

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI**  
**TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN**

**NGUYỄN HỮU HÀ**

**NGHIÊN CỨU, ĐÁNH GIÁ NGUY CƠ TRƯỢT LỎ  
MÁI DỐC ĐỌC CÁC TUYẾN ĐƯỜNG BỘ TRỌNG ĐIỂM  
TỈNH BÌNH ĐỊNH TRÊN CƠ SỞ TÍCH HỢP CÔNG NGHỆ  
VIỄN THÁM VÀ HỆ THỐNG THÔNG TIN ĐỊA LÝ (GIS)**

**Chuyên ngành: Bản đồ, viễn thám và hệ thống tin địa lý**  
**Mã số: 9440211.01**

**(DỰ THẢO) TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ ĐỊA LÝ**

**HÀ NỘI - 2020**

Công trình được hoàn thành tại:  
Trường Đại học KHTN, ĐHQG Hà Nội

Người hướng dẫn khoa học:

1. PGS.TS. Đỗ Minh Đức
2. TS. Ngô Văn Liêm

Phản biện: .....

Phản biện: .....

Phản biện: .....

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng cấp Đại học Quốc gia  
chấm luận án tiến sĩ họp tại .....

.....  
vào hồi            giờ            ngày            tháng            năm 20

Có thể tìm hiểu luận án tại:

- Thư viện Quốc gia Việt Nam
- Trung tâm Thông tin - Thư viện, Đại học Quốc gia Hà Nội

## MỞ ĐẦU

### 1. TÍNH CẤP THIẾT CỦA ĐỀ TÀI

Trượt lở được xem là một trong những tai biến thiên nhiên nguy hiểm nhất, hàng năm đều gây thiệt hại lớn về tính mạng và tài sản (bao gồm cả chi phí trực tiếp và gián tiếp). Trượt lở được định nghĩa là sự chuyển động của một khối đá, đất xuống phần thấp của địa hình, có thể được kích hoạt bởi các yếu tố bên ngoài như mưa lớn, động đất, thay đổi mực nước, sóng bão hoặc dòng chảy gây xói mòn nhanh chóng dẫn đến sự gia tăng ứng suất cắt, hay giảm sức chống cắt của đất đá. Trượt lở đã gây ra một số lượng lớn các thương vong và thiệt hại kinh tế nghiêm trọng ở các khu vực miền núi trên Thế giới cũng như tại Việt Nam.

Bình Định là tỉnh thuộc vùng duyên hải Nam Trung bộ Việt Nam có địa hình khá phức tạp, địa hình đồi, núi (phía Tây) xen lẫn đồng bằng và khu vực ven biển (phía Đông); đồng thời, có cấu trúc địa chất phức tạp, đặc biệt là các hoạt động tân kiến tạo gây ra sự phân cắt địa hình mạnh mẽ, tạo các nương xói, khe hẻm, thềm sông, tăng độ dốc sườn, dẫn đến phát triển hiện tượng trượt lở, đặc biệt là trong các đợt mưa lớn. Theo báo cáo thống kê của Ban Chỉ huy Phòng chống lụt bão và tìm kiếm cứu nạn tỉnh Bình Định, từ năm 2005-2019, trên địa bàn tỉnh Bình Định đã xảy ra khoảng hơn 40 vụ trượt lở có quy mô lớn. Điển hình như năm 2010, nhiều tuyến đường giao thông tỉnh lộ, huyện của tỉnh Bình Định lộ bị lũ tàn phá hoại nặng có 540.952 m<sup>3</sup> đất bị trượt lở, 23 cầu, 6 cống hư hỏng, 242.243 m<sup>3</sup> mặt đường bị phá hoại, nhiều công trình phụ trợ bị hư hỏng. Năm 2013, tại khu vực đỉnh đèo An Khê, đoạn cuối địa phận tỉnh Bình Định chỉ kéo dài chừng 3 km nhưng đã có đến 20 điểm trượt lở. Tuyến đường vào xã Vĩnh Sơn và xã Vĩnh Kim đã có 22 điểm trượt lở, với khối lượng 500.000 m<sup>3</sup>, kéo dài 7 cây số. Không riêng ở các vùng núi, các khu vực thuộc nội thành của thành phố Quy Nhơn cũng xảy ra những vụ trượt lở đáng lo ngại, đặc biệt là quanh khu vực núi Bà Hòa. Trong những năm qua đã xảy ra nhiều vụ trượt lở, vùi lấp và gây hư hỏng nhiều công trình, nhà cửa của dân cư sống dưới chân núi. Điển hình, vào tháng 12/2016, do mưa lớn và kéo dài, đất, đá trên núi Bà Hòa bất ngờ đổ sập xuống nhà của các hộ dân đang sinh sống ở khu vực chân núi thuộc tại Tổ 3, KV1, phường Đống Đa (TP Quy Nhơn), làm một cháu bé 10 tuổi sinh sống trong khu

vực này bị vùi lấp và thiệt mạng, các khu vực khác của núi Bà Hỏa cũng bị trượt lở nghiêm trọng. Đặc biệt trong các cơn bão từ số 9-12 năm 2020 đã gây ra hơn 10 vụ trượt lở có quy mô trung bình, tập trung ở các tuyến đường của các huyện miền núi như ĐT 637 đi quy huyện Vĩnh Thạnh, ĐT 629 đi qua huyện Hoài Ân, An Lão,... đã gây ra thiệt hại lớn cho người dân, chia cắt giao thông trong nhiều ngày.

Từ thực tế trên, đề tài “*Nghiên cứu, đánh giá nguy cơ trượt lở mái dốc dọc các tuyến đường bộ trọng điểm tỉnh Bình Định trên cơ sở tích hợp công nghệ viễn thám và hệ thống thông tin địa lý (GIS)*” rất có ý nghĩa khoa học và thực tiễn.

## **2. MỤC TIÊU NGHIÊN CỨU**

**Mục tiêu nghiên cứu:** Khoanh vùng hiện trạng và nguy cơ trượt lở mái dốc trên các tuyến giao thông bộ tại tỉnh Bình Định ứng dụng GIS và viễn thám; Cảnh báo tai biến trượt lở mái dốc do mưa lớn dọc các tuyến giao thông bộ trọng điểm ở tỉnh Bình Định.

**Nội dung nghiên cứu:** Nghiên cứu mối tương quan giữa các yếu tố độ cao, góc dốc, hướng dốc địa hình, địa mạo, địa chất, thảm thực vật, đặc tính của đất, hoạt động nhân sinh và lượng mưa với hiện tượng trượt lở dọc các tuyến giao thông trọng điểm tỉnh Bình Định; Nghiên cứu hiện trạng và nguyên nhân gây trượt lở mái dốc dọc các tuyến giao thông trọng điểm tỉnh Bình Định; Sử dụng dữ liệu vệ tinh Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat 8 và Google Earth kết hợp với công nghệ viễn thám, GIS để khoanh vùng hiện trạng trượt lở mái dốc trên một số tuyến giao thông bộ trọng điểm của tỉnh Bình Định; Nghiên cứu sử dụng các phương pháp thống kê mật độ, hồi quy logistic và mô hình mạng thần kinh nhân tạo, kết hợp công nghệ GIS và viễn thám để phân vùng các khu vực có nguy cơ xảy ra trượt lở mái dốc trên một số tuyến giao thông bộ trọng điểm của tỉnh Bình Định; Nghiên cứu các ngưỡng mưa gây trượt lở để đưa ra được các cảnh báo sớm tai biến trên một số tuyến giao thông bộ trọng điểm thuộc tỉnh Bình Định.

## **3. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHẠM VI NGHIÊN CỨU**

**Đối tượng nghiên cứu:** Mái dốc trong luận án được hiểu là phần địa hình dốc chịu ảnh hưởng trực tiếp của các hoạt động nhân sinh. Trượt lở mái dốc được sử dụng để phân biệt với các trường hợp trượt lở sườn dốc

tự nhiên. Bên cạnh đó, luận án chỉ tập trung nghiên cứu hiện tượng trượt lở mái dốc do tác dụng chủ yếu của trọng lực, không nghiên cứu hiện tượng trượt lở ta luy âm do tác dụng của dòng chảy và các điểm trượt lở đã được phòng chống bằng các giải pháp công trình.

**Phạm vi nghiên cứu:** Nghiên cứu trượt lở mái dốc các tuyến giao thông đường bộ được khu trú tại phần đất dốc chịu ảnh hưởng trực tiếp của các hoạt động nhân sinh (khai đào, xây dựng công trình, canh tác,...) thuộc phạm vi dọc theo tuyến đường và mở rộng về 2 phía tới các ranh giới của đường phân thủy gần nhất. Nội dung nghiên cứu sẽ tập trung ở 03 tuyến giao thông bộ trọng điểm trên địa bàn tỉnh Bình Định, gồm: Tuyến đường bộ An Hòa - An Toàn (huyện An Lão) đặc trưng cho các tuyến giao thông ở miền núi; Tuyến đường ven biển ĐT 639 đi qua địa phận huyện Phù Cát (đoạn Cát Hải-Cát Tiến) đặc trưng cho các tuyến giao thông cắt qua địa hình đồi núi ven biển; Tuyến đường nội thị xung quanh khu vực núi Bà Hòa, địa phận thành phố Quy Nhơn đặc trưng cho các tuyến giao thông trong khu vực đô thị hóa.

#### **4. NHỮNG ĐIỂM MỚI CỦA LUẬN ÁN**

Xác định được định lượng ảnh hưởng của các yếu tố độ cao, độ dốc, hướng dốc, mật độ phân cắt sâu, thạch học, khoảng cách đến đứt gãy, khoảng cách đến đường giao thông, chỉ số TWI, chỉ số SPI, độ sâu thung lũng, chỉ số NDVI, lượng mưa đến nguy cơ trượt lở mái dốc đường giao thông trọng điểm ở tỉnh Bình Định; Phân vùng nguy cơ trượt lở bằng các phương pháp thống kê, hồi quy logistic và mạng thần kinh nhân tạo; đồng thời so sánh độ chính xác của các mô hình, đề xuất mô hình phù hợp trong việc xây dựng bản đồ phân vùng trượt lở trên địa bàn tỉnh Bình Định; Xây dựng được kịch bản cảnh báo nguy cơ trượt lở theo các lượng mưa khác nhau. Cụ thể, ngưỡng mưa lớn gây trượt lở mái dốc đường giao thông tỉnh Bình Định là  $P = 113,61 - 0,0202P_{15}$ , trong đó  $P$  là lượng mưa ngày xảy ra trượt lở (mm) và  $P_{15}$  là tổng lượng mưa tích lũy (mm) trong 15 ngày.

#### **5. Ý NGHĨA KHOA HỌC VÀ THỰC TIỄN**

**Về ý nghĩa khoa học:** Kết hợp được phương pháp mô hình thống kê mật độ và mô hình học máy, hệ thống tin địa lý và viễn thám để phân vùng các khu vực có nguy cơ trượt lở; Kết hợp các dữ liệu ảnh vệ tinh, các dữ liệu địa lý, địa chất phân vùng nguy cơ trượt lở mái dốc.

**Về ý nghĩa thực tiễn:** Luận án sử dụng một số dữ liệu ảnh viễn thám có sẵn và kết quả của một số nghiên cứu liên quan nên tiết kiệm được thời gian và kinh phí thực hiện. Các dữ liệu được lưu trữ và quản lý trong GIS nên khả năng cập nhật và sử dụng thông tin rất linh động và tiết kiệm chi phí. Kết quả của luận án có thể giúp các nhà quản lý, các nhà quy hoạch có đầy đủ hơn cứ liệu để có thể đưa ra các biện pháp thích hợp và hiệu quả nhất nhằm giảm thiểu rủi ro và thiệt hại do trượt lở đất trên các tuyến giao thông trọng điểm trên địa bàn tỉnh Bình Định gây ra, góp phần vào việc phát triển kinh tế - xã hội tại địa phương một cách bền vững.

## **6. LUẬN ĐIỂM BẢO VỆ**

**Luận điểm 1:** Các phương pháp trộn ảnh vệ tinh Landsat-8 và Sentinel-1, phân tích phổ, kết hợp huấn luyện và kiểm định thực tế bằng thuật toán mạng thần kinh nhân tạo cho phép xác định được hiện trạng trượt lở mái dốc tại ba khu vực nghiên cứu trọng điểm ở tỉnh Bình Định (tuyến đường An Hòa-An Toàn, huyện An Lão, đường ĐT 639, huyện Phù Cát và khu vực núi Bà Hòa, thành phố Quy Nhơn) với độ chính xác từ 0,71 đến 0,90.

**Luận điểm 2:** Các khu vực có nguy cơ trượt lở khác nhau tại ba khu vực nghiên cứu trọng điểm tỉnh Bình Định đã được khoanh định qua phân tích đồng thời 12 yếu tố ảnh hưởng bằng các phương pháp thống kê mật độ, hồi quy logistic và mạng nơron nhân tạo. Phương pháp mạng thần kinh nhân tạo đạt độ chính xác cao nhất là 0,98 và cho kết quả diện tích có nguy cơ trượt lở rất cao, cao, trung bình, thấp, rất thấp lần lượt là 6,8%, 28,4%, 43,6%, 8,00% và 13,2%.

## **7. CƠ SỞ TÀI LIỆU**

Dữ liệu mưa trong 20 năm (1998 - 2019) tại các trạm thủy văn tỉnh Bình Định (An Hòa, Bồng Sơn, Vĩnh Sơn, Bình Tường, Thạnh Hòa, Vân Canh, Diên Trì) và một số trạm đo mưa tự động trên địa bàn tỉnh Bình Định; Các kết quả nghiên cứu về địa chất thủy văn và địa chất công trình khu vực tỉnh Bình Định do PGS.TS. Đỗ Minh Đức và nhóm nghiên cứu thực hiện các năm 2006 và 2009; Các số liệu, dữ liệu lịch sử khối trượt, thông số khối trượt được thu thập qua ngoài thực địa (2006, 2009, 2011). Các dữ liệu về các vụ trượt lở thu thập qua các kênh thông tin, báo chí từ năm 2005-2019; Các thể hệ ảnh vệ tinh Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat 8;

Bản đồ địa hình, tỷ lệ 1:10.000, Bộ Tài nguyên và Môi trường thành lập (2011); Bản đồ đất tỉnh Bình Định năm 2015 do Sở Tài nguyên và Môi trường Bình Định thành lập; Báo cáo Quy hoạch, kế hoạch sử dụng đất đai tỉnh Bình Định thời kỳ 2015 - 2020 do Sở Tài nguyên và Môi trường Bình Định cung cấp; Số liệu thu thập được từ các đợt đi thực địa vào các năm 2017, 2018, 2019 và 2020.

## **8. CẤU TRÚC CỦA LUẬN ÁN**

Ngoài phần Mở đầu, Kết luận luận án bao gồm 03 chương: Chương 1: Tổng quan và các phương pháp nghiên cứu; Chương 2: Các yếu tố tự nhiên và kinh tế - xã hội ảnh hưởng đến trượt lở các tuyến đường giao thông bộ tỉnh Bình Định; Chương 3: Nghiên cứu hiện trạng và phân vùng nguy cơ trượt lở mái dốc các tuyến giao thông trọng điểm ở tỉnh Bình Định ứng dụng công nghệ viễn thám và GIS.

## **CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VÀ CÁC PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU**

### **1.1. Tổng quan các công trình nghiên cứu trong và ngoài nước liên quan**

Trượt đất đá là một trong những tai biến tự nhiên chủ yếu, xảy ra hàng năm, trực tiếp và gián tiếp gây thiệt hại đáng kể đến tính mạng, tài sản của con người. Trượt đất đá được định nghĩa là sự dịch chuyển của khối đá, các mảnh vụn hay đất xuống mái dốc.

*Tình hình nghiên cứu ngoài nước:* Nick Rengers và các cộng sự (1992) đã thực hiện đề tài Remote sensing and GIS applied to mountain hazard mapping. Trong nghiên cứu này, tác giả sử dụng ảnh viễn thám để giải đoán và xác định các khu vực trượt lở với các độ phân giải khác nhau (ảnh Landsat-MSS, Landsat-TM, SPOT). Suree Teerarungsigul (2007) với công trình Landslide prediction model using Remote sensing, GIS and field geology: A case study of Wang Chin district, phrae province, Northern Thailand. Ivaca Milevski (2009) với nghiên cứu Application of Remote sensing and GIS detection of potential Landslide areas. Bo Yu cùng các cộng sự (2017) đã thực hiện đề tài: A simple but effective landslide detection method based on image saliency. Fang Chen và các cộng sự (2017) đã tiến hành thực hiện công trình: A practical trial of landslide detection from single-temporal Landsat8 images using countour-based

proposals and random forest: a case study of national Nepal. Mưa và động đất là những yếu tố tự nhiên quan trọng gây phát động trượt lở. Phần lớn các trận trượt đất trên thế giới được kích hoạt bởi mưa lớn hay mưa kéo dài. Nước mưa ngấm xuống khối trượt một mặt làm tăng tải trọng của khối đất đá trên sườn dốc, làm giảm độ bền của đất đá, giảm hệ số ma sát trong và lực kết dính. Ở dạng tổng quát, Caine (1980) nghiên cứu 73 trận mưa dẫn đến trượt đất nông và lũ bùn đá ở trên thế giới đã đưa ra ngưỡng cường độ mưa  $I$  (mm/h) và thời gian mưa  $D$  (h) liên hệ với nhau qua công thức:  $I = 14,82 D^{-0,39}$ . Tiếp cận tương tự đối với Hồng Kông, Brand và nnk (1984) cho rằng nếu lượng mưa 24h trước khi xảy ra trượt đất mà vượt quá 200 mm thì ngưỡng mưa gây ra trượt đất lớn chỉ khoảng 70 mm/h. Corominas và Moya (2002) nhận ra ở vùng thượng lưu sông Llobregat, khu vực Đông Pyrenees tồn tại các ngưỡng mưa gây trượt đất và lũ bùn đá trên các trầm tích trọng tích và trên vỏ phong hóa. Chleborad và nnk (2006) khi nghiên cứu ở vùng Seattle (Washington) xác định ngưỡng mưa gây trượt đất theo chỉ tiêu: lượng mưa 3 ngày cuối cùng trước trượt lở đất ( $P_3$ ) và lượng mưa 15 ngày trước 3 ngày cuối ( $P_{15}$ ) được thể hiện bằng công thức:  $P_3 = 3,5 - 0,67P_{15}$ . Apip và nnk (2010) đã nghiên cứu và đề xuất mô hình địa kỹ thuật - thủy văn sử dụng ảnh mưa vệ tinh cho hệ thống dự báo trượt lở nông đối với quy mô lưu vực.

**Tình hình nghiên cứu trong nước:** Các công trình nghiên cứu theo hướng áp dụng công nghệ viễn thám-GIS về trượt lở đất ở Việt Nam đã có nhiều tác giả thực hiện, các kết quả thu được là các bản đồ nguy cơ trượt lở đất. Một số nghiên cứu điển hình như: Phân vùng dự báo sơ bộ trượt lở Tây Bắc của Vũ Cao Minh và nnk (1997). Lê Quốc Hùng cùng các cộng sự (2013) đã triển khai thực hiện đề án "Điều tra, đánh giá và phân vùng cảnh báo nguy cơ trượt lở đất đá các vùng núi Việt Nam" với tổng diện tích điều tra khoảng 60.000km<sup>2</sup>, đã xác định được gần 9.000 điểm trượt lở có quy mô và mức độ nguy hiểm khác nhau. Nguyễn Ngọc Thạch (2009) đã thực hiện đề tài Nghiên cứu và đánh giá trượt lở đất ở các khu vực vùng núi của Việt Nam bằng kỹ thuật viễn thám kết hợp với GIS. Mai Trọng Nhuận, Đỗ Minh Đức (2014) đã ứng dụng mô hình lý thuyết tích hợp với



các nguồn thông tin khác trong đó có tư liệu viễn thám và GIS để dự báo nguy cơ trượt lở đất ở khu vực tỉnh Bắc Kạn.

Nghiên cứu mưa ảnh hưởng đến trượt lở: Dieu Tien Bui và nnk (2013) đã sử dụng lượng mưa 15 ngày trước ngày xảy ra trượt đất,  $R_{15Ad}$  (mm), để xác định ngưỡng mưa gây trượt đất ( $R_{Th}$ ) một cách tổng quát cho toàn bộ tỉnh Hòa Bình:  $R_{Th} = 128,5 - 0,164 R_{15Ad}$ . Ngưỡng trên được xác định chung cho toàn tỉnh Hòa Bình dựa trên số liệu của 12 trạm đo mưa trên địa bàn tỉnh. Mai Thành Tân cùng cs (2015) đã phân tích mối tương quan giữa trượt lở đất và lượng mưa khu vực Mai Châu - Hòa Bình, sử dụng mô hình phân phối Poisson là mô hình thời gian liên tục có xuất hiện các điểm sự kiện ngẫu nhiên trong thời gian một các thông thường, tự nhiên liên tục để tập trung xác định ngưỡng mưa gây trượt đất và xác định xác suất xảy ra trượt theo thời gian. Đặng Quang Khang và Đỗ Minh Đức đã có nghiên cứu tại tỉnh Bắc Kạn và cho rằng mưa lớn hoặc mưa kéo dài là nguyên nhân chính gây ra trượt lở đất đá trong khu vực nghiên cứu.

## 1.2. Các phương pháp nghiên cứu

**Phương pháp phân tích giải đoán ảnh viễn thám:** Phương pháp kết hợp giữa thu thập tài liệu, phân tích ảnh viễn thám và khảo sát thực địa là phương pháp được nhiều nhà khoa học sử dụng hiện nay. Để trích xuất các khu vực trượt lở trên ảnh viễn thám, luận án đề xuất được thiết kế gồm các bước sau: (1) Hiệu chỉnh ảnh quang học và ảnh radar; (2) trộn ảnh quang học và radar; (3) loại bỏ mây; (4) sử dụng DEM để loại bỏ các khu vực đất bằng; (5) tăng cường độ sáng đối với các đối tượng nổi bật [161], một phương pháp phổ biến trong việc nâng cao thị giác máy tính; (6) trích xuất các khu vực trượt lở trên cơ sở giới hạn đường bao các đối tượng; (7) sử dụng dữ liệu thực địa để đối chiếu; (8) đào tạo một bộ phân loại sử dụng phương pháp học máy theo mô hình mạng thần kinh nhân tạo (neural network), để phát hiện tượng trượt lở từ các đối tượng nền; (9) xác định dải phổ của các đối tượng trượt lở sau khi huấn luyện; (10) so sánh kết quả sau khi chạy mô hình và kết quả từ giải đoán ảnh viễn thám; (11) thành lập bản đồ hiện trạng trượt lở. Nguồn dữ liệu viễn thám sử dụng trong nghiên cứu: Ảnh Landsat 8, Ảnh radar Sentinel-1, Ảnh quang học Sentinel-2.

### *Các phương pháp xử lý ảnh viễn thám*

a) Phương pháp xử lý ảnh radar: Lọc nhiễu (Noise Removal) -> Hiệu chỉnh bút xạ (Calibration) -> Bước 3: Lọc dữ liệu (Filter) -> Nắn chỉnh hình học -> Trích xuất khu vực nghiên cứu.

b) Phương pháp xử lý ảnh quang học

c) Phương pháp trộn ảnh (Fusion) giữa ảnh radar và ảnh quang học

d) Phương pháp trích xuất thông tin trượt lở: Loại bỏ yếu tố mây trên ảnh -> Loại bỏ các khu vực bằng phẳng -> Tăng cường độ sáng của đất trống -> Nâng cao độ sáng các đối tượng chính -> Trích xuất trượt lở -> Sử dụng dữ liệu thực địa đối chiếu -> Sử dụng mô hình mạng thần kinh nhân tạo để huấn luyện -> So sánh độ chính xác giữa mô hình và kết quả giải đoán trên ảnh -> Xây dựng bản đồ hiện trạng trượt lở.

**Phương pháp bản đồ và GIS:** Việc khoanh vùng dự báo trượt lở nên được thực hiện bởi công nghệ GIS (Hệ thống thông tin địa lý) để sự khoanh vùng có thể hỗ trợ hiệu quả cho công tác lập kế hoạch sử dụng đất và có thể cập nhật thông tin một cách hiệu quả hơn. Xây dựng bản đồ là công cụ phổ biến, quan trọng, không thể thiếu nghiên cứu tai biến địa chất. Bản đồ dự báo giúp người đọc thấy trước được sự phát triển của các tai biến địa chất trong tương lai, giúp trả lời câu hỏi “Ở đâu?” “Khi nào?” và “Với độ nguy hiểm nào?”.

**Ứng dụng thiết bị bay không người lái nghiên cứu trượt lở:** Nghiên cứu này đã sử dụng UAV loại Mavic 2-Pro, trong quá trình chụp ảnh thì yêu cầu tối thiểu đối với sự chồng chập giữa các ảnh là 60% khi sang ngang và 80% khi tiến lên phía trước. Ưu điểm của phương pháp: có thể tiếp cận các khu vực trượt lở ở cự ly gần, độ phân giải không gian cao và có thể kiểm soát được khu vực khảo sát, bay chụp, ảnh bay chụp có thể sử dụng dựng mô hình DEM thông qua phần mềm Agisoft. Nhược điểm của phương pháp này là chỉ bay chụp được trong phạm vi hẹp, khuôn ảnh chụp có kích thước nhỏ, cần phải có phần mềm chuyên dụng ghép ảnh, thời gian bay chụp bị khống chế, việc bay chụp sẽ gặp nhiều khó khăn trong điều kiện thời tiết xấu.

**Phương pháp khảo sát thực địa:** Điều tra, khảo sát nghiên cứu chi tiết ngoài thực địa một mặt cho phép thu thập các số liệu về hiện trạng, sơ

bộ đánh giá nguyên nhân phát sinh và những thiệt hại do trượt lở đất gây ra. Đối với tai biến trượt lở đất, ngoài việc điều tra thu thập các vị trí, quy mô, tình hình thiệt hại trong thời gian trước đây; ngoài thực địa, các khối trượt, được đo vẽ chi tiết, xác định các đặc trưng về vị trí, kích thước, thời gian xuất hiện,... Các phương pháp chuyên ngành được ứng dụng trong việc xác định các yếu tố phát sinh tai biến địa chất bao gồm: phân tích trắc lượng hình thái địa hình, biến dạng địa mạo, địa chất, địa chất thủy văn, địa chất thạch học công trình, vô phong hoá.

***Ứng dụng các mô hình thống kê và học máy vào nghiên cứu trượt lở***

*Phương pháp thống kê mật độ:* Phương pháp thống kê mật độ được giới thiệu bởi Van Westen. Trong phương pháp này, giá trị trọng số cho một lớp thông số ảnh hưởng tới quá trình trượt lở đất. Công thức này được Van Westen đưa ra như sau:

$$I_i = \log \frac{S_i/N_i}{S/N}$$

Trong đó:  $I_i$  - Trọng số của lớp thứ  $i$ ;  $S_i$  - Số lượng pixel có trượt lở trong lớp  $i$ ;  $N_i$  - Số lượng pixel trong lớp thứ  $i$ ;  $S$ - Tổng số pixel trượt lở trên toàn bản đồ;  $N$ - Tổng số pixel trên toàn bản đồ.

Bản đồ giá trị nguy cơ trượt lở đất được tính toán trong hệ thống GIS cho một khu vực dựa trên công thức *Van Westen* sau:

$$LSI_j = \sum_{i=0}^m X_{ij} I_i$$

Trong đó:  $LSI_j$  - Chỉ số nguy cơ xảy ra tai biến trượt lở đất;  $I_i$  - Trọng số của lớp  $i$ ;  $m$  - Số lượng tác nhân gây trượt lở của khu vực nghiên cứu;  $X_{ij} = 0$  nếu không có trượt lở và  $= 1$  nếu có trượt lở tại pixel thứ  $j$ .

*Phương pháp phân tích hồi quy logistic:* Mô hình hồi quy logistics là một trong những mô hình phân tích đa biến, rất hữu ích để dự đoán sự hiện diện của một đối tượng. Ưu điểm của hồi quy logistic là, thông qua việc bổ sung hàm liên kết thích hợp vào mô hình hồi quy tuyến tính thông thường, các biến có thể là liên tục hoặc rời rạc hoặc bất kỳ sự kết hợp nào của cả hai loại và chúng không nhất thiết phải có phân phối bình thường. Về mặt định lượng, mối quan hệ giữa sự xuất hiện và sự phụ thuộc của nó vào một số biến có thể được biểu thị như sau:

$p = 1/(1 + e^{-z})$  Trong đó  $p$  là xác suất của một sự kiện xảy ra. Trong tình hình hiện tại, giá trị  $p$  là xác suất ước tính xảy ra trượt lở. Xác suất thay đổi từ 0 đến 1 trên đường cong hình chữ S và  $z$  là tổ hợp tuyến tính. Theo sau đó, hồi quy logistic liên quan đến việc khớp một phương trình có dạng sau với dữ liệu:

$z = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n$  Trong đó  $b_0$  là điểm cắt trục tung của mô hình,  $b_i$  ( $i = 1 \dots n$ ) là các hệ số của mô hình hồi quy logistic và  $x_i$  ( $i = 1 \dots n$ ) là các biến độc lập. Mô hình tuyến tính được hình thành sau đó là một hồi quy logistic về sự hiện diện hoặc vắng mặt của lở đất (điều kiện hiện tại) trên các biến độc lập (điều kiện trước khi trượt lở xảy ra).

**Ứng dụng mô hình mạng thần kinh nhân tạo:** Mạng nơ ron nhân tạo là mô hình toán học mô phỏng biểu hiện cho một số chức năng neuron trong hệ thống thần kinh con người. Mô hình bao gồm tập hợp của các phương trình hồi quy tuyến tính. Cách thức hoạt động tín hiệu sẽ được truyền đi sang neuron khác (neurons fire) theo sợi trục (axon). Neural của model toán học ở đây cũng được mô phỏng tương tự như vậy. Công thức mô phỏng đơn giản kết quả đầu ra  $y$ :

$$y = a(w_1x_1 + w_2x_2 + w_3x_3 - \theta)$$

Trong neural: weight - trọng số,  $\theta$  ngưỡng (threshold),  $a$  là một function (activation function) - có nhiệm vụ là chuẩn hoá kết quả đầu ra.

### **1.3. Trượt lở mái dốc đường giao thông ở tỉnh Bình Định và vấn đề nghiên cứu**

Trong những năm qua, việc nghiên cứu để có những giải pháp an toàn cho các tuyến giao thông bộ của tỉnh Bình Định. Tuy nhiên, việc nghiên cứu trượt lở trên các tuyến giao thông này chưa được triển khai một cách đầy đủ, còn mang tính truyền thống, chưa tận dụng được các công nghệ tiên tiến hiện nay vào các nghiên cứu và chủ yếu tập trung theo các dự án cụ thể. Do vậy, sự kết hợp công nghệ GIS, viễn thám (cả ảnh vệ tinh, UAV) và công tác khảo sát thực địa để có thể thu thập dữ liệu trượt lở đa tỷ lệ đã cung cấp các dữ liệu đầu vào cho các mô hình toán học như thống kê đa biến, hồi quy logistic và mạng thần kinh nhân tạo để xây dựng bản đồ nguy cơ trượt lở là một hướng nghiên cứu mới và rất cần thiết trong bối cảnh hiện nay, đặc biệt trên một số tuyến đường giao thông trọng điểm của tỉnh Bình Định.

## CHƯƠNG 2. CÁC YẾU TỐ TỰ NHIÊN VÀ KINH TẾ - XÃ HỘI ẢNH HƯỞNG ĐẾN TRƯỢT LỞ CÁC TUYẾN ĐƯỜNG BỘ TỈNH BÌNH ĐỊNH

Trong nghiên cứu này sử dụng 12 yếu tố có tác động đến trượt lở tại địa phương để làm các yếu tố đầu vào cho các mô hình gồm: Độ cao, độ dốc, hướng dốc, mật độ phân cắt sâu, chỉ số TWI, chỉ số SPI, độ sâu thung lũng, chỉ số khác biệt thực vật (NDVI), khoảng cách đến đứt gãy địa hình, thạch học, khoảng cách đường giao thông, lượng mưa. Mô hình độ cao số (DEM), được nội suy từ bản đồ địa hình 1/10.000 do Bộ Tài nguyên và Môi trường thành lập năm 2011. Từ mô hình DEM này, các bản đồ yếu tố trung gian được xây dựng: Độ dốc, hướng dốc, mật độ phân cắt sâu, độ sâu thung lũng, chỉ số ẩm ướt địa hình (TWI), chỉ số năng lượng dòng chảy (SPI). Chỉ số khác biệt thực vật (NDVI) được xây dựng từ ảnh viễn thám quang học Sentinel-2, được ghép từ 03 cảnh ảnh sentinel-2 vào đầu năm 2019, độ che phủ mây dưới 10%. Từ bản đồ địa chất tỷ lệ 1:50.000 do Bộ Tài nguyên và Môi trường thành lập năm 2005, có thể xây dựng được bản đồ yếu tố thạch học. Bản đồ lượng mưa được xây dựng dựa trên lượng mưa trung bình năm (1998-2019) của các trạm đo mưa quốc gia trong các khu vực nghiên cứu.

### 2.1. Vị trí địa lý của các khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu thứ nhất là tuyến đường nhánh của tỉnh lộ 629 đi từ xã An Hòa đến xã An Toàn của huyện An Lão, đại diện cho đặc điểm của địa hình đồi núi của các huyện miền núi. Khu vực nghiên cứu thứ hai là tuyến đường ven biển ĐT 639 (đoạn từ Cát Hải đến Cát Tiến của huyện Phù Cát), đây là tuyến đường ven biển của tỉnh có cắt qua địa hình đồi núi (có 03 đoạn đèo trong khu vực này). Khu vực nghiên cứu thứ 3 là tuyến đường nội thị quanh khu vực núi Bà Hỏa thuộc địa phận thành phố Quy Nhơn đại diện cho địa hình đồi núi trong đô thị.

### 2.2. Đặc điểm địa hình

**Đặc điểm độ cao địa hình:** Độ cao là một trong những yếu tố có ảnh hưởng đến trượt lở. Những khu vực có địa hình cao, đặc biệt là các vùng rừng núi có lượng mưa tập trung lớn, thường có địa hình chia cắt, đây là điều kiện thuận lợi để hiện tượng trượt lở xảy ra với mật độ và tần suất cao. **Đặc điểm độ dốc địa hình:** Yếu tố này đóng vai trò khá quan trọng

trong việc tác động đến trượt lở. Ở những nơi độ dốc càng lớn thì đất đá càng mất ổn định và càng dễ phát sinh ra dịch chuyển đất đá trên sườn dốc. Đối với khu vực tuyến đường An Hòa - An Toàn, có độ dốc trung bình từ  $35^{\circ}$ - $40^{\circ}$ , theo các chuyên gia thì độ dốc này là điều kiện thuận lợi để các vụ trượt lở diễn ra. Độ dốc trong khu vực này có xu hướng tăng dần từ Đông sang Tây, khu vực lân cận trung tâm xã An Toàn có nơi  $>50^{\circ}$ . Đối với tuyến đường ĐT 639, độ dốc trung bình của 3 khu vực đèo khoảng  $40^{\circ}$ - $45^{\circ}$ , có những đoạn lên đến  $>60^{\circ}$ . Do vậy, trượt lở tập trung ở 3 khu vực đèo dốc này. Các khu vực còn lại của tuyến đường này phần lớn là bằng phẳng, có độ dốc  $<10^{\circ}$ , nên nguy cơ trượt lở trong các khu vực này rất thấp. Khu vực núi Bà Hỏa có độ dốc trung bình phần sườn dốc gần chân núi khoảng  $30^{\circ}$ - $35^{\circ}$ , tuy nhiên phần nửa trên của sườn dốc khoảng  $45^{\circ}$ - $50^{\circ}$ .

**Đặc điểm hướng dốc địa hình:** Yếu tố này cũng là một trong những yếu tố đầu vào có tác động đến trượt lở, đặc biệt là những hướng chịu tác động lớn của hướng gió chủ đạo về mùa mưa. Hướng dốc có tác động gián tiếp đến quá trình trượt đất đá thông qua mối quan hệ tương hỗ giữa địa hình và khí hậu. **Chỉ số ẩm ướt địa hình (TWI):** Chỉ số ẩm ướt của địa hình TWI được tính toán dựa vào công thức:  $TWI = \ln(a/\tan\beta)$  thể hiện các vị trí trong khu vực thu nước sẽ có chỉ số tương ứng với đặc điểm thủy văn khác nhau. Trong đó: a - Diện tích khu vực thu nước (Contributing area),  $\beta$ : Độ dốc bề mặt địa hình. Dòng chảy thường chảy từ các pixel có độ cao lớn hơn xuống các pixel có độ cao thấp hơn ở lân cận.

**Chỉ số năng lượng dòng chảy (SPI):** SPI là thước đo sức ăn mòn của nước chảy trên địa hình. SPI được tính dựa trên độ dốc và diện tích đóng góp. SPI có thể được sử dụng để mô tả xói mòn dòng chảy tiềm năng tại điểm đã cho của bề mặt địa hình. Khi diện tích lưu vực và độ dốc tăng lên, lượng nước do các khu vực thượng lưu và vận tốc dòng nước tăng lên, do đó chỉ số sức mạnh dòng chảy và nguy cơ xói mòn tăng. Chỉ số này được xây dựng dựa trên mô hình độ cao số (DEM).

**Độ sâu thung lũng:** Độ sâu thung lũng không những thể hiện sự chia cắt địa hình của khu vực mà nó còn tạo thành những tiểu lưu vực, những khu vực sâu trũng, chứa nước. Độ sâu thung lũng khu vực tuyến đường An Hòa - An Toàn thể hiện khá rõ nét. Phần lớn khu vực lân cận dọc tuyến

đường này, có độ sâu thung lũng từ 100-200m, có những đoạn có độ sâu >200m (Km 15). Đối với tuyến đường ĐT 639, địa hình ít bị chia cắt hơn, nên độ sâu thung lũng trong khu vực này có giá trị không lớn, tại 3 đoạn đèo trên tuyến đường này có giá trị từ 50-100m.

**Phân cắt sâu:** Yếu tố phân cắt sâu (độ cao tương đối của địa hình) là độ chênh cao tương đối giữa đỉnh các địa hình dương với đáy của các địa hình âm gần nhất. Yếu tố này thể hiện vai trò thể năng của địa hình: khi độ cao tương đối càng lớn thì thể năng địa hình càng cao và ngược lại, điều này đã thúc đẩy quá trình dịch chuyển của đất đá xảy ra mạnh hơn và động năng va đập của đất đá thể hiện tính khốc liệt rõ nét hơn.

**Đặc điểm địa chất:** *Đặc điểm địa chất tuyến đường An Hòa - An Toàn:* Đặc điểm địa chất dọc đường An Toàn An Hòa bao gồm các thành tạo địa chất sau: Hệ tầng Đắc Lô (PPđl), Bazan Pliocen muộn ( $N_2^2$ ), hệ Đệ Tứ. Các thành tạo magma ở khu vực này rất phong phú bao gồm các phức hệ sau: Phức hệ Plei Manko (PPpk), Phức hệ Phù Mỹ (MPpm), Phức hệ Định Quán (Kđq), Phức hệ Đèo Cả (Kđc). Hệ thống đứt gãy bao gồm: Hệ thống đứt gãy á kinh tuyến phát triển khu vực trung tâm tuyến đường và rìa gần An Lão; hệ thống đứt gãy Đông Bắc-Tây Nam nằm bên phải tuyến đường; hệ thống đứt gãy Tây Bắc-Đông Nam kéo từ khu vực phía bắc tới trung tâm.

*Đặc điểm địa chất tuyến đường ĐT 639:* Tham gia cấu trúc địa chất khu vực, về địa tầng gồm có các thành tạo sau: Hệ tầng Kim Sơn (PPks), Hệ Đệ Tứ, Thống Pleistocen, Thống Holocen. Các thành tạo magma gồm có các thành tạo: Phức hệ Vân Canh ( $T_{2vc}$ ), Phức hệ Định Quán ( $K_1đq$ ), Phức hệ Đèo Cả (Kđc), Phức hệ Cù Mông (Ecm). Khu vực chỉ có hai hệ thống đứt gãy. Hệ thống đứt gãy á kinh tuyến nằm phía tây diện tích kéo dài từ Cát Thành xuống cát Tiến. Hệ thống đứt gãy á vĩ tuyến nằm phía nam diện tích nghiên cứu.

*Đặc điểm địa chất khu vực núi Bà Hỏa:* Các thành tạo địa tầng gồm có: Hệ tầng Phong Hanh ( $PZ_{1ph}$ ), Hệ tầng Bà Hỏa (Jbh), Hệ Đệ Tứ, Trầm tích sông-biển ( $amQ_1$ ), Trầm tích biển ( $mQ_2$ ). Magma gồm các phức hệ: Phức hệ Vân Canh ( $T_{2vc}$ ), Phức hệ Đèo Cả (Kđc): Pha 1 ( $Kđc_1$ ). Đứt gãy chủ yếu có một đứt gãy giả định phương Đông Bắc – Tây Nam làm ranh giới hệ tầng Phong Hanh và hệ tầng Bà Hỏa.

**Đặc điểm khí tượng - thủy văn:** Bình Định là tỉnh nằm trong khu vực nhiệt đới gió mùa có chế độ khí hậu, thủy văn rất phức tạp và đa dạng. Các loại thiên tai khí tượng thủy văn như bão, lũ lụt, nước biển dâng, mưa lớn, hạn hán,... Phân phối không gian của lượng mưa ở Bình Định rất không đồng đều. Bình Định là tỉnh có tổng lượng mưa lớn nhất khu vực duyên hải Nam Trung Bộ khoảng 1600-3000mm. Lượng mưa năm trung bình đo đạc được ở nơi nhiều mưa nhất và ít mưa nhất chênh lệch nhau rất lớn đạt 2.422mm.

**Đặc điểm hệ thống đường giao thông:** Bình Định là tỉnh có hệ thống giao thông đường bộ, đường sắt, đường thủy, đường hàng không và đường biển khá thuận lợi. Các tuyến quốc lộ bao gồm: quốc lộ 1A, quốc lộ 1D, Quốc lộ 19. Các tuyến giao thông nội tỉnh chủ yếu gồm: Tuyến tỉnh lộ đi An Toàn, An Nghĩa huyện An Lão; tuyến tỉnh lộ ĐT 639; khu vực các tuyến giao thông xung quanh núi Bà Hỏa, thành phố Quy Nhơn. Các tuyến đường phần lớn cắt qua các địa hình rừng núi, làm thay đổi độ dốc của các mái dốc ven đường, thay đổi thực phủ và đặc biệt là việc xây dựng các khu dân cư ven đường dưới chân các mái dốc, trên sườn dốc, làm ảnh hưởng lớn đến ổn định mái dốc.

**Đặc điểm thảm thực vật:** Thảm thực vật đóng vai trò quan trọng trong ổn định mái dốc. Các loại cây cỏ thân bụi hoặc thân gỗ có ảnh hưởng lớn đến việc làm thay đổi cân bằng nước trong khu vực trượt lở, do một lượng lớn nước mưa được giữ trong cây.

**Đặc điểm dân cư:** Dân số toàn tỉnh Bình Định hiện nay gần 1.600.000 người, mật độ dân số (người/km<sup>2</sup>) trung bình toàn tỉnh là 260, chủ yếu là dân tộc kinh, dân tộc thiểu số chiếm tỉ lệ nhỏ, khoảng 240.000 người gồm chủ yếu Chăm, Ba Na và Hrê ở vùng cao các huyện Vĩnh Thạnh, Vân Canh... Diện tích các huyện phía tây tỉnh chủ yếu là rừng núi, rất ít dân sinh sống. Tuy nhiên, do tập quán canh tác theo lối du canh, tình trạng đốt rừng làm nương rẫy của các dân cư đồng bào dân tộc, khai thác rừng bừa bãi, đặc biệt là các khu vực gần các tuyến đường bộ của các huyện miền núi như Vĩnh Thạnh, Vân Canh, An Lão, Hoài Ân. Điều này đã dẫn đến việc phá hủy thực phủ, tạo điều kiện cho mưa thấm vào các mái dốc, gây ra mất ổn định mái dốc dẫn đến trượt lở.



### CHƯƠNG 3. NGHIÊN CỨU HIỆN TRẠNG VÀ PHÂN VÙNG NGUY CƠ TRƯỢT LỞ MÁI ĐỐC CÁC TUYẾN GIAO THÔNG TRONG ĐIỂM TỈNH BÌNH ĐỊNH ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ VIỄN THÁM VÀ GIS

#### 3.1. Hiện trạng trượt lở

Để thực hiện việc khoanh vùng trượt lở sử dụng ảnh viễn thám Landsat 8, Sentinel-1 kết hợp với Google Earth, nghiên cứu sinh đã sử dụng kết hợp các phương pháp xử lý ảnh quang học, kết hợp với xử lý ảnh radar, đồng thời kết hợp một số kỹ thuật nhận diện trượt lở sử dụng mô hình độ cao số DEM để hỗ trợ trong việc loại các khu vực đất bằng.

##### ***Hiện trạng trượt lở khu vực tuyến đường An Hòa - An Toàn***

a) *Dữ liệu ảnh*: Ảnh Sentinel 1: S1A-IW-GRDH-1SDV-7A3A, ngày chụp 2018/10/21; Ảnh Landsat 8: LC81230512018114LGN00, ngày chụp: 2018/10/17.

b) *Kết quả sử dụng ảnh viễn thám khoanh vùng bản đồ hiện trạng trượt lở*: Qua kết quả thống kê các vết trượt khu vực nghiên cứu cho thấy có 581 điểm trượt tại khu vực nghiên cứu cho vùng An Lão, với diện tích các khối trượt lên tới 6.634.800 m<sup>2</sup>.

c) *Kết quả khảo sát thực địa*: Trên tuyến này, tác giả đã thu thập được hiện trạng của 27 khối trượt. Hầu hết các khối trượt này có quy mô trung bình và nhỏ. Thể tích trung bình của các khối trượt này khoảng 335m<sup>3</sup>. Chiều cao mái dốc trung bình khoảng 5m, độ rộng khoảng 16m, độ dốc lớn nhất là 60<sup>0</sup>. Các khối trượt gồm hỗn hợp lẫn đất đá.

Kết quả thống kê sau đó được đối chiếu với các điểm khảo sát thực địa cho thấy trong số 27 khối trượt trên tuyến đường An Hòa - An Toàn có với 15 điểm trùng trên ảnh giải đoán (đạt tỷ lệ 55,6%).

##### ***Hiện trạng trượt lở khu vực tuyến đường ĐT 639***

a) *Dữ liệu ảnh*: Ảnh Sentinel 1: S1A-IW-GRDH-1SDV-7A3A, ngày chụp 2018/10/21; Ảnh Landsat 8: LC0\_L1TP\_124050\_20181007\_01T1, ngày chụp: 2018/10/17.

b) *Kết quả sử dụng ảnh viễn thám khoanh vùng bản đồ hiện trạng trượt lở*: Qua kết quả thống kê các vết trượt khu vực tuyến đường ĐT 639 cho thấy có 515 điểm có khả năng trượt lở với diện tích thống kê được 9.278.996,80 m<sup>2</sup>.

c) *Kết quả khảo sát thực địa*: Tổng số điểm khảo sát: 114. Số km lộ trình: 21,8 km. Nhận thấy các khối trượt tại đây các nguyên nhân gây trượt thường là: tăng cao độ dốc của sườn dốc khi cắt xén, khai đào, khi thi công mái quá dốc trong quá trình làm đường; giảm độ bền của đất đá do biến đổi trạng thái vật lí khi ẩm ướt, trương nở, giảm độ chặt, phong hoá, phá huỷ kết cấu tự nhiên. Sau khi trích xuất các điểm trượt lở trên ảnh viễn thám (thực hiện chức năng fusion giữa ảnh quang học Landsat 8 và ảnh radar Sentinel-1), nhận được 515 điểm trượt. Trong đó, qua khảo sát thực địa, đã nhận diện được 18 khối trượt, trong đó có 12 khối trượt trùng với các điểm giải đoán trên ảnh (đạt tỷ lệ 66,7%).

### ***Hiện trạng khu vực tuyến đường quanh núi Bà Hỏa***

a) *Dữ liệu ảnh*: Ảnh Sentinel 1: S1A-IW-GRDH-1SDV-7A3A, ngày chụp 2018/10/21; Ảnh Landsat 8: LC81230512018114LGN00, ngày chụp: 2018/10/17.

b) *Kết quả nhận diện trượt lở trên ảnh viễn thám*: Qua kết quả thống kê các vết trượt khu vực khu vực núi Bà Hỏa qua kết quả tính toán cho thấy được có 107 điểm có nguy cơ trượt với diện tích trượt lên đến 956.025m<sup>2</sup>.

c) *Kết quả khảo sát thực địa*: Tổng số tuyến lộ trình: 10. Tổng số điểm khảo sát: 167. Số km lộ trình: 15 km. Mật độ các điểm khảo sát phân bố tương đối đồng đều trong diện tích nghiên cứu đảm bảo phát hiện các điểm trượt lở có trong khu vực khảo sát.

Sau khi trích xuất các điểm trượt lở trên ảnh viễn thám, nhận được 107 điểm trượt. Qua khảo sát thực địa, đã nhận diện được 18 khối trượt, có 11 khối trượt trùng với các điểm giải đoán trên ảnh (đạt tỷ lệ 61,1%).

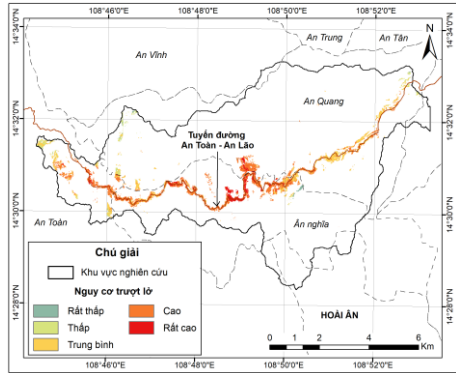
***Kết quả xây dựng bản đồ hiện trạng trượt lở kết hợp giữa ảnh viễn thám, GIS kết hợp với thực địa***: Nghiên cứu này sử dụng mô hình Neural Network để phân loại và tìm kiếm vùng có thông tin trượt lở trên ảnh viễn thám. Đối với từng khu vực sẽ được chia thành dữ liệu trượt 1 vùng trượt và vùng không có khả năng trượt là 0. Sau đó chia dữ liệu cho mô hình phân loại học máy 70% và 30% cho kiểm định mô hình. Khu vực tuyến đường An Hòa - An Toàn: Kết quả sau khi đánh giá độ chính xác kiểm chứng mô hình: với cho vùng An Lão với độ chính xác = 0.90; Khu vực

tuyến đường ĐT 639 đoạn Cát Hải - Cát Tiên: độ chính xác = 0.71; Khu vực núi Bà Hỏa độ chính xác = 0.80.

### 3.2. Phân vùng nguy cơ trượt lở mái dốc

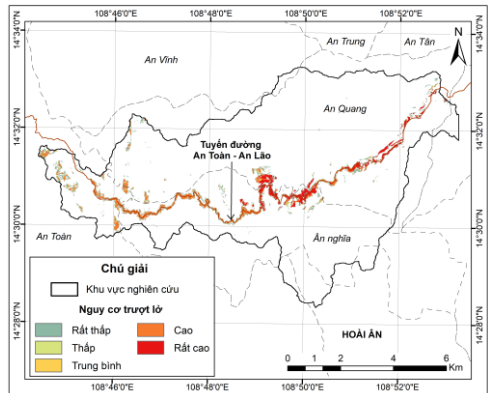
#### 3.2.1. Tuyến đường An Hòa - An Toàn của huyện An Lão

a) Xây dựng bản đồ khoanh vùng nguy cơ trượt lở bằng mô hình thống kê đa biến tuyến đường An Hòa - An Toàn: Kết quả bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở được trình bày tại hình 9. Tỷ lệ phần trăm diện tích các cấp nguy cơ trượt lở rất thấp, thấp, trung bình, cao, rất cao lần lượt là: 6,77%, 28,44%, 43,58%, 7,96% và 13,25%.



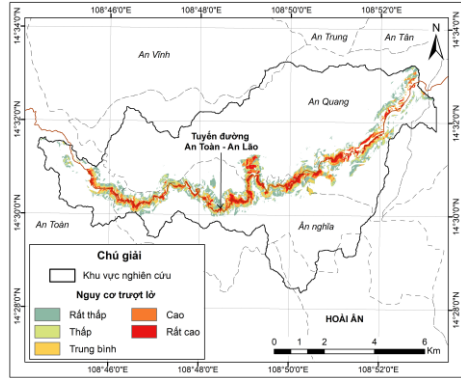
Hình 9. Bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở dọc theo tuyến đường An Hòa - An Toàn theo mô hình thống kê

b) Kết quả xây dựng bản đồ khoanh vùng nguy cơ trượt lở bằng mô hình mạng thần kinh nhân tạo: Bộ dữ liệu xây dựng cho tuyến đường An Hòa - An Toàn của huyện An Lão, bao gồm 3674914 pixel chứa thông tin của 12 yếu tố ảnh hưởng đến trượt lở đã được lựa chọn. Kết quả phân vùng: tỷ lệ phần trăm diện tích các cấp nguy cơ trượt lở rất thấp, thấp, trung bình, cao, rất cao lần lượt là: 2.98%, 9.75%, 27.82%, 37.92% và 21.53%.



Hình 10. Bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở theo mô hình mạng thần kinh nhân tạo

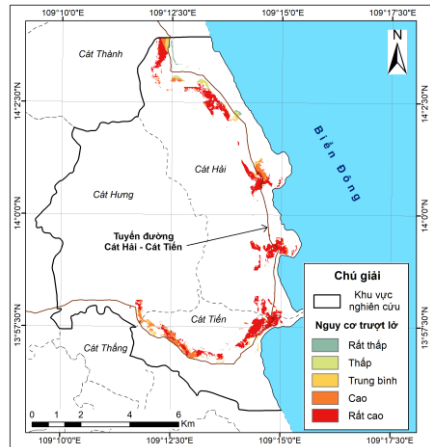
c) *Kết quả xây dựng bản đồ khoanh vùng nguy cơ trượt lở bằng mô hình hồi quy logistic*: Kết quả bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở dọc tuyến đường An Hòa - An Toàn của được xây dựng theo phương pháp hồi quy logistic biểu diễn tại hình 11. Tỷ lệ phần trăm diện tích các cấp nguy cơ trượt lở rất thấp, thấp, trung bình, cao, rất cao lần lượt là: 3.51%, 7.01%, 25.91%, 35.11% và 28.46%.



Hình 11. Bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở theo mô hình hồi quy logistic

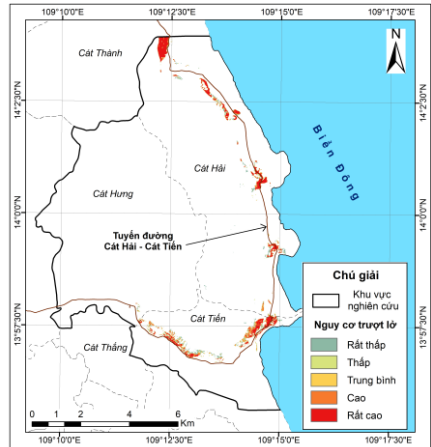
### 3.2.2. *Tuyến đường ĐT 639 ven biển huyện Phù Cát*

a) *Xây dựng bản đồ khoanh vùng nguy cơ trượt lở bằng mô hình thống kê đa biến*: Kết quả bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở sử dụng phương pháp thống kê đa biến cho tuyến đường 639, đoạn Cát Hải - Cát Tiến, được biểu diễn tại hình 12. Tỷ lệ phần trăm diện tích các cấp nguy cơ trượt lở rất thấp, thấp, trung bình, cao, rất cao lần lượt là: 16,42%, 15,73%, 20,54%, 19,41% và 27,9%.



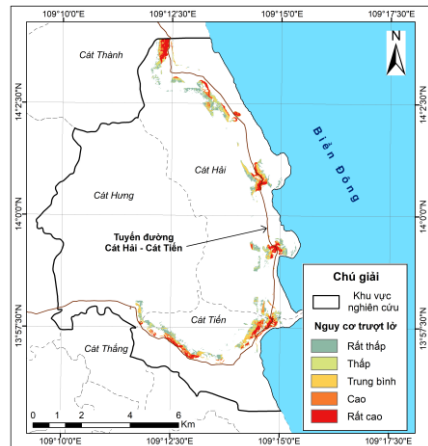
Hình 12. Bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở tuyến tỉnh lộ 639 theo phương pháp thống kê đa biến

b) *Kết quả xây dựng bản đồ khoanh vùng nguy cơ trượt lở bằng mô hình mạng thần kinh nhân tạo:* Kết quả bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở sử dụng phương pháp mạng thần kinh nhân tạo cho tuyến đường 639, đoạn Cát Hải - Cát Tiên, được biểu diễn tại hình 13. Tỷ lệ phần trăm diện tích các cấp nguy cơ trượt lở rất thấp, thấp, trung bình, cao, rất cao lần lượt là: 3.01%, 7.27%, 24,62%, 38.54% và 26.57%.



Hình 13. Bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở tuyến tỉnh lộ 639 theo phương pháp mạng thần kinh nhân tạo

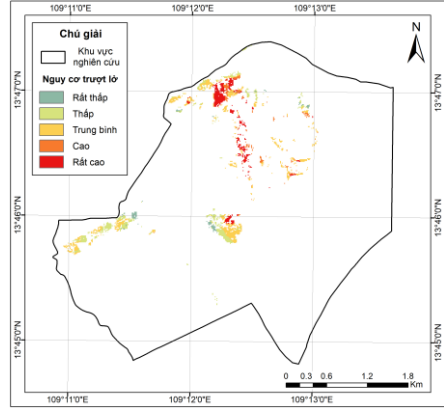
c) *Xây dựng bản đồ khoanh vùng nguy cơ trượt lở bằng mô hình hồi quy logistic:* Kết quả bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở sử dụng phương pháp hồi quy logistic cho tuyến đường 639, đoạn Cát Hải - Cát Tiên, được biểu diễn tại hình 14. Tỷ lệ phần trăm diện tích các cấp nguy cơ trượt lở rất thấp, thấp, trung bình, cao, rất cao lần lượt là: 3.34%, 8.41%, 22.98%, 41.03% và 24.4%.



Hình 14. Bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở tuyến tỉnh lộ 639 theo phương pháp hồi quy logistic

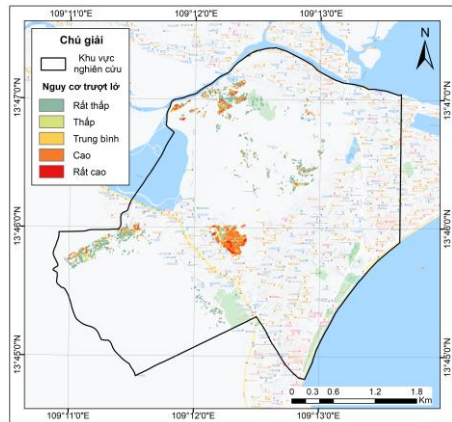
### 3.2.3. Khu vực núi Bà Hỏa thuộc thành phố Quy Nhơn

a) *Xây dựng bản đồ khoanh vùng nguy cơ trượt lở bằng mô hình thống kê đa biến:* Trong toàn bộ khu vực số lượng pixel được ghi nhận có trượt lở là 292 pixel. Một số lượng tương tự các pixel không có ghi nhận trượt lở được lấy mẫu ngẫu nhiên trong tổng số 233277 pixel để hành nghiên cứu, đánh giá nguy cơ trượt lở trong khu vực. Kết quả phân vùng: Tỷ lệ phần trăm diện tích các cấp nguy cơ trượt lở rất cao, cao, trung bình, thấp, rất thấp lần lượt là: 3,51%, 2,33%, 30,67%, 33,51%, 29,98%.



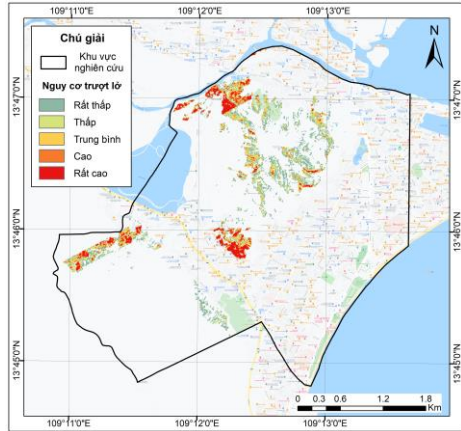
Hình 15. Bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở theo mô hình thống kê đa biến

b) *Kết quả xây dựng bản đồ khoanh vùng nguy cơ trượt lở bằng mô hình mạng thần kinh nhân tạo:* Kết quả bản đồ được xây dựng theo phương pháp mạng thần kinh nhân tạo khu vực dọc các tuyến đường nội thị xung quanh khu vực núi Bà Hỏa thuộc địa phận thành phố Quy Nhơn, được biểu diễn tại hình 16. Tỷ lệ phần trăm diện tích các cấp nguy cơ trượt lở rất thấp, thấp, trung bình, cao, rất cao lần lượt là: 3,68%, 6,79%, 23,54%, 38,12%, 27,87%.



Hình 16. Bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở khu vực núi Bà Hỏa theo mô hình mạng thần kinh nhân tạo

c) *Kết quả xây dựng bản đồ khoanh vùng nguy cơ trượt lở bằng mô hình hồi quy logistic*  
 Kết quả bản đồ được xây dựng theo phương pháp hồi quy logistic khu vực dọc các tuyến đường nội thị xung quanh khu vực núi Bà Hỏa thuộc địa phận thành phố Quy Nhơn, được biểu diễn tại hình 3.45. Tỷ lệ phần trăm diện tích các cấp nguy cơ trượt lở rất thấp, thấp, trung bình, cao, rất cao lần lượt là: 3,23%, 7,44%, 20,03%, 40,1%, 29,2%.



Hình 17. Bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở núi Bà Hỏa theo mô hình hồi quy logistic

### 3.2.4. **Đánh giá chung về kết quả phân vùng**

Dựa vào kết quả đánh giá đường cong ROC, cho thấy được mức độ chính xác diện tích khu vực dưới đường cong (AUC) trên tập dữ liệu kiểm tra của ba mô hình cho độ chính xác khá cao, với AUC của mô hình thống kê, mô hình hồi quy logistic và mạng nơ nơ ron nhân tạo lần lượt là: 0.942, 0.911 và 0.754. Như vậy, với kết quả đánh giá qua mô hình dự đoán cho thấy được mô hình thống kê và mô hình hồi quy logistic đáp ứng được độ chính xác khi sử dụng thành lập các bản đồ dự báo nguy cơ trượt lở cho khu vực nghiên cứu.

### 3.3. **Nghiên cứu ngưỡng mưa lớn gây trượt lở**

Để xác định quan hệ thực nghiệm giữa đặc điểm mưa và trượt lở, 28 trường hợp mưa lớn gây trượt lở tại Bình Định đã được ghi nhận và phân tích. Các trường hợp chủ yếu tập trung từ năm 2003 trở lại đây nhằm đảm bảo mức độ tin cậy về không gian và thời gian của sự kiện. Để xác định được các ngưỡng mưa gây trượt đất đối với các khu vực miền núi tỉnh Bình Định, đặc biệt là khu vực An Hòa - An Toàn và khu vực núi Bà Hỏa, các tiêu chí lượng mưa 3 ngày, 5 ngày, 7 ngày, 10 ngày, 13 ngày, 15 ngày, 17 ngày và 20 ngày trước đó được sử dụng phân tích. Số liệu mưa lấy từ

trạm quan trắc mưa xã An Hòa thuộc địa bàn huyện An Lão. Chuỗi số liệu mưa theo ngày được sử dụng để phân tích các sự kiện trượt lở đất được xác định trong thời gian 15 năm từ 2005 đến 2019. Đánh giá này được thực hiện bằng cách dựa vào số liệu mưa có được, các đồ thị thể hiện quan hệ giữa lượng mưa ngày - P với lượng mưa 3 ngày - P<sub>3</sub>, 5 ngày - P<sub>5</sub>, 7 ngày - P<sub>7</sub>, 10 ngày - P<sub>10</sub>, 13 ngày - P<sub>13</sub>, 15 ngày - P<sub>15</sub>, 17 ngày và 20 ngày trước đó được xây dựng cho cả tập hợp dữ liệu toàn bộ chuỗi số liệu mưa không liên quan đến trượt đất lẫn tập hợp dữ liệu mưa liên quan đến trượt đất trong 15 năm qua.

Trong các đồ thị quan hệ mưa ngày và mưa 3 ngày, 5 ngày, 7 ngày, 10 ngày, 13 ngày, 15 ngày, 17 ngày và 20 ngày với trượt lở đất thì đồ thị quan hệ giữa mưa ngày và mưa 15 ngày trước đó có tỷ lệ phần trăm cao nhất (41,8%). Do vậy, ở khu vực nghiên cứu có thể thấy sử dụng ngưỡng mưa trước 15 ngày so với ngày xảy ra các sự kiện trượt lở đất là hợp lý hơn cả. Ngưỡng này cho phép phân biệt rõ nhất các tập hợp dữ liệu trượt đất và không trượt đất. Để xác định ngưỡng mưa, biểu đồ quan hệ giữa lượng mưa ngày (P) xảy ra trượt đất và lượng mưa 15 ngày trước ngày xảy ra trượt đất (P<sub>15</sub>) được xác lập. Đường nối các giá trị thấp nhất sẽ là đường phương trình thể hiện ngưỡng mưa gây kích hoạt trượt đất (Dieu Tien Bui và ccs, 2013; Mai Thành Tân và ccs, 2015). Cụ thể đối với khu vực ở khu vực huyện An Lão, tỉnh Bình Định ngưỡng này sẽ được thể hiện dưới dạng biểu thức:  $P = 113,61 - 0,0202P_{15}$  Phương trình ngưỡng mưa thể hiện, nếu như trong 15 ngày trước đó không có mưa thì chỉ cần lượng mưa trong vòng 24h là 113,61 mm cũng đủ gây ra trượt đất.

## KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

### 1- KẾT LUẬN

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

1- Luận án đã áp dụng tổ hợp các phương pháp nghiên cứu phù hợp bao gồm phân tích ảnh viễn thám, ứng dụng GIS, khảo sát thực tế và các mô hình tính toán làm sáng tỏ hiện trạng và phân vùng nguy cơ trượt lở dọc các tuyến giao thông đường bộ trọng điểm tỉnh Bình Định.

2- Hiện trạng trượt lở mái dốc tại 3 khu vực nghiên cứu trọng điểm của tỉnh Bình Định được xác định trên cơ sở trộn ảnh vệ tinh Landsat 8 và



Sentinel, phân tích phổ, kết hợp huấn luyện và kiểm định thực tế bằng thuật toán mạng thần kinh nơ ron nhân tạo với độ chính xác đạt được từ 0.71-0.9.

3- Kết quả giải đoán trên ảnh viễn thám, xử lý UAV kết hợp với khảo sát thực địa đã xác định tuyến đường An Hòa - An Toàn (huyện An Lão) có 187 điểm trượt lở, tuyến đường ĐT 639, đoạn Cát Hải- Cát Tiến của huyện Phù Cát 168 điểm trượt lở và khu vực núi Bà Hòa của thành phố Quy 35 điểm trượt lở.

4- Các mô hình thống kê mật độ, mạng nơ ron nhân tạo và hồi quy logistic được lựa chọn kết hợp với GIS để xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở. Dữ liệu đầu vào bao gồm 12 yếu tố ảnh hưởng đến trượt lở là độ cao, độ dốc, hướng dốc, mật độ phân cắt sâu, thạch học, khoảng cách đến đứt gãy, khoảng cách đến đường giao thông, chỉ số TWI, chỉ số SPI, độ sâu thung lũng, chỉ số NDVI, phân vùng lượng mưa. Kết quả phân vùng nguy cơ trượt lở từ ba mô hình được phân cấp theo 5 tỉ lệ xuất hiện 50%, 20%, 10%, 3%, 1% tương ứng với các cấp nguy cơ trượt lở: rất cao, cao, trung bình, thấp, rất thấp. Trong đó diện tích vùng trượt lở được xác định tại các vùng nghiên cứu là: Đối với khu vực tuyến đường An Hòa-An Toàn (An Lão) là 6,77%, 28,44%, 43,58%, 7,96% và 13,25%; khu vực tuyến đường ĐT 639 (Phù Cát) là 16,42%, 15,73%, 20,54%, 19,41%, 27,9%; khu vực núi Bà Hòa (Quy Nhơn) là 3,51%, 2,33%, 30,67%, 33,51%, 29,98%.

5- Độ chính xác của 3 mô hình được đánh giá trên tập dữ liệu kiểm tra, kết quả cho thấy hai mô hình có độ chính xác cao AUC lớn hơn 90%, với AUC của mô hình hồi thống kê, mô hình hồi quy lần lượt là: 0.942 và 0.911. Dựa trên độ chính xác AUC của ba mô hình và kết quả tính toán cho thấy các bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở có độ chính xác rất cao. Thông qua kết quả đó, có thể áp dụng các mô hình nghiên cứu này cho toàn bộ khu vực để phục vụ thành lập các bản đồ tai biến thiên nhiên khác.

6- Luận án cũng đã ghi nhận được 28 sự kiện mưa lớn gây trượt lở tại tỉnh Bình Định. Phân tích bộ số liệu mưa quan trắc được tại trạm mặt đất An Hòa (An Lão) theo ngày trong thời gian từ 2003 đến 2019 (thời gian thu thập được sự kiện trượt lở) cho thấy, phương trình ngưỡng mưa thể

hiện, nếu như trong 15 ngày trước đó không có mưa thì chỉ cần lượng mưa trong vòng 24h là 113,61 mm cũng đủ gây ra trượt đất. Công thức nêu trên rất có ý nghĩa trong việc theo dõi mưa nhằm cảnh báo nguy cơ trượt đất trong khu vực nghiên cứu. Nhưng theo thống kê số liệu mưa trong khoảng thời gian 2005 - 2019 tại khu vực ghi nhận được 61 ngày có lượng mưa ngày vượt ngưỡng 113,61mm, tuy nhiên chỉ có 28 ngày được xác nhận là có xảy ra trượt lở đất, chiếm tỷ lệ 45,9%. Do đó, ngoài ảnh hưởng của mưa, trượt lở đất còn phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác.

## **2- KIẾN NGHỊ**

- Tiếp tục nghiên cứu và xây dựng bản đồ nguy cơ cho các khu vực khác (ngoài 3 khu vực nghiên cứu của luận án) để có bức tranh tổng thể về nguy cơ trượt lở trên toàn địa bàn tỉnh Bình Định.

- Nghiên cứu xây dựng các hệ thống quan trắc, cảnh báo nguy cơ trượt lở trên các khu vực xác định có nguy cơ cao.

- Sử dụng các ảnh viễn thám có độ phân giải về không gian, thời gian và phổ cao để tăng độ chính xác của bản đồ phân trượt lở.

- Đề nghị các cấp chính quyền trong tỉnh quan tâm đến các biện pháp phòng chống trượt lở, các bản tin cảnh báo để có các biện pháp kịp thời giảm thiểu thiệt hại về người và của trong khu vực có nguy cơ.

## CÁC BÀI BÁO VÀ CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ

1. **Nguyễn Hữu Hà**, Đỗ Minh Đức (2019), *Hiện trạng tai biến trượt lở đất đá trên một số tuyến đường giao thông tỉnh Bình Định*, Kỷ yếu Hội nghị Khoa học Địa lý toàn quốc lần thứ XI, thành phố Huế 4-2019.
2. **Nguyễn Hữu Hà**, Phan Văn Thơ, Đỗ Minh Đức, Ngô Văn Liêm (2019), *Ứng dụng ảnh viễn thám Sentinel-1, Landsat 8 và Google Earth trong việc khoanh vùng trượt lở đất: Trường hợp huyện An Lão, tỉnh Bình Định*, Kỷ yếu Hội thảo ứng dụng GIS toàn quốc 2019, thành phố Buôn Mê Thuột, 11-2019.
3. Võ Gia Nghĩa, **Nguyễn Hữu Hà** (2018), *Xây dựng hệ thống WebGIS quản lý hạ tầng bưu chính, viễn thông tỉnh Bình Định*, Kỷ yếu Hội thảo ứng dụng GIS toàn quốc 2018, thành phố Hồ Chí Minh 11-2018.
4. Ngô Anh Tú, Bùi Anh Kiệt, **Nguyễn Hữu Hà** (2019), *Ứng dụng GIS mã nguồn mở nguồn mở phát triển phần mềm quản lý đê điều trên địa bàn tỉnh Bình Định*, Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ, Tập 55, số 2A (2019), 33-43, DOI: 10.22144/ctu.jvn.2019.035.
5. **Nguyễn Hữu Hà**, Nguyễn Tiến Nhật (2017), *Ứng dụng hệ thống thông tin địa lý (GIS) hỗ trợ quản lý dịch bệnh tai xanh và dịch tả trên đàn heo tại tỉnh Bình Định*, Kỷ yếu Hội thảo ứng dụng GIS toàn quốc 2017, thành phố Quy Nhơn, 11-2017.
6. Do Minh Duc, Nguyen Khac Hoang Giang, Dao Minh Duc, Do Minh Ngoc, Dinh Thi Quynh, Dang Thi Thuy, **Nguyen Huu Ha**, Nguyen Van Binh, Hoang Hai Yen, Do Van Vung (2019), *Using logistic regression and neural networks for landslide susceptibility assessment along the transport arteries in the mountainous areas of Quang Nam province*, Geological and Geotechnical Engineering in Response to Climate Change and Sustainable Development of Infrastructure, VIETGEO 2018.
7. Nguyen Khac Hoang Giang, Trinh Quoc Anh, Dang Thi Thuy, Do Minh Ngoc, Dao Minh Duc, Hoang Hai Yen, **Nguyen Huu Ha**, Do Minh Duc, *Probabilistic analysis of rainfall-induced landslides in Quang Nam province*, Geological and Geotechnical Engineering in

Response to Climate Change and Sustainable Development of Infrastructure, VIETGEO 2018.

8. Pham Van Tien, Le Hong Luong, Tran Thanh Nhan, Do Minh Duc, Dinh Thi Quynh, Nguyen Chau Lan, Nguyen Quoc Phi, Do Canh Hao, **Nguyen Huu Ha**, Dang Thi Thuy, and Vu Ba Thao, *Secondary Processes Associated with Landslides in Vietnam*, Proceedings of the International Conference on Innovations for Sustainable and Responsible Mining, LNCE 108, pp. 192–209, 2021, [https://doi.org/10.1007/978-3-030-60269-7\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-030-60269-7_10).
9. Nguyễn Việt Cường, Võ Thanh Tịnh, **Nguyễn Hữu Hà**, Nguyễn Hữu Xuân, Ngô Anh Tú, Phan Văn Thơ, *Thiết lập và đánh giá chỉ số tổn thương xã hội do ngập lụt cho cấp xã trên địa bàn tỉnh Bình Định*, Tạp chí Nghiên cứu Địa lý nhân văn, Số 4(27) năm 2019, ISSN 2354-0648.
10. **Nguyễn Hữu Hà**, Phan Văn Thơ, Đỗ Minh Đức, Đặng Thị Thùy, Dinh Thị Quỳnh, *Ứng dụng công nghệ viễn thám, GIS và mô hình thống kê kết hợp mô hình mạng thần kinh nhân tạo thành lập bản đồ nguy cơ trượt lở dọc các tuyến giao thông trên địa bàn huyện An Lão, tỉnh Bình Định*, Kỷ yếu Hội thảo ứng dụng GIS toàn quốc 2020, 2020, ISBN: 978-604-60-3259-5, tr. 706-716.