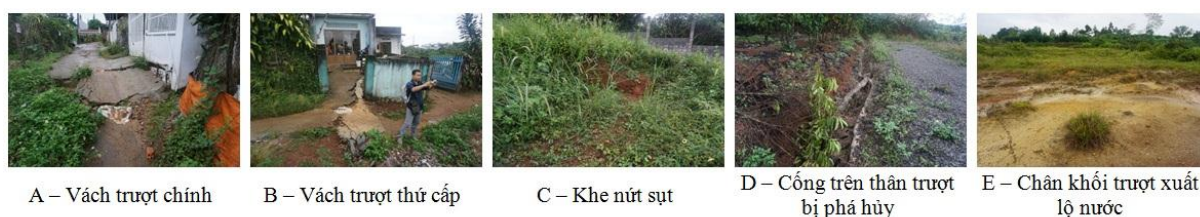
Hình 4.4. Mặt cắt khối trượt khu phố 1, thị trấn Di Linh

#### d. Khối trượt điển hình ở thành phố Bảo Lộc

Các phương pháp khảo sát địa vật lý và khoan khảo sát địa chất công trình đã làm sáng tỏ cấu trúc khối trượt tại khu dân cư tổ 11, phường B' Lao (TP. Bảo Lộc). Tổng chiều dày các lớp đất hơn 24m, phía dưới là đá bazan có kết cấu rắn chắc. Kết quả phân tích, đánh giá đặc trưng độ bền kháng cắt theo chiều sâu cho thấy sự tồn tại của lớp đất có độ bền kháng cắt nhỏ tại khoảng độ sâu khoảng -10m của sườn dốc. Lớp này nằm dưới mực nước ngầm theo kết quả quan trắc chu kỳ xác định ở độ sâu -7m vào mùa mưa và giảm xuống độ sâu -8m vào mùa khô; hiện tượng thấm rỉ nước chảy thường xuyên phía chân mái dốc. Hệ số ổn định tính toán theo mô hình cho thấy khối trượt ổn định ở điều kiện tự nhiên và hoàn toàn mất ổn định ở trạng thái bão hòa 5h và 24h. Từ đó, cho phép xác định nguyên nhân tự nhiên tại đây bao gồm: biến đổi trạng thái ứng suất chân sườn dốc; áp lực nước thủy động tác động trong thân khối trượt; lớp phủ phong hóa tồn tại lớp đất có độ bền kháng cắt nhỏ. Các yếu tố tác động chính thúc đẩy dịch trượt đó là: hoạt động giảm tải lớp đất dày hơn 10m phía chân sườn dốc; mưa lớn kéo dài nước ngầm xuống đất làm gia tăng tải trọng bản thân và áp lực nước trong thân khối trượt (Hình 4.5).

Cơ chế hình thành được nhận định như sau: Sườn dốc tự nhiên có độ dốc thoải 10 - 15o và lớp phủ vỏ phong hòa dày; sau đó giảm tải phần chân mái dốc tạo

3 bậc địa hình mới chênh cao 4-5m với góc mái dốc hơn 60°. Tương đồng như vị trí khối trượt LangBiang Town, hoạt động giảm tải chân sườn dốc của đất đá loại sét sẽ làm giảm độ chặt dưới tác dụng của lực đàn hồi; dẫn đến suy giảm độ bền của đất dẫn đến giảm độ ổn định sườn dốc. Mức nước ngầm tồn tại trong thân sườn dốc luôn vận động và rò rỉ quanh năm ở phần chân sườn dốc là điều kiện thúc đẩy hiện tượng hydrat hóa và xói ngầm về mặt cơ học, làm cho các lớp đất bão hòa suy giảm độ bền kháng cắt theo thời gian; kết quả thí nghiệm độ bền mẫu bão hòa nước cho thấy lớp số 2 có khả năng này. Trong thân khối trượt, hàm lượng thạch anh tăng lên rất lớn tại độ sâu (-11m) chỉ rõ vị trí tiếp giáp giữa lớp 2 và lớp 3 là ranh giới giữa hai lớp đất có nguồn gốc khác nhau, lớp bên dưới có độ bền kháng cắt lớn hơn lớp phía trên (theo kết quả phân tích chỉ tiêu cơ lý và thành phần khoáng vật). Vào mùa mưa, nước thấm xuống thân khối trượt trong thời gian dài làm gia tăng khối lượng thể tích tự nhiên nhưng bị khống chế bởi mặt lớp số 3 ít bị thấm nước hơn do đó hình thành mặt trượt. Số liệu quan trắc dịch trượt tại vị trí nghiên cứu đã xác nhận dấu hiệu dịch trượt này.

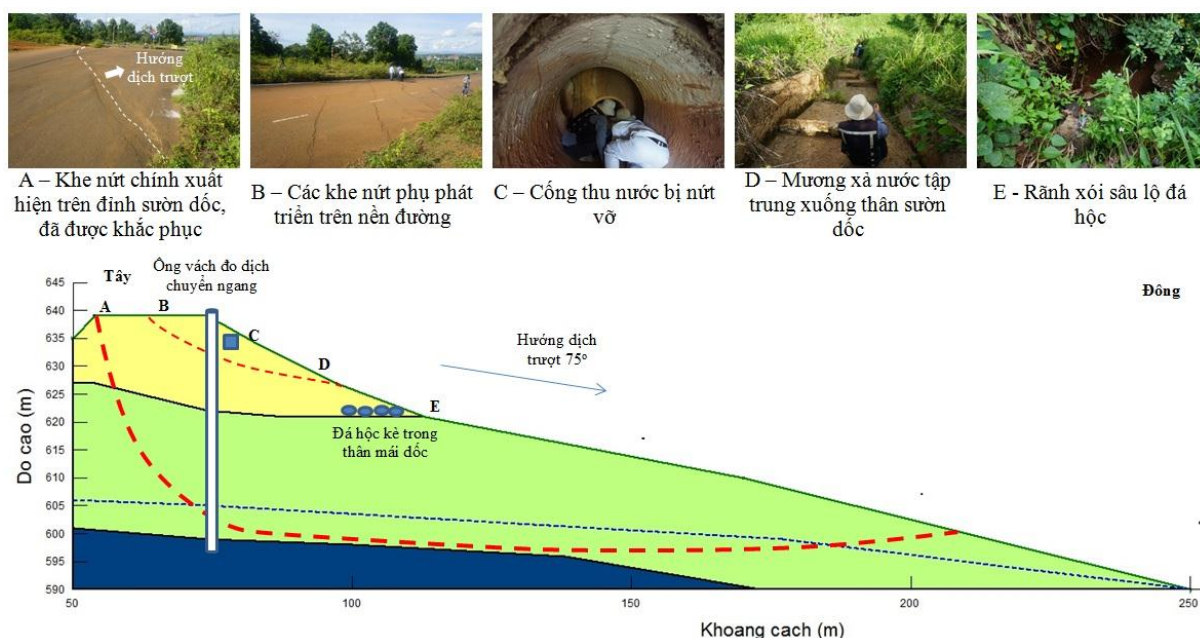


Hình 4.5. Mặt cắt khối trượt khu dân cư tổ 11 phường B'laho, TP. Bảo Lộc

#### e. Khối trượt điển hình ở thành phố Gia Nghĩa

Các phương pháp khảo sát địa vật lý và khoan khảo sát địa chất công trình đã làm sáng tỏ cấu trúc khối trượt tại đoạn đường Trần Hưng Đạo, TP. Gia Nghĩa. Tổng chiều dày các lớp đất hơn 40m, trong đó đất đắp dày 17m và đất sườn tự nhiên dày 23m, phía dưới là đá bazan có kết cấu rắn chắc. Kết quả phân tích, đánh giá đặc trưng độ bền kháng cắt theo chiều sâu cho thấy lớp đất sườn tự nhiên độ bền thấp tại khoảng độ sâu từ -21m và từ -37 đến -39m của sườn dốc. Mực nước ngầm

dao động từ độ sâu -21m vào mùa mưa và giảm xuống độ sâu -34m vào mùa khô theo kết quả quan trắc chu kỳ, ảnh hưởng trực tiếp tới lớp nêu trên. Hệ số ổn định tính toán theo mô hình cho thấy khối trượt hoàn toàn mất ở định ở trạng thái bão hòa 5h và 24h. Từ đó, cho phép xác định hai nguyên nhân tự nhiên tại đây bao gồm: lớp phủ phong hóa sườn tự nhiên bị suy giảm độ bền mạnh khi có nước; áp lực nước thủy động ảnh hưởng tới sự ổn định trong thân khối trượt. Các yếu tố tác động chính thúc đẩy dịch trượt đó là: hoạt động xây dựng đường giao thông làm tăng tải trọng trên sườn dốc dẫn đến mất sự ổn định; nước mưa theo các hệ thống thu – thoát nước đã bị phá vỡ thấm vào thân mái dốc làm độ ẩm và tải trọng bản thân tăng, độ bền của đất giảm (Hình 4.6).



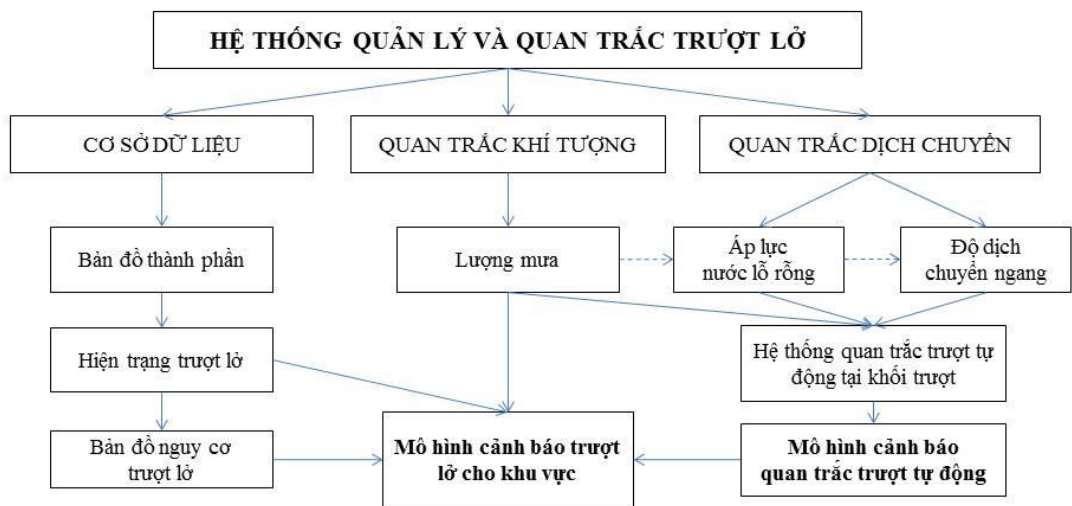
Hình 4.6. Mặt cắt khối trượt đường Trần Hưng Đạo, TP. Gia Nghĩa

Cơ chế hình thành được nhận định như sau: Sườn dốc tự nhiên có độ dốc 20 - 25° với lớp phủ vỏ phong hóa dày, đã xuất hiện dấu hiệu trượt lở tự nhiên trước đó. Tại chân sườn dốc, lớp đất tự nhiên có độ bền kháng cắt nhỏ, phân bố ở dưới sâu, hoạt động đắp cao tuyến đường làm gia tăng tải trọng lên thân sườn dốc. Vai trò thúc đẩy chính là do ảnh hưởng của mức nước ngầm tồn tại trong thân sườn dốc có dao động lớn (chênh lệch 13m theo quan trắc). Áp lực nước thủy động sinh ra trong thời gian này làm cho hiện tượng hydrat hóa và xói ngầm về mặt cơ học càng có điều kiện phát triển. Kết quả thí nghiệm sức kháng cắt của mẫu bão hòa nước trong lớp số 3 cho thấy sự suy giảm độ bền của lớp đất vốn đã giá trị nhỏ. Thành phần khoáng vật kaolinit chiếm 56,5% cho thấy khả năng trương nở cao trong lớp này theo kết quả phân tích thí nghiệm. Mưa lớn kéo dài đóng vai trò thúc đẩy mạnh

mẽ sự mất ổn định sườn dốc bởi khối lượng thể tích tự nhiên của đất gia tăng do bị thấm ướt trong thời gian dài. Khi đó, sức kháng cắt của lớp đất có giá trị nhỏ không đủ để chống lại tác dụng của lực cắt do trọng lượng bản thân của các lớp phía trên gây ra và bắt đầu phát sinh sự phá hủy theo mặt yếu dẫn đến hình thành mặt trượt. Hiện tượng nứt và sụt lún lặp đi lặp lại theo năm, rõ ràng nhất khi mùa mưa đến.

**4.5. Các mô hình quan trắc và cảnh báo sớm trượt lở đất trong phạm vi khu vực nghiên cứu**

Trên cơ sở kinh nghiệm của Thế giới và của Việt Nam với điều kiện Việt Nam hiện tại, chúng tôi cho rằng một mô hình hệ thống quản lý và quan trắc cảnh báo TL cần phải được xây dựng dựa trên các kết quả quan trắc cảnh báo tại từng điểm và kết quả cảnh báo nguy cơ theo diện ở từng đô thị một cách trực quan giúp cho nhà nghiên cứu, nhà quản lý và người sử dụng tiếp cận thông tin một cách dễ dàng (Hình 4.7)



Hình 4.7. Sơ đồ hệ thống quản lý về công nghệ quan trắc và mô hình cảnh báo trượt lở đất áp dụng của đề tài TN18.T13


**a. Mô hình quan trắc cảnh báo trượt tự động cho vị trí khối trượt**

Từ công tác khảo sát, nghiên cứu lựa chọn vị trí, kết quả quan trắc chu kỳ, thiết kế vị trí lắp đặt cảm biến với nguyên lý hoạt động thiết bị đi kèm; đề tài TN18.T13 đã hoàn thiện hệ thống mô hình quan trắc cảnh báo trượt tự động tại khu đô thị LangBiang Town, thị trấn Lạc Dương, huyện Lạc Dương, tỉnh Lâm Đồng (Hình 3.1). Các vị trí khác tại TP. Đà Lạt, TT. Di Linh, TP. Bảo Lộc thuộc tỉnh Lâm Đồng và TP Gia Nghĩa tỉnh Đắk Nông, các khối trượt được lựa chọn nghiên cứu đã

hoàn thiện thiết kế công nghệ quan trắc nhưng chưa có điều kiện tài chính triển khai lắp đặt thực tế.

Hệ thống quan trắc tự động tại khối trượt khu đô thị LangBiang Town cung cấp số liệu các thông số lượng mưa, áp lực nước lỗ rỗng, độ dịch chuyển ngang ,..., trực tuyến tại trạm quan trắc trên website theo chu kỳ đo 1 giờ/lần với 24 tệp số liệu/ngày (Hình 4.8). Dữ liệu quan trắc cho phép truy xuất theo thời gian từ thời điểm đo ban đầu đến thời điểm đo hiện tại dưới định dạng file CVS, EXCEL, XML phục vụ công tác phân tích, đánh giá quá trình hiện tượng phát triển theo thời gian và xác lập ngưỡng cảnh báo độ dịch chuyển. Mức độ tin cậy phục thuộc vào thời gian quan trắc đủ dài đi kèm với các thông số quan trắc có sự biến đổi rõ ràng.

103.124.94.210:8004/report/data2.html




**VIỆN HẢI LÂM KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM**  
**VIỆN ĐỊA CHẤT**

Chương trình Khoa học và Công nghệ cấp quốc gia giai đoạn 2016-2020  
"Khoa học và công nghệ phục vụ phát triển kinh tế - xã hội Tây Nguyên trong liên kết vùng và hội nhập quốc tế"  
Mã số: KHON-TN/16-20

Đề tài "Nghiên cứu cơ sở khoa học, xây dựng hệ thống quan trắc cảnh báo trượt tự động tại một số khu đô thị trọng điểm khu vực Tây Nguyên". Mã số: TN18/T13

**HỆ THỐNG TRẠM QUAN TRẮC CẢNH BÁO TRƯỢT TỰ ĐỘNG**



#### Data Monitoring

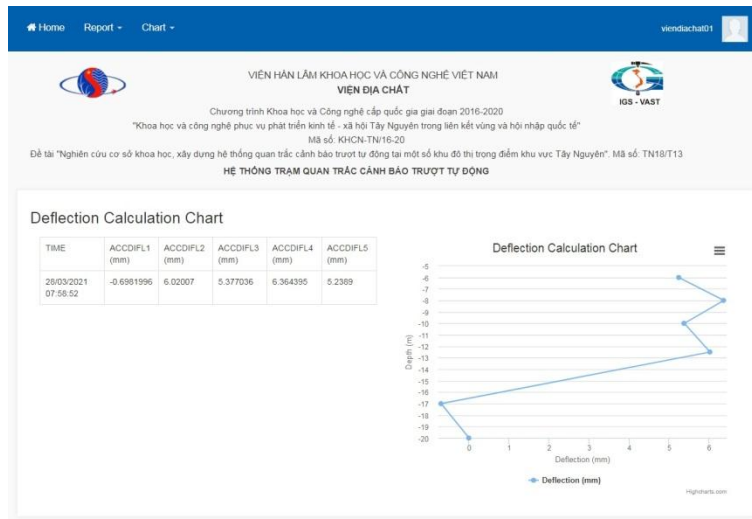
Device:  From date:  To date:

TIME	RECORD	BattV(V)	PTemp_C(°C)	TE525(mm)	MEMS_6150_1_A(V)	MEMS_6150_2_A(V)	MEMS_6150_3_A(V)	MEMS_6150_4_A(V)	MEMS_6150_5_A(V)
03/03/2021 23:59:09	1307	12.87862	17.79138	0.0	1.085759	0.9663404	0.9986228	1.109193	1.182066
03/03/2021 22:59:09	1306	12.91117	18.81707	0.0	1.08559	0.9661404	0.998719	1.109242	1.182232
03/03/2021 21:59:09	1305	12.93926	19.86311	0.0	1.085585	0.966177	0.9985685	1.109125	1.182159
03/03/2021 20:59:09	1304	12.97234	21.5327	0.0	1.085605	0.9662159	0.9984812	1.108965	1.182244
03/03/2021 19:59:09	1303	12.9999	24.10146	0.0	1.085468	0.9661491	0.9984362	1.108951	1.182164
03/03/2021 18:59:09	1302	13.02747	27.94445	0.0	1.085395	0.9660963	0.9981778	1.10896	1.182034
03/03/2021 17:59:09	1301	13.06076	32.91706	0.0	1.085539	0.966337	0.9986939	1.109133	1.1824

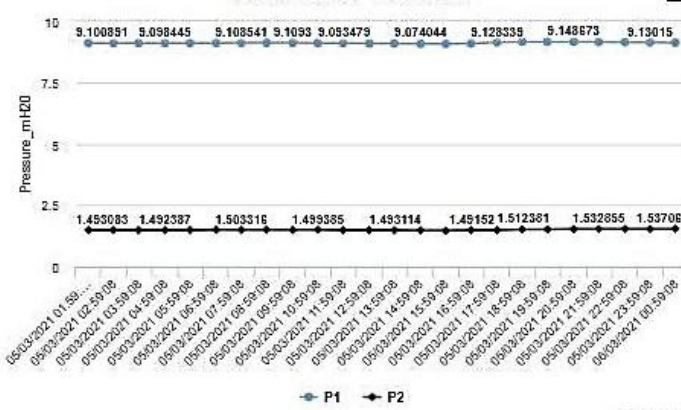
Hình 4.8. Giao diện hiển thị các thông số ghi đo trên website quan trắc cảnh báo trượt tự động tại vị trí nghiên cứu

Công tác quan trắc cảnh báo trượt tự động phát hiện tức thời hiện tượng dịch chuyển dựa trên các biểu đồ mô phỏng sự biến đổi các thông số được hiển thị theo thông số quan trắc như sau: Mức độ dịch chuyển tích lũy tại thời điểm đo của các cảm biến đo nghiêng ở các độ sâu quan trắc tại Hình 4.9a; các giá trị biến đổi của nhiệt độ và lượng mưa trong 24h của ngày đo tại Hình 4.9b; các giá trị biến đổi của

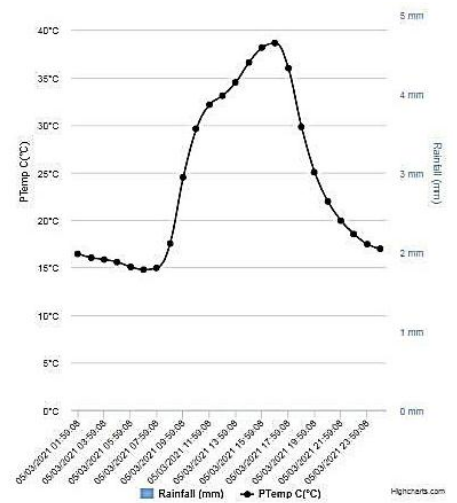
áp lực nước lỗ rỗng trong 24h của ngày đo tại Hình 4.9c; các giá trị độ dẫn điện và độ chứa ẩm của đất trên bề mặt trong 24h của ngày đo tại Hình 4.9.d.



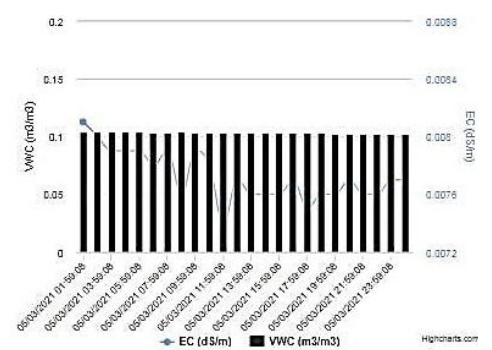
a) Biểu đồ giá trị dịch chuyển tích lũy tại thời điểm đo (mm)



c) Áp lực nước lỗ rỗng tại cảm biến PZ1 và PZ2



b) Biểu đồ biến đổi giá trị lượng mưa và nhiệt độ 24h của ngày đo

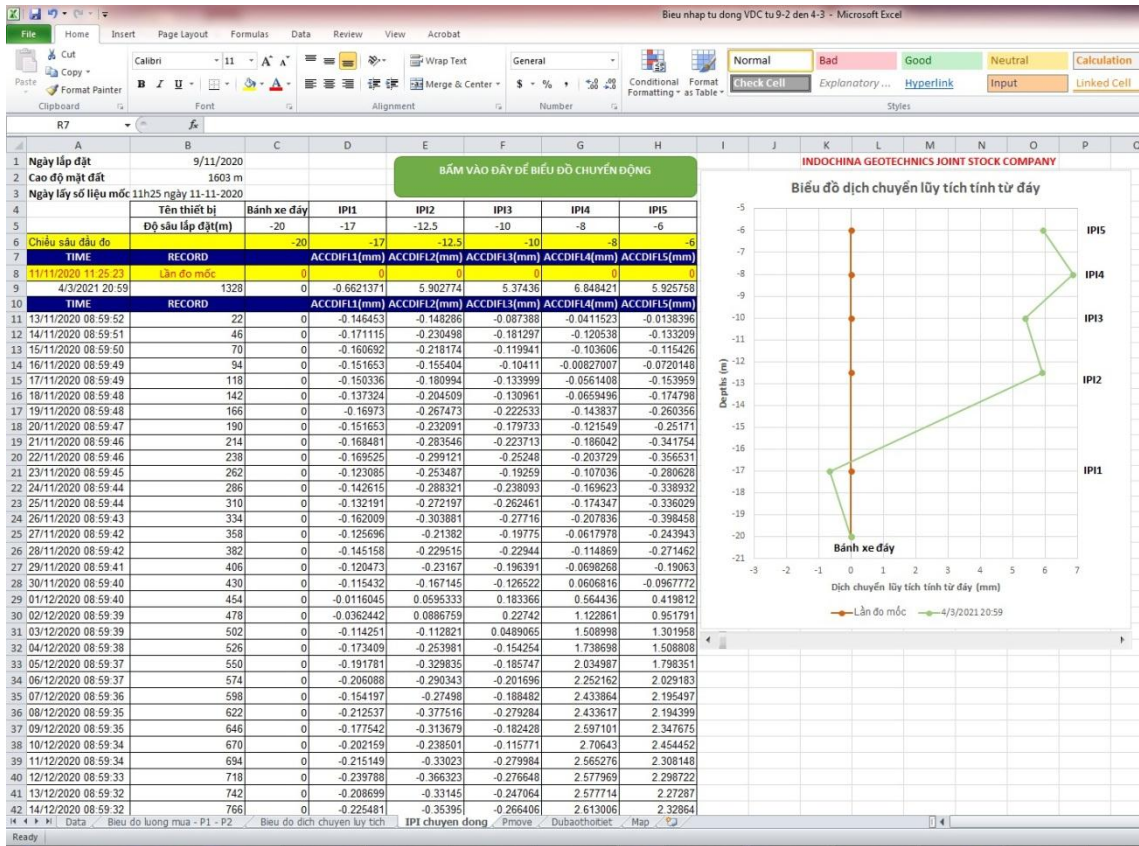


d) Độ dẫn điện và chứa ẩm của đất trên bề mặt

Hình 4.9. Biểu đồ các thông số quan trắc được thể hiện trực tuyến trên website phục vụ công tác cảnh báo trượt đất tự động tại vị trí nghiên cứu

Mô hình hệ thống quan trắc trượt tự động đã được hoàn thiện, các thông số quan trắc thu được, phân tích mối quan hệ giữa lượng mưa với áp lực nước lỗ rỗng và mối quan hệ giữa áp lực nước lỗ rỗng và độ dịch chuyển để phục vụ công tác cảnh báo hiệu quả trong quá trình vận hành hệ thống quan trắc cảnh báo trượt tự động đã được xây dựng tại vị trí nghiên cứu. Kết quả xử lý số liệu quan trắc ban đầu ghi nhận có hai lớp dịch trượt từ 11/11/2020 đến ngày 4/3/2021 trong mùa khô tại độ sâu -8m (6,8mm) và -12,5m (5,9mm) như hình 4.10.





Hình 4.10. Kết quả quan trắc mức độ dịch trượt của hệ thống trạm quan trắc trượt tự động tại khu đô thị LangBiang, TT. Lạc Dương, tỉnh Lâm Đồng

Đánh giá kết quả mô hình quan trắc trượt tự động đã hoàn thiện với phân tích dữ liệu bước đầu thu được từ ngày 12/11/2020 đến ngày 27/2/2021 cho thấy sau mùa mưa kết thúc khoảng tháng 10/2020, mưa rải rác không đáng kể khiến cho áp lực nước lỗ rỗng (PWP) đã có xu hướng giảm dần. Tuy nhiên, từ ngày 28/11 đến 01/12/2020 do ảnh hưởng bởi khối không khí lạnh đã gây mưa tại khu vực thị trấn Lạc Dương ; trong 4 ngày lượng mưa đo được mỗi ngày tại trạm lần lượt là 20, 83, 33 và 10 (mm/ngày), tổng lượng mưa ghi nhận là khoảng 146mm. PWP bắt đầu có sự gia tăng sau ngày mưa thứ nhất và đạt cực đại sau 3 ngày đầu mưa với tổng lượng mưa khoảng 136mm, giá trị tăng từ 3.1 đến 3.9 tại PZ2[-8m] và từ 10.7 đến 11.8 tại PZ1[-15m] và xuất hiện sự dịch chuyển đáng kể lần lượt là 2.0, 2.5 (mm) tại vị trí MEM 5[-6m] và MEM 4[-8m], mức độ dịch chuyển không đáng kể tại MEM 3[-10m] và 2[-12,5m], không ảnh hưởng tới MEM 1[-17m]. Điểm đáng lưu ý là sau 35 ngày chỉ xuất hiện mưa nhỏ rải rác PWP bắt đầu có xu hướng giảm trở lại, cụ thể đến ngày 08/1/2021 PWP suy giảm đáng kể lần lượt là 2.8 tại PZ2 và 10.4 tại PZ1 thì sự dịch chuyển lại xuất hiện tại MEM 3[-10m] và 2[-12,5m] và thúc đẩy MEM

5[-6m] và MEM 4[-8m] cùng dịch trượt. Biểu hiện rõ nét nhất là vào ngày 24/1/2021 cả 4 MEM trên đều có xu thế dịch chuyển tương đồng với độ dịch chuyển tích lũy từ 2.5-3.5(mm). Nhận thấy, trong khối trượt xuất hiện hai mặt trượt trong hai lớp đất đá khác nhau.

### ***b. Mô hình quan trắc cảnh báo trượt lở khu đô thị***

Cơ sở dữ liệu thông tin cơ bản, bao gồm:

- Hiện thị dữ liệu nền địa hình và ảnh vệ tinh toàn cầu của Google Map. Môi trường thông tin đa dạng tùy theo mức độ phóng to/thu nhỏ của bản đồ: tên quốc gia, vùng biển, tên đơn vị hành chính, tên đường giao thông.

- Hiện thị dữ liệu thông tin thời tiết: thông tin dự báo thời tiết cập nhật liên tục được cung cấp miễn phí bởi World Weather Online; các thông tin dự báo thời tiết được truy xuất.

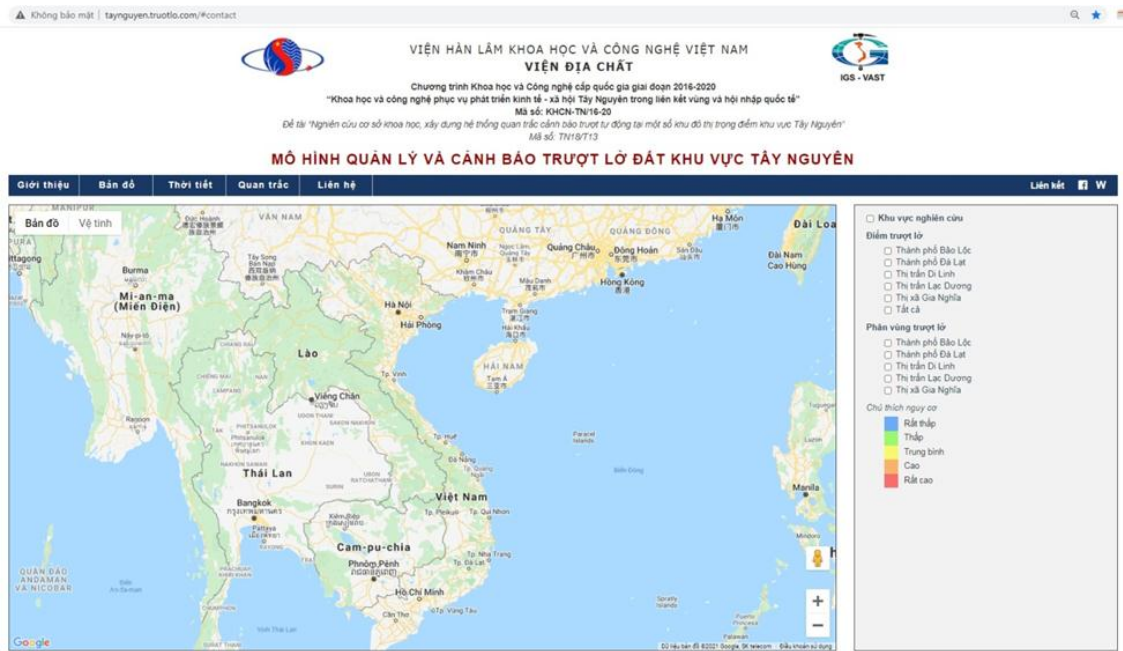
Cơ sở dữ liệu khoa học xây dựng hệ thống quan trắc cảnh báo trượt lở cho khu đô thị, bao gồm:

- Hiện thị dữ liệu hiện trạng phân bố các khối trượt tại 05 đô thị và lân cận cung cấp cho người sử dụng thông tin vị trí trượt lở đã được ghi nhận trên nền bản đồ Google Map (ký hiệu, địa điểm, đặc điểm, kiểu vật liệu, phân loại trượt, thời gian, hình ảnh)

- Hiện thị dữ liệu bản đồ cảnh báo TL 05 đô thị gồm 3 thành phố: Đà Lạt, Bảo Lộc Gia Nghĩa và hai thị trấn Lạc Dương, Di Linh. Bản đồ được coi là nền cơ sở cảnh báo nguy cơ trượt lở được hiển thị theo phạm vi không gian khu vực nghiên cứu trên nền bản đồ Google Map, chia thành 5 cấp mức độ nguy cơ có màu đặc trưng: rất thấp - màu xanh nước biển, thấp - màu xanh lá cây, trung bình - màu vàng, cao - màu da cam, rất cao - màu đỏ.

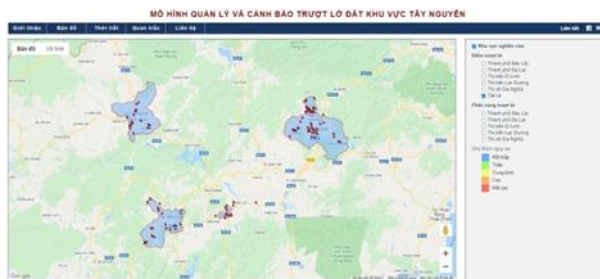
- Hiện thị vị trí trạm quan trắc tự động và đo chu kỳ đặt tại các khối trượt đã thực hiện trên bản đồ. Kết nối dữ liệu trực tuyến hệ thống trạm quan trắc trượt tự động tại vị trí đã lắp đặt, chi tiết các thông số như đã trình bày; hiển thị số liệu quan trắc đo chu kỳ. Các thông tin quan trắc cảnh báo phải thường xuyên, nhất là trong các tháng mưa lớn trên khu vực.

Hệ thống quản lý và cảnh báo trượt lở được mô hình hóa trực quan trên nền tảng website có giao diện đơn giản, dễ sử dụng và hữu ích cho người sử dụng (Hình 4.11).



Hình 4.11. Giao diện website mô hình hệ thống quản lý và cảnh báo trượt lở do đề tài TN18.T13 thực hiện

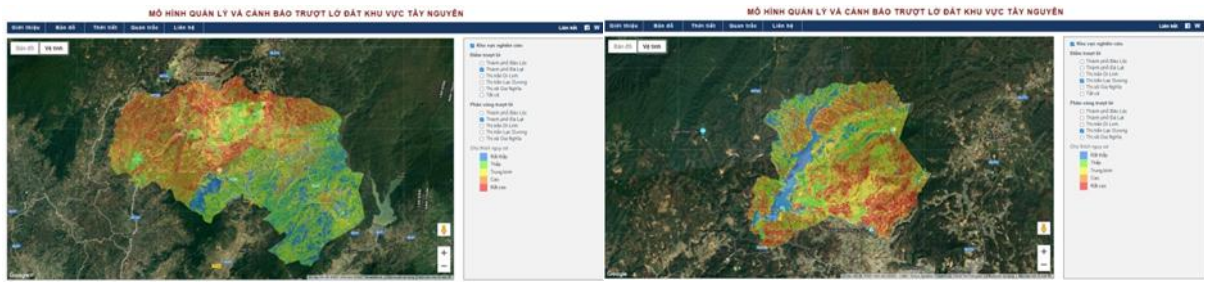
Cấu trúc thông tin của website gồm có các thẻ chính: 1) Giới thiệu - thông tin sơ lược hệ thống quan trắc. 2) Bản đồ - truy xuất các loại bản đồ được cung cấp. 3) Thời tiết - cập nhật thông tin dự báo thời tiết dạng số liệu và biểu đồ theo thời gian. 4) Quan trắc - truy cập số liệu đo trực tuyến tại trạm quan trắc trượt tự động và đo chu kỳ. 5) Liên hệ - thông tin đơn vị thực hiện, đơn vị quản lý. 6) Liên kết - có thể kết nối và chia sẻ thông tin tới các mạng xã hội và website khác, có tính năng hiển thị và truy xuất thông tin dành cho người sử dụng (Hình 4.12)



a) Hiển thị khu vực nghiên cứu và vị trí trượt lở trên nền địa hình

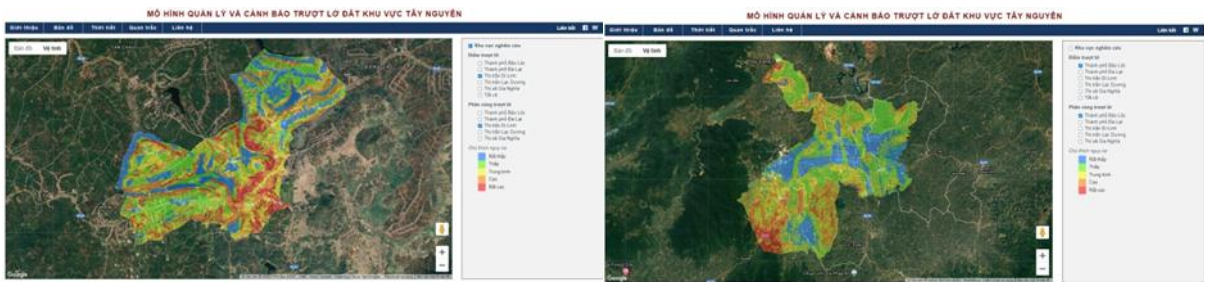


b) Hiển thị thông tin vị trí trượt lở trên nền ảnh vệ tinh



c) *Hiển thị thông tin bản đồ nguy cơ trượt lở TP. Đà Lạt*

d) *Hiển thị thông tin bản đồ nguy cơ trượt lở TT. Lạc Dương*



e) *Hiển thị thông tin bản đồ nguy cơ trượt lở TT. Di Linh*

f) *Hiển thị thông tin bản đồ nguy cơ trượt lở TP. Bảo Lộc*



g) *Hiển thị thông tin bản đồ nguy cơ trượt lở TP. Gia Nghĩa*

h) *Hiển thị dự báo mưa tại các khu vực theo lượng mưa và biểu đồ mưa*

Hình 4.12. Các tính năng hiển thị và truy xuất thông tin của mô hình cảnh báo nguy cơ trượt lở cho khu vực nghiên cứu

## 5. TÁC ĐỘNG ĐỐI VỚI KINH TẾ, XÃ HỘI VÀ MÔI TRƯỜNG

- Sản phẩm 05 bản đồ cảnh báo nguy cơ TLĐ tỷ lệ 1:25.000 cho 03 thành phố (Đà Lạt, Bảo Lộc và Gia Nghĩa) và tỷ lệ 1:10.000 cho hai thị trấn (Lạc Dương và Di Linh) góp phần định hướng quy hoạch phát triển kinh tế - xã hội tại các địa phương.

- Đối với khối trượt cụ thể đã làm sáng tỏ nguyên nhân chính và yếu tố thúc đẩy quá trình trượt lở đất trên cơ sở khoa học để các đơn vị quản lý, chức năng thiết kế biện pháp phòng chống phù hợp, có hiệu quả.

- Mô hình cảnh báo TLĐ cho khu vực và quan trắc cảnh báo trượt tự động tại khối trượt cụ thể có khả năng cung cấp những thông tin nhanh, sát thực giúp các nhà quản lý, cộng đồng dân cư (nhất là ở các khu vực nguy cơ trượt lở cao và rất cao), kịp thời có những ứng phó cần thiết để giảm thiểu thiệt hại.

## **KẾT LUẬN & KIẾN NGHỊ**

### **KẾT LUẬN**

1. Trong phạm vi khu vực nghiên cứu, trượt lở đất xảy ra trong lớp phủ vỏ phong hóa của các thành tạo địa chất có nguồn gốc xâm nhập, phun trào, trầm tích phun trào và trầm tích; tuổi từ Kreta đến Đệ tứ. Tổng số 197 điểm trượt lở được mô tả chi tiết và phân loại thành 05 kiểu trượt chính (đổ lở, xoay, phẳng, dòng và kết hợp) với 02 kiểu vật liệu chính (đất đá hỗn hợp và đất dính). Quy mô trượt lở được chia thành 3 cấp: nhỏ, trung bình và lớn. Đáng lưu ý, kiểu trượt xoay và kiểu kết hợp có quy mô lớn chiếm 23,8% trong phạm vi nghiên cứu gây ảnh hưởng lớn đến công trình dân sinh, hạ tầng cơ sở và đất khai thác.

2. Đánh giá nguy cơ trượt lở đất trong phạm vi 05 khu đô thị nghiên cứu dựa trên 09 yếu tố điều kiện, nguyên nhân; xác định 04 yếu tố nguyên nhân mang tính quyết định đến mất sự cân bằng sườn dốc là: sự phân bố độ dốc địa hình, lượng mưa phân bố theo không gian, nguồn gốc địa chất thạch học, hoạt động khai thác sử dụng đất. Các yếu tố khác có mức độ tác động nhất định, đóng vai trò góp phần phát sinh, thúc đẩy quá trình trượt lở đất.

3. Đánh giá định lượng các yếu tố ảnh hưởng và xây dựng 45 bản đồ nguy cơ trượt lở thành phần để thành lập 05 bản đồ cảnh báo nguy cơ TLĐ tỷ lệ 1:25.000 cho 03 thành phố (Đà Lạt, Bảo Lộc và Gia Nghĩa) và tỷ lệ 1:10.000 cho hai thị trấn (Lạc Dương và Di Linh). Mức độ cảnh báo nguy cơ phản ánh ở 5 cấp (rất thấp, thấp, trung bình, cao và rất cao) theo không gian. Thống kê diện phân bố nguy cơ TLĐ cao và rất cao cho thấy, diện phân bố của hai cấp nguy cơ này khá lớn ở TP. Đà Lạt (34%), TT. Lạc Dương (39%), TT. Di Linh (32%); tỷ lệ phân bố nhỏ hơn ở TX. Gia Nghĩa (25%) và TP. Bảo Lộc (21%). Riêng đối với đơn vị hành chính cấp TP mức độ nguy cơ được thống kê tới các cấp hành chính trực thuộc (phường, xã).

4. Kết quả nghiên cứu 05 khối trượt đã làm sáng tỏ nguyên nhân chính bao gồm: sườn dốc có góc dốc lớn hoặc góc dốc bị biến đổi do hoạt động cải tạo bề mặt, sự suy giảm sức kháng cắt của đất khi gặp nước, tác động áp lực nước thủy động trong thân khối trượt, các lớp đất cấu tạo sườn dốc bị thay đổi trạng thái ứng suất.

Các yếu tố thúc đẩy chính là lượng mưa lớn trong mùa mưa; hoạt động nhân sinh cải tạo bề mặt địa hình. Tác động đan xen của một số nguyên nhân và yếu tố thúc đẩy chính đã được xác định bằng các phương pháp nghiên cứu phù hợp làm cơ sở luận giải cơ chế hình thành các khối trượt.

5. Đề tài sử dụng thiết bị công nghệ quan trắc tự động hiện đại, có độ chính xác cao đã được áp dụng trên thế giới trong quan trắc khối trượt có quy mô lớn với mặt trượt phát triển sâu. Hệ thống quan trắc hoàn thiện bao gồm thiết bị đo dịch chuyển ngang, thiết bị đo áp lực nước lỗ rỗng và thiết bị đo mưa tại vị trí nghiên cứu. Số liệu ghi nhận được độ dịch chuyển 6,8mm và 5,9mm tại hai lớp phát sinh mặt trượt khi có sự gia tăng áp lực nước lỗ rỗng sau 3 ngày mưa ngay trong mùa khô. Từ đó, hình thành mô hình hệ thống quan trắc cảnh báo trượt lở tự động được thiết lập dựa trên mối quan hệ giữa lượng mưa → áp lực nước lỗ rỗng → độ dịch chuyển tại khối trượt quan trắc.

6. Mô hình cảnh báo trượt lở đất cho 05 khu đô thị là hệ thống được xây dựng trên nền tảng website đã trực quan hóa cơ sở dữ liệu về hiện trạng TL, bản đồ cảnh báo nguy cơ TL kết hợp thông tin dự báo lượng mưa; đồng thời tích hợp hệ thống quan trắc cảnh báo trượt lở tự động. Mô hình có khả năng cung cấp những thông tin nhanh, sát thực giúp các nhà quản lý, cộng đồng dân cư (nhất là ở các khu vực nguy cơ TL cao và rất cao), kịp thời có những ứng phó cần thiết để giảm thiểu thiệt hại.

7. Các mô hình cảnh báo TLĐ cho khu vực và quan trắc cảnh báo trượt tự động tại khối trượt cụ thể lần đầu tiên được đề tài TN18/T13 xây dựng bằng phương thức kết nối mạng internet, dễ truy cập trực tiếp trên nhiều thiết bị cho phạm vi các TP. Đà Lạt, TT. Lạc Dương, TT. Di Linh, TP. Bảo Lộc và TP. Gia Nghĩa. Các mô hình được xây dựng trên cơ sở khoa học kết hợp với các tài liệu điều tra khảo sát phù hợp với điều kiện thực tế của khu vực.

## KIẾN NGHỊ

1. Tai biến trượt lở xảy ra thời gian gần đây không chỉ ở 05 đô thị nghiên cứu mà còn ở nhiều khu vực miền núi của Việt Nam rõ ràng đã chịu sự tác động rất lớn của con người khi khai thác và sử dụng lãnh thổ. Do đó, công tác quy hoạch phát triển xây dựng công trình và sử dụng đất hợp lý cần được nâng cao hơn nữa bằng các nghiên cứu xây dựng bản đồ cảnh báo trượt lở ở tỷ lệ lớn (từ 1:10.000 đến 1:25.000) nhằm kiểm soát tốt nguy cơ TL. Công việc đó chỉ thành công khi xác

định được mức độ nguy cơ có thể xảy ra để áp dụng các giải pháp và biện pháp công trình phòng, tránh trượt lở phù hợp.

2. Đối với các khối trượt cụ thể có nguy cơ cao ảnh hưởng tới cộng đồng cần áp dụng tối thiểu tổ hợp các phương pháp nghiên cứu đã được trình bày trong nội dung báo cáo để có thể xác định chính xác chiều sâu mặt trượt và luận giải được nguyên nhân, yếu tố thúc đẩy và cơ chế hình thành. Đây là cơ sở khoa học để các đơn vị quản lý, chức năng thiết kế biện pháp phòng chống phù hợp, có hiệu quả.

3. Hệ thống quan trắc cảnh báo trượt tự động tại TT. Lạc Dương mới được vận hành từ tháng 11/2020, đã thu nhận được chuỗi số liệu tốt nhưng chưa đủ dài để có đánh giá chi tiết và đưa ra ngưỡng cảnh báo dịch chuyển gây biến dạng bề mặt phù hợp. Do đó, đề tài kiến nghị tiếp tục duy trì và theo dõi trong thời gian tiếp theo.

4. Trên thế giới và ở một ít nơi tại Việt Nam, nghiên cứu trượt lở ở quy mô khác nhau được áp dụng nhiều công nghệ quan trắc. Trong đó, thiết bị quan trắc chuyển vị ngang cùng với quan trắc các thông số liên quan có tính ưu việt và thường được sử dụng cho những khối trượt có quy mô lớn với mặt trượt phân bố sâu trong sườn dốc. Kết quả thu được từ hệ thống quan trắc cảnh báo trượt tự động của đề tài TN18/T13 là minh chứng cụ thể để tiếp tục triển khai hệ thống này tại các vị trí khối trượt đã nghiên cứu cũng như nhân rộng ra các khu vực khác, dần hình thành mạng lưới quan trắc cảnh báo TL tự động cho khu vực Tây Nguyên.

5. Mô hình cảnh báo trượt lở cho phạm vi 05 khu đô thị đã bước đầu xây dựng được cơ sở dữ liệu bằng bản đồ cảnh báo nguy cơ trượt lở. Tuy nhiên, cần triển khai những nghiên cứu tiếp theo nhằm xây dựng hệ thống thông tin dữ liệu trượt lở chính xác (vị trí, diễn biến, thời điểm xảy ra, quy mô, kiểu trượt,...) với thời gian đủ dài nhằm đề xuất ngưỡng cảnh báo trượt lở theo lượng mưa phù hợp. Trên cơ sở nền tảng website đã thực hiện, kiến nghị tiếp tục nghiên cứu xây dựng bản đồ cảnh báo nguy cơ tỷ lệ lớn tại các khu vực và địa phương khác bổ sung và thiết lập hệ thống cơ sở dữ liệu cảnh báo trượt lở cho khu vực Tây Nguyên và tiến đến cấp quốc gia.

Tai biến trượt lở tại Việt Nam đang đòi hỏi các nhà khoa học đa ngành trong lĩnh vực địa chất, khí tượng, vật lý địa cầu, địa lý, ... trả lời các câu hỏi liên quan như dự báo vị trí, thời điểm xảy ra hiện tượng một cách cụ thể. Việc ứng dụng những tiến bộ khoa học kỹ thuật trong quan trắc kết hợp kết quả nghiên cứu về tai

biến địa chất để tích hợp dữ liệu trên nền tảng ứng dụng công nghệ thông tin là hướng đi đúng đắn trong nghiên cứu dự báo trượt lở. Từ đó, cung cấp thông tin kịp thời, chính xác đáp ứng yêu cầu phòng, chống tai biến địa chất và phát triển kinh tế - xã hội. Xây dựng hệ thống cảnh báo sớm thiên tai nguy hiểm trượt lở là yêu cầu khách quan cần sớm được tiếp tục nghiên cứu hoàn thiện và áp dụng rộng rãi.