

SỬ DỤNG PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH THỨ BẬC AHP TRONG THÀNH LẬP BẢN ĐỒ NGUY CƠ TRƯỢT LỞ ĐẤT KHU VỰC HUYỆN TUYÊN HÓA, TỈNH QUẢNG BÌNH

Giang Thị Phương Thảo¹, Nguyễn Quang Tuấn^{2*},
Đoàn Hoàng Đạt³, Phạm Việt Hòa¹, Nguyễn An Bình¹

¹ Viện Địa lý tài nguyên TP.HCM, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

² Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế

³ Trung tâm Kỹ thuật - Đo lường - Thử nghiệm, Sở Khoa học Công nghệ Quảng Bình

*Email: nguyenquangtuan@hueuni.edu.vn

Ngày nhận bài: 7/12/2022; ngày hoàn thành phản biện: 19/12/2022; ngày duyệt đăng: 26/6/2023

TÓM TẮT

Các giải pháp không gian trong giám sát nguy cơ trượt lở giải quyết bài toán quan sát trên phạm vi rộng lớn đặc biệt hiệu quả đối với khu vực có sự thay đổi về mặt địa hình, khí hậu, địa chất và thủy văn phức tạp. Nghiên cứu này thành lập bản đồ nguy cơ trượt lở huyện Tuyên Hóa tỉnh Quảng Bình. Mười bản đồ yếu tố cấu thành nguy cơ trượt lở được xác định bao gồm: độ cao, độ dốc, hướng dốc, phân cắt ngang, phân cắt sâu, lượng mưa, hiện trạng sử dụng đất, chỉ số thực vật chuẩn hóa, địa mạo và đất. Phương pháp tỷ số tần suất trước hết được sử dụng để định lượng mức độ ảnh hưởng của từng nhóm dữ liệu trong từng yếu tố, trong khi phân tích thứ bậc xác định trọng số cho từng yếu tố. Tích hợp hai phương pháp, bản đồ nguy cơ trượt lở được thành lập hỗ trợ công tác ra quyết định trong phòng chống hiện tượng trượt lở đất đang gia tăng nghiêm trọng tại địa phương này.

Từ khóa: Trượt lở, Tỷ số tần suất, Phân tích thứ bậc, bản đồ nguy cơ, Tuyên Hóa, Quảng Bình

1. MỞ ĐẦU

Trượt lở đất là một hiện tượng địa chất đề cập đến sự chuyển động của một phần nền đất so với phần khác theo một bề mặt do sự mất cân bằng về trọng lực [1]. Theo Cơ sở dữ liệu thiên tai quốc tế (EM-DAT), trượt lở đất chiếm 5% tổng số thiên tai toàn cầu trong 1 thập kỷ qua, đứng thứ 5 sau lũ, bão, động đất và nhiệt độ cực đoan. Trượt lở đất là một trong những hiện tượng tai biến thiên tai thường xuyên xảy ra nhất

và đã được chứng minh là thảm khốc khi gây ra thiệt hại lớn cho cơ sở hạ tầng và tính mạng của con người trên toàn thế giới [2].

Giải pháp không gian trong đánh giá nguy cơ trượt lở sử dụng các bản đồ yếu tố ảnh hưởng nguy cơ trượt lở để chồng xếp theo mô hình ước tính đa tiêu chí có trọng số [3, 4]. Khi tiến hành đánh giá nguy cơ trượt lở dựa trên các giải pháp không gian, một trong những vấn đề quan trọng là xác định các yếu tố đầu vào, cũng như mức độ ảnh hưởng của từng nhóm dữ liệu trong từng yếu tố đầu vào. Để giải quyết bài toán này, phương pháp tỷ số tần suất (Frequency Ratio - FR) được áp dụng để định lượng mức độ ảnh hưởng của từng nhóm yếu tố dựa trên phân bố không gian điểm nguy cơ trượt lở [5]. Bằng cách này, các mô hình phân tích đa tiêu chí được trọng số hóa ở mức độ chi tiết hơn trong từng yếu tố ảnh hưởng, giúp chính xác hóa bài toán nhận diện nguy cơ trượt lở trên quy mô không gian [6], [7].

Phương pháp phân tích thứ bậc (Analytical Hierarchy Process - AHP) sử dụng ma trận đánh giá mức độ quan trọng giữa các cặp yếu tố và tính toán trọng cho từng yếu tố được giới thiệu lần đầu tiên năm 1977 [8]. Từ đó tới nay, AHP trở thành phương pháp bán định lượng được lựa chọn nhiều nhất trong nghiên cứu trượt lở dựa trên các giải pháp địa không gian trên thế giới [5]. Tại Việt Nam, AHP đã được ứng dụng trong thành lập bản đồ nguy cơ trượt lở tại hầu hết các tỉnh miền núi phía Bắc [9]–[12], thành phố Đà Lạt thuộc vùng Tây Nguyên [13], trong khi tại các tỉnh ven biển miền Trung ít được quan tâm nghiên cứu hơn [14]. Đối với Quảng Bình, mặc dù hiện tượng trượt lở có chiều hướng gia tăng mạnh những năm gần đây, mà trong đó huyện Tuyên Hóa được liệt kê là một trong những địa phương chịu tác động nhiều nhất của trượt lở, tuy nhiên nghiên cứu thành lập bản đồ nguy cơ trượt lở dựa trên các giải pháp địa không gian vẫn chưa được thực hiện nghiên cứu.

Nghiên cứu này thực hiện thành lập bản đồ nguy cơ trượt lở huyện Tuyên Hóa tỉnh Quảng Bình dựa trên cách thức tiếp cận tích hợp giữa phương pháp FR và AHP. Dựa trên điều tra thực tế 38 điểm nguy cơ trượt lở huyện Tuyên Hóa, 10 yếu tố ảnh hưởng đến trượt lở liên quan đến địa hình, địa chất, đất đai và khí hậu của khu vực nghiên cứu được đưa vào tính toán xác định trọng số đối với nhóm dữ liệu cũng như từng yếu tố. Bản đồ nguy cơ trượt lở được thành lập dựa trên mô hình phân tích không gian đa tiêu chí có trọng số. Nghiên cứu đóng góp một cách thức tiếp cận mới trong việc định lượng chính xác nguy cơ trượt lở dựa trên các giải pháp địa không gian, hỗ trợ ra quyết định trong bối cảnh tần suất và cường độ gia tăng của hiện tượng trượt lở đối với tỉnh Quảng Bình nói riêng và các tỉnh ven biển Việt Nam nói chung.

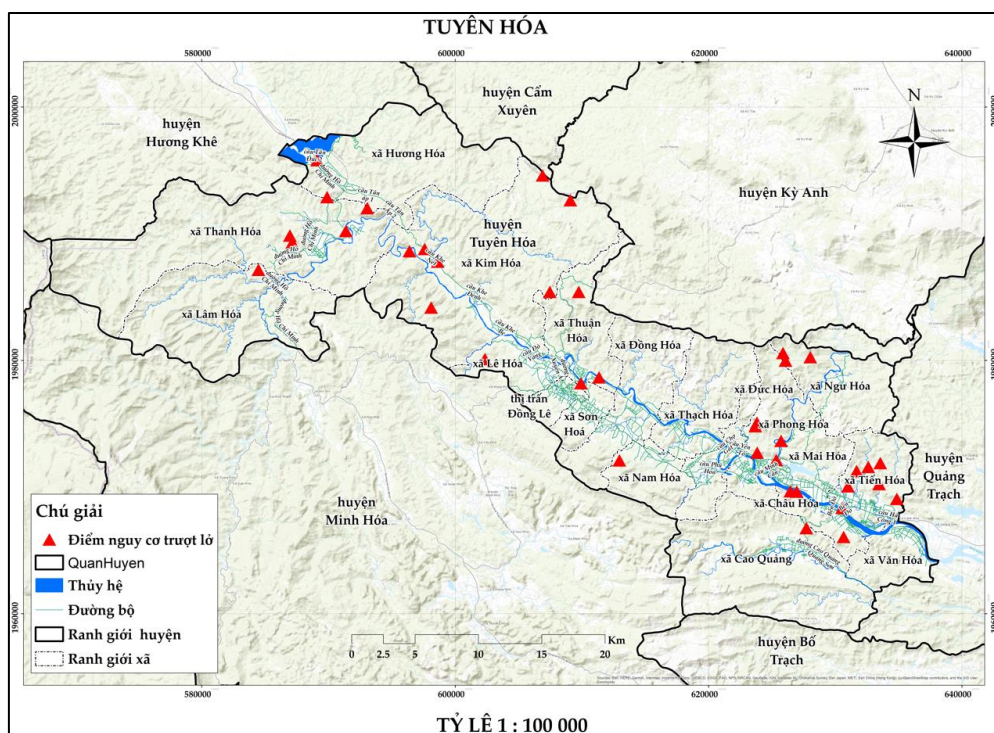
2. KHU VỰC NGHIÊN CỨU VÀ DỮ LIỆU

2.1. Khu vực nghiên cứu

Huyện Tuyên Hóa tỉnh Quảng Bình, với tổng diện tích của toàn huyện là 1.149,41 km² chiếm 1/7 diện tích tỉnh Quảng Bình. Tuyên Hóa nằm ở thượng nguồn Sông Gianh kết hợp với nhiều khe suối nhỏ làm cho sức mạnh dòng chảy gia tăng đặc biệt vào mùa mưa lũ, nước chảy siết và trở nên hung dữ đã gây ra tình trạng trượt lở đất nghiêm trọng trong mùa mưa bão. Địa hình Tuyên Hóa phức tạp bao gồm ba dạng chính (1) địa hình núi cao trung bình, (2) địa hình vùng gò đồi đan xen các thung lũng và (3) địa hình vùng đồng bằng. Điều kiện khí hậu nhiệt đới gió mùa, với sự gia tăng lượng mưa lớn hàng năm chủ yếu từ tháng 9 – 11 hàng năm tạo làm xuất hiện nhiều vị trí nguy cơ trượt lở, chủ yếu tại các sườn dốc hoặc nơi có địa hình thay đổi bất thường

2.2. Dữ liệu sử dụng

Dữ liệu thực địa trong khu vực nghiên cứu đã ghi nhận 38 điểm nguy cơ trượt lở. Trong đó có 12 điểm nguy cơ trượt lở tại các khu vực trên địa bàn huyện Tuyên Hóa được thu thập dựa trên số liệu tổng hợp các khu vực có nguy cơ trượt lở đất trong mùa mưa bão năm 2022. 26 điểm trượt lở còn lại được giải đoán từ ảnh viễn thám dựa trên các vị trí đã từng xảy ra trượt lở trong quá khứ kết hợp với điều tra thực địa.



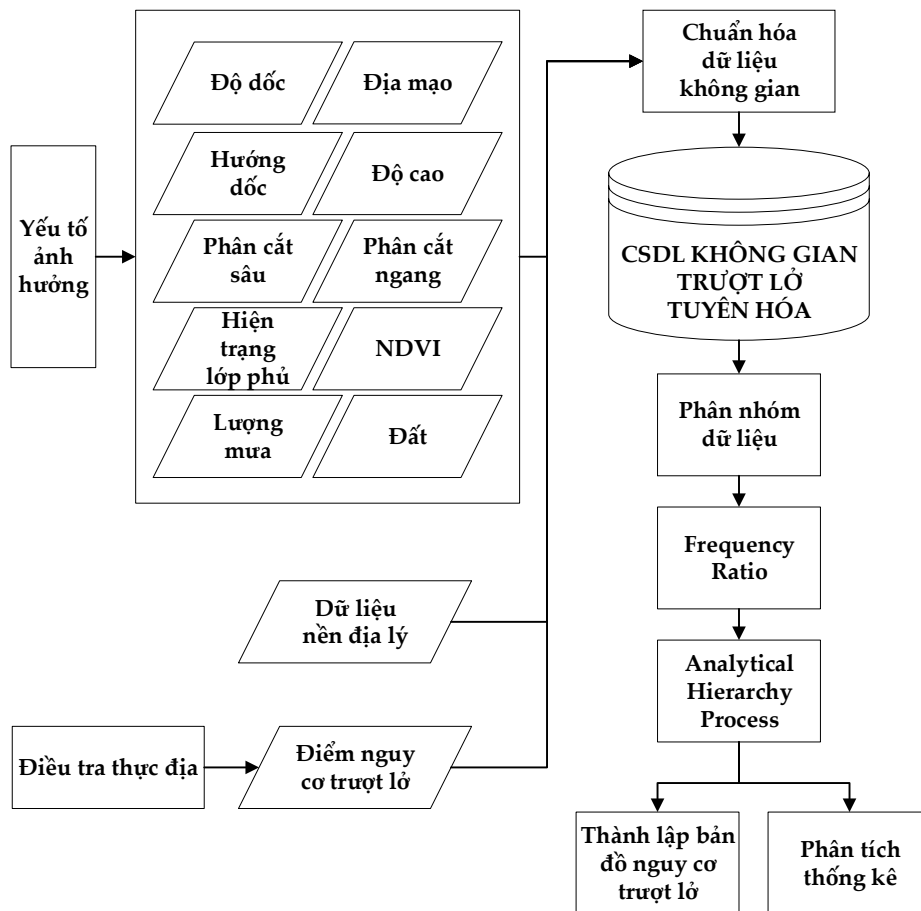
Hình 1. Sơ đồ khu vực nghiên cứu và điểm thực địa

Liên quan đến việc xác định các yếu tố ảnh hưởng đến nguy cơ xảy ra trượt lở, thống kê cho thấy cho đến nay chưa có một cơ sở nào cho việc xác định cụ thể từng yếu

tổ [15], [16]. Tùy thuộc vào từng nghiên cứu cụ thể và số lượng dữ liệu hiện có, các nghiên cứu lựa chọn các bộ yếu tố khác nhau [15], [16]. Dựa trên tổng quan nghiên cứu, nghiên cứu này lựa chọn mười yếu tố được sử dụng nhiều nhất bao gồm (1) độ cao, (2) độ dốc, (3) hướng dốc, (4) phân cắt ngang, (5) phân cắt sâu, (6) lượng mưa, (7) hiện trạng lớp phủ, (8) NDVI, (9) địa mạo, và (10) đất.

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Quy trình nghiên cứu thành lập bản đồ nguy cơ trượt lở được thể hiện trong hình 2. Chi tiết các bước tiến hành được mô tả trong các mục tiếp theo.



Hình 2. Quy trình nghiên cứu nguy cơ trượt lở đất huyện Tuyên Hóa tỉnh Quảng Bình

3.1 Xây dựng các bản đồ thành phần

Kỹ thuật GIS (Geographic Information System – Hệ thống thông tin địa lý) và viễn thám được sử dụng để thành lập bản đồ các yếu tố thành phần. Trước hết, mô hình số bề mặt (Digital Surface Model – DSM) thành lập từ ảnh vệ tinh ALOS (30m) được xử lý trên nền tảng điện toán đám mây Google Earth Engine (GEE) để tạo ra các yếu tố bao gồm độ cao, độ dốc, hướng dốc, phân cắt sâu. Số liệu mưa vệ tinh hàng

ngày CHIRPS (Climate Hazards Group InfraRed Precipitation With Station Data) độ phân giải 5566m tính trung bình cho tháng 9/2022 được xử lý và tải về từ cơ sở dữ liệu ảnh viễn thám của GEE. Chỉ số thực vật chuẩn hóa (Normalized difference vegetation index – NDVI) được tính từ ảnh vệ tinh Sentinel 2 độ phân giải không gian 10 m trung bình tháng 9/2022. Nhóm các bản đồ chuyên đề đất, địa mạo, hiện trạng sử dụng đất, phân cắt ngang được tính toán dựa vào mật độ sông suối từ cơ sở dữ liệu nền địa lý tỷ lệ 1 : 50000. Toàn bộ các bản đồ thành phần được lưu trữ dưới dạng raster ma trận hai chiều, tái chia mẫu về độ phân giải không gian 10 m để đồng bộ tính toán.

3.2 Xác định mức độ ảnh hưởng của các nhóm dữ liệu trong từng yếu tố

Phương pháp phân ngưỡng tối ưu hóa (Jenks natural breaks optimization) được thực hiện để phân nhóm dữ liệu đối với các yếu tố được lưu trữ trên dải giá trị liên tục bao gồm (1) độ cao, (2) độ dốc, (3) hướng dốc, (4) phân cắt sâu, (5) phân cắt ngang, (6) NDVI, và (7) lượng mưa. Phương pháp tỷ số tần suất FR (Frequency Ration) được sử dụng để tính toán mối quan hệ không gian giữa điểm trượt lở và mỗi tác nhân gây ra trượt lở. Từ đó đánh giá mức độ ảnh hưởng của từng nhóm dữ liệu trong mỗi yếu tố ảnh hưởng. Theo đó, với mỗi yếu tố đầu (i) sẽ tiến hành phân nhóm dữ liệu (j) và tính toán theo các công thức dưới đây

$$\text{Tỷ lệ điểm ảnh trượt lở của nhóm } j = \frac{\text{Số điểm ảnh trượt lở nhóm } j}{\text{Tổng số điểm ảnh trượt lở}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{Tỷ số tần suất nhóm } j = \frac{\text{Tỷ lệ điểm ảnh trượt lở nhóm } j}{\text{Tỷ lệ điểm ảnh nhóm } j \text{ trong yếu tố } i} \quad (2)$$

$$\text{Tần suất tương đối} = \frac{\text{Tỷ số tần suất nhóm } j}{\text{Tổng tỷ số tần suất của các nhóm trong yếu tố } i} \times 100 \quad (3)$$

3.3 Xác định trọng số cho các yếu tố ảnh hưởng bằng phương pháp AHP

Phân tích thứ bậc AHP (Analytical Hierarchy Process) được sử dụng để xác định trọng số trong từng yếu tố ảnh hưởng. Mức độ quan trọng của từng yếu tố trong ma trận trọng số vuông hai chiều n hàng/cột (bằng tổng số các yếu tố thành phần) được xác định dựa trên kiến thức các chuyên gia để từ đó tìm ra một quyết định hợp lý nhất. Tỷ lệ nhất quán CR được sử dụng để đánh giá mức độ nhất quán của việc đánh giá mức độ quan trọng của các yếu tố. Nếu $CR \leq 10\%$ thì kết quả có thể chấp nhận được, còn nếu CR lớn hơn 10% thì cần phải xem xét lại các bước đánh giá trước đó.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (4)$$

Trong đó: RI là chỉ số ngẫu nhiên và nó phụ thuộc vào số tiêu chí được so sánh

3.4 Thành lập bản đồ nguy cơ trượt lở

Chức năng tính toán chồng xếp raster (Raster Calculation) trên phần mềm ArcGIS 10.3 được sử dụng để thành lập bản đồ nguy cơ trượt lở theo mô hình ước tính đa tiêu chí có trọng không gian

$$\text{Nguy cơ trượt lở} = \sum_{i=1}^n W_i \times R_i \quad (5)$$

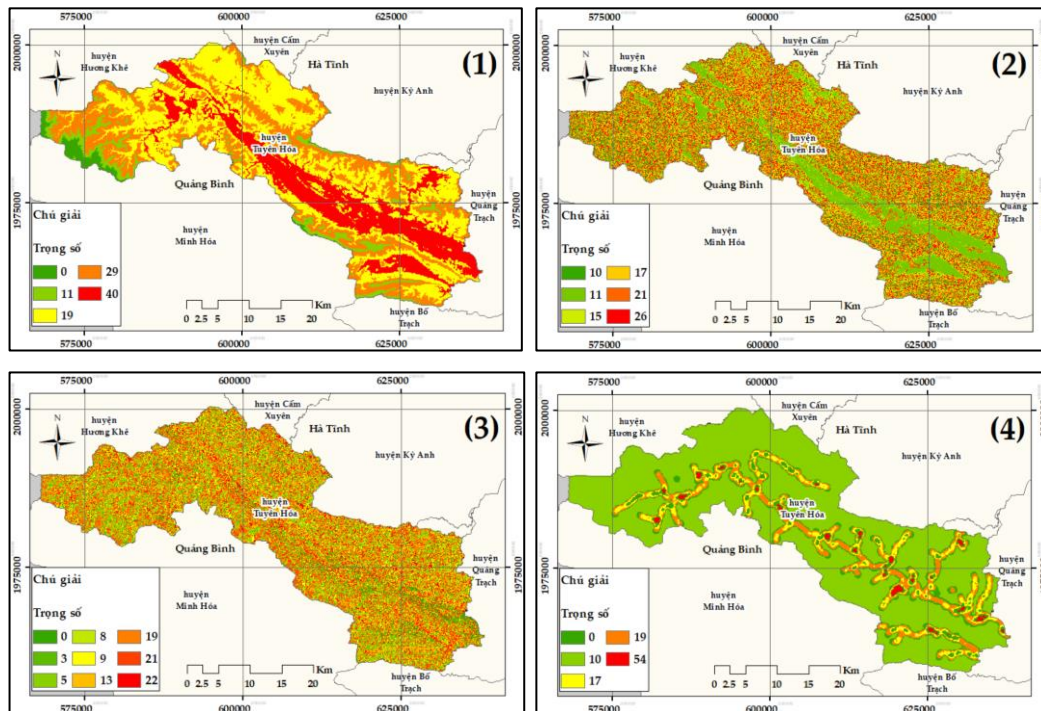
Trong đó n là số lượng các yếu tố (n = 10); W_i là trọng số xác định từ phương pháp AHP cho yếu tố thứ i; R_i là ma trận không gian hai chiều của yếu tố thứ i đã được gán lại mức độ ảnh hưởng theo từng nhóm dữ liệu từ phương pháp tỷ số tần suất.

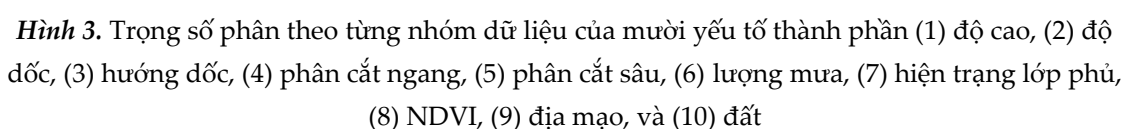
4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

4.1. Xác định mức độ ảnh hưởng của các yếu tố dựa trên việc phân nhóm dữ liệu

Dựa trên 38 điểm nguy cơ trượt lở đã được xác định, phương pháp phân nhóm dữ liệu Jenks natural breaks optimization và ước tính tỷ số tần suất FR đã được tính toán. Kết quả được trình bày trong bảng 1 tại Phụ lục 01 đính kèm nội dung bài báo này.

Giá trị tần suất tương đối (%) tính toán từ phương pháp tỷ lệ tần suất được sử dụng để gán lại mức độ ảnh hưởng cho từng nhóm dữ liệu trong từng yếu tố ảnh hưởng R_i . Các bản đồ dưới đây trình bày các kết quả phân nhóm dữ liệu theo trọng số ảnh hưởng đến nguy cơ trượt lở





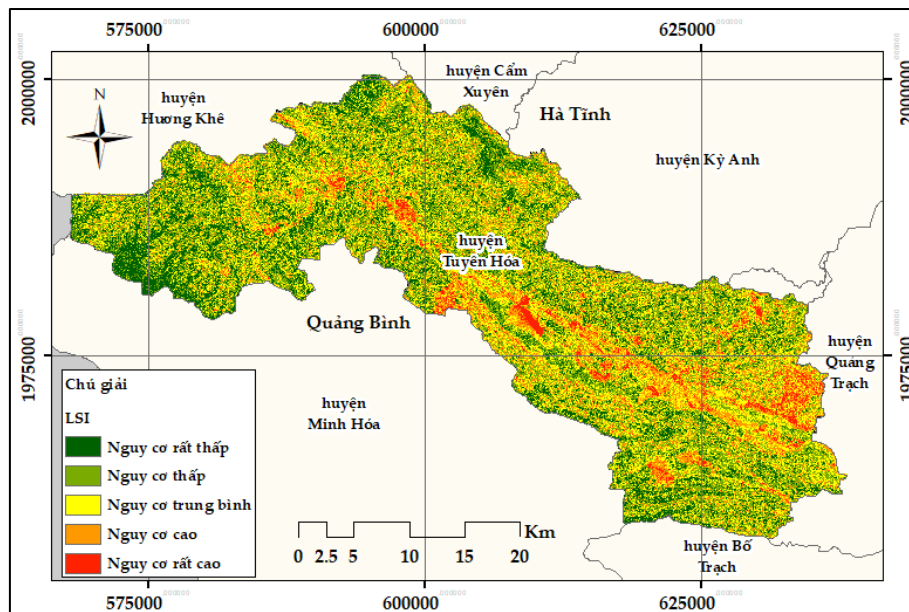
Bảng 2 trình bày ma trận trọng số AHP cho từng yếu tố thành phần. Kết quả $CR = 0.044 < 0.1$, đảm bảo tính nhất quán trong việc so sánh cặp các nhân tố liên quan đến nguy cơ trượt lở đất. Trọng số được gán cho từng yếu tố thành phần, với yếu tố độ dốc và loại đất thể hiện mức độ ảnh hưởng lớn nhất đến nguy cơ trượt lở.

	Độ dốc	Độ cao	Hướng dốc	Phân cắt sâu	Phân cắt ngang	Lượng mưa	Đất	Địa mạo	Sử dụng đất	NDVI	Trọng số
Độ dốc	1	3	3	5	5	3	1	7	7	9	0.25
Độ cao		1	1	3	3	1	0.3	3	3	3	0.1

Hướng dốc	1	3	3	1	0.3	3	3	3	0.1
Phân cắt sâu		1	1	3	0.2	3	3	3	0.07
Phân cắt ngang			1	2	0.2	3	3	3	0.07
Lượng mưa				1	0.3	3	3	3	0.07
Đất					1	7	7	9	0.25
Địa mạo						1	1	1	0.03
Sử dụng đất							1	1	0.03
NDVI								1	0.03
CR = 0.044									

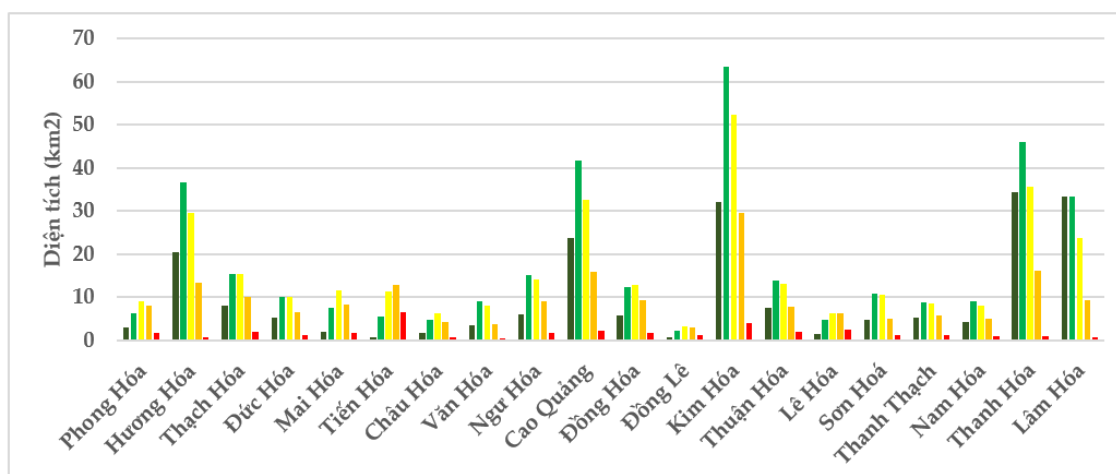
4.2. Bản đồ nguy cơ trượt lở

Sau quá trình chuẩn hóa và gán lại trọng số, bản đồ nguy cơ trượt lở được thành lập dựa theo công thức (2). Hình 2 thể hiện phân bố không gian nguy cơ trượt lở huyện Tuyên Hóa tỉnh Quảng Bình, theo các mức nguy cơ rất thấp, nguy cơ thấp, nguy cơ trung bình, nguy cơ cao và nguy cơ rất cao. Phân tích thống kê cho thấy nguy cơ trượt lở rất thấp chiếm khoảng 18,3 % tổng diện tích toàn huyện, nguy cơ trượt lở thấp chiếm tỷ lệ diện tích cao nhất 32,2%, nguy cơ trượt lở trung bình đứng thứ hai với 29,1%, nguy cơ cao 17,1%, và cuối cùng là mức nguy cơ rất cao chỉ chiếm 3,2%.



Hình 4. Phân bố không gian nguy cơ trượt lở khu vực huyện Tuyên Hóa

Phân bố không gian cũng như số liệu thống kê cho thấy diện tích nằm trong vùng nguy cơ trượt lở rất cao tập trung tại các huyện Tuyên Hóa, Thuận Hóa, Kim Hóa. Trong khi đó, nguy cơ trượt lở đất xảy ra cao tại hầu hết các xã có sông Gianh. Các xã Kim Hóa, Cao Quảng, Thanh Hóa, với diện tích lớn nhất so với các xã còn lại của huyện Tuyên Hóa, cũng ghi nhận diện tích nguy cơ trượt lở đất thấp cao nhất khi so sánh theo tổng diện tích của xã, cũng như đối với đơn vị hành chính cùng cấp.



Hình 5. Thống kê diện tích các loại hình nguy cơ trượt lở huyện Tuyên Hóa

KẾT LUẬN

Nghiên cứu này áp dụng phương pháp tích hợp dựa tỷ số tần suất và phân tích thứ bậc để thành lập bản đồ nguy cơ trượt lở huyện Tuyên Hóa tỉnh Quảng Bình dựa trên mô hình đánh giá đa tiêu chí có sử dụng trọng số. Nhóm 10 yếu tố quan trọng nhất liên quan đến nguy cơ trượt lở được xác định bao gồm độ cao, độ dốc, hướng dốc, phân cắt ngang, phân cắt sâu, lượng mưa, hiện trạng sử dụng đất, chỉ số thực vật NDVI. Từng nhóm giá trị trong từng yếu tố ảnh hưởng được định lượng trọng số dựa trên tỷ số tần suất FR xảy ra trượt lở theo 38 điểm thực địa. Phân tích thứ bậc AHP được áp dụng để nội suy giá trị trọng số theo từng yếu tố. Bản đồ nguy cơ trượt lở huyện Tuyên Hóa tỉnh Quảng Bình thể hiện mức độ nguy cơ cao và rất cao tại các xã. Kết quả minh chứng cho khả năng tiếp cận giải pháp địa không gian trong việc lường trước các nguy cơ xảy ra trượt lở đối với khu vực có địa hình phức tạp, hỗ trợ ra quyết định và giảm thiểu thiệt hại do thiên tai trượt lở đất xảy ra trên khu vực nghiên cứu.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được hỗ trợ bởi Đề tài: “Xây dựng quy trình cảnh báo sớm lũ quét và sạt lở đất do mưa diện rộng tích hợp các công nghệ mới cho tỉnh Quảng Bình, nâng cao khả năng thích ứng và chống chịu của cộng đồng dân cư với biến đổi khí hậu”, Mã số nhiệm vụ: CT0000.10/21-23 do Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam cấp kinh phí.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] L. M. Highland and P. Bobrowsky, "The landslide Handbook - A guide to understanding landslides," *US Geological Survey Circular*, no. 1325, 2008.
- [2] United Nations Office for Disarmament Affairs, *Human Cost of Disasters - An overview of the last 20 years 2000-2019*. 2020.
- [3] P. Reichenbach, M. Rossi, B. D. Malamud, M. Mihir, and F. Guzzetti, "A review of statistically-based landslide susceptibility models," *Earth-Science Reviews*, vol. 180. 2018. doi: 10.1016/j.earscirev.2018.03.001.
- [4] H. R. Pourghasemi, Z. Teimoori Yansari, P. Panagos, and B. Pradhan, "Analysis and evaluation of landslide susceptibility: a review on articles published during 2005–2016 (periods of 2005–2012 and 2013–2016)," *Arabian Journal of Geosciences*, vol. 11, no. 9. 2018. doi: 10.1007/s12517-018-3531-5.
- [5] A. Tyagi, R. Kamal Tiwari, and N. James, "A review on spatial, temporal and magnitude prediction of landslide hazard," *Journal of Asian Earth Sciences: X*, vol. 7, p. 100099, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jaesx.2022.100099>.
- [6] Đ. M. Hiền, N. V. Hoàng, M. L. Dũng, N. T. Hương, L. H. Dũng, and N. B. Phong, "Sử dụng phương pháp tỷ số tần suất và các phương pháp học máy để thành lập bản đồ nhạy cảm trượt lở. Khu vực thử nghiệm: Xã Phìn Ngan, tỉnh Lào Cai," *Tạp chí Khoa học và Môi Trường*, vol. 42, 2022.
- [7] N. Đ. Đảm, L. V. Hiệp, N. T. Tuấn, T. V. Phong, and P. T. Bình, "Phát triển mô hình học máy cây quyết định và cây quyết định xen kẽ thành lập bản đồ dự báo không gian sạt lở đất tại huyện Mường Nhé, tỉnh Điện Biên, Việt Nam," *Tạp chí điện tử Khoa học và Công nghệ giao thông*, vol. 2, no. 1, pp. 36–56, 2021.
- [8] T. L. Saaty, "A scaling method for priorities in hierarchical structures," *J Math Psychol*, vol. 15, no. 3, 1977, doi: 10.1016/0022-2496(77)90033-5.
- [9] T. A. Tuấn and N. T. Dân, "Nghiên cứu nhạy cảm và phân vùng nguy cơ trượt - lở đất khu vực hồ thủy điện Sơn La theo phương pháp phân tích cấp bậc Saaty," *Tạp chí Các Khoa học về Trái đất*, vol. 34, no. 3, pp. 223–232, 2012.
- [10] Đ. M. Ngọc, Đ. T. Thùy, and Đ. M. Đức, "Ứng dụng GIS và phương pháp phân tích thứ bậc (AHP) thành lập bản đồ nguy cơ trượt lở huyện Xín Mần, tỉnh Hà Giang, Việt Nam," *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường*, vol. 32, no. 2S, pp. 206–216, 2016.
- [11] N. Đ. Tài and N. N. Thạch, "Sử dụng kết hợp phương pháp giá trị thông tin và phân tích thứ bậc thành lập bản đồ nguy cơ trượt lở đất tỉnh Bắc Kạn," *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường*, vol. 31, no. 4, pp. 41–50, 2015.
- [12] Đ. T. Hà, B. T. T. Trang, and N. K. Thành, "Nghiên cứu xây dựng bản đồ nguy cơ sạt lở đất cho huyện Văn Yên, tỉnh Yên Bái," *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam*, vol. 6, no. 3, 2019.

-
- [13] L. N. Thanh, N. Q. Dũng, N. S. Nhân, N. P. Hùng, and L. H. Tùng, "Thành lập bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở đất Thành phố Đà Lạt bằng phương pháp phân tích thứ bậc và hệ thông tin địa lý," *Tạp chí Khoa học Đại học Mở TP.HCM*, 2021, doi: 10.46223/HCMCOUJS.tech.vi.16.1.1229.2021.
- [14] N. Thám, N. Đ. Độ, and U. Đ. Khanh, "Xây dựng bản đồ nguy cơ trượt lở đất tỉnh Quảng Trị bằng phương pháp tích hợp mô hình phân tích thứ bậc (AHP) vào GIS," *Tạp chí Khoa học Đại học Huế*, vol. 74B, no. 5, 2012.
- [15] H. R. Pourghasemi, Z. Teimoori Yansari, P. Panagos, and B. Pradhan, "Analysis and evaluation of landslide susceptibility: a review on articles published during 2005–2016 (periods of 2005–2012 and 2013–2016)," *Arabian Journal of Geosciences*, vol. 11, no. 9. 2018. doi: 10.1007/s12517-018-3531-5.
- [16] P. Reichenbach, M. Rossi, B. D. Malamud, M. Mihir, and F. Guzzetti, "A review of statistically-based landslide susceptibility models," *Earth-Science Reviews*, vol. 180. 2018. doi: 10.1016/j.earscirev.2018.03.001.

**APPLYING ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS
FOR LANDSLIDE SUSCEPTIBILITY MAPPING
IN TUYEN HOA DISTRICT, QUANG BINH PROVINCE**

**Giang Thi Phuong Thao¹, Nguyen Quang Tuan^{2*},
Doan Hoang Dat³, Pham Viet Hoa¹, Nguyen An Binh¹**

¹ Ho Chi Minh City Institute of Resources Geography,
Vietnam Academy of Science and Technology

² University of Sciences, Hue University

³ Center for Engineering - Measurement - Experiment,
Department of Science and Technology of Quang Binh

*Email: nguyenquangtuan@hueuni.edu.vn

ABSTRACT

Geospatial solutions in landslide susceptibility monitoring allow for large-scale observation and are exceptionally effective in complex regions with significant variability in topography, climate, geology, and hydrology conditions. This study aims to establish a map of landslide susceptibility over Tuyen Hoa district, Quang Binh province. Maps of ten causative factors, including elevation, slope, aspect, drainage density, the difference in height per unit area, precipitation, land use, normalized difference vegetation index, geomorphology, and soil were determined. Firstly, the Frequency Ratio was applied to quantify the class weight in each conditional factor. Then, Analytical Hierarchy Process determined the weight for all ten factors. By integrating two methods, the map of landslide susceptibility supports decision-making in landslide prevention, which is seriously increasing in this area.

Keywords: Landslide, Frequency Ratio, Analytical Hierarchy Process, susceptibility mapping, Tuyen Hoa, Quang Binh.



Giang Thị Phương Thảo tốt nghiệp Đại học năm 2010 tại Trường ĐH Mỏ Địa Chất, Hà Nội; tốt nghiệp Thạc sĩ năm 2019 tại Trường ĐH Mỏ Địa Chất, Hà Nội. Hiện tại, bà là nghiên cứu viên tại Viện Địa lý tài nguyên TP. HCM.

Lĩnh vực nghiên cứu: Bản đồ viễn thám và GIS trong quản lý tài nguyên và môi trường.



Nguyễn Quang Tuấn tốt nghiệp Đại học năm 2001 tại Trường ĐHKHTN, ĐHQG Hà Nội; tốt nghiệp thạc sĩ năm 2005 tại Trường ĐHKH, Đại học Huế; tốt nghiệp tiến sĩ tại Trường ĐHKHTN, ĐHQG Hà Nội; được phong học hàm Phó giáo sư năm 2018 thuộc ngành Khoa học Trái đất - Mỏ. Hiện nay, ông công tác tại Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: Ứng dụng công nghệ địa không gian trong quản lý tài nguyên và môi trường; Xây dựng cơ sở dữ liệu Địa không gian/ Xây dựng hạ tầng dữ liệu không gian phục vụ xây dựng phát triển đô thị thông minh và chính quyền điện tử.



Đoàn Hoàng Đạt tốt nghiệp cử nhân Khoa học môi trường, Trường ĐHKH, Đại học Huế năm 2019. Hiện nay, ông công tác tại TT Kỹ thuật - Đo lường - Thử nghiệm Quảng Bình, Sở Khoa học và Công nghệ Quảng Bình.



Nguyễn An Bình tốt nghiệp Đại học năm 2010 tại Trường ĐH Mỏ Địa Chất, Hà Nội; tốt nghiệp Thạc sĩ năm 2014 tại Trường ĐH Mỏ Địa Chất, Hà Nội. Hiện nay, ông là nghiên cứu viên tại Viện Địa lý tài nguyên TP. HCM.

Lĩnh vực nghiên cứu: Bản đồ viễn thám và GIS trong quản lý tài nguyên và môi trường.



Phạm Việt Hòa tốt nghiệp Đại học năm 1999 tại Trường ĐH Mỏ Địa Chất, Hà Nội; tốt nghiệp Thạc sĩ năm 2004 tại Trường ĐH Mỏ Địa Chất, Hà Nội; tốt nghiệp Tiến sĩ năm 2012 tại Trường ĐH Mỏ Địa Chất, Hà Nội; được phong học hàm Phó giáo sư: năm 2018 thuộc ngành Khoa học Trái đất - Mỏ. Hiện nay, bà là nghiên cứu viên cao cấp tại Viện Địa lý tài nguyên TP. HCM.

Lĩnh vực nghiên cứu: Trắc địa ảnh, viễn thám, GIS, địa tin học trong quản lý giám sát tài nguyên thiên nhiên, môi trường và thiên tai.

Phụ lục 01:

Bảng 1. Kết quả tính toán trọng số cho các nhóm dữ liệu theo từng yếu tố áp dụng phương pháp tỷ số tần suất

TT	Yếu tố	Ngưỡng phân loại	Tổng số điểm ảnh	Tỷ lệ điểm ảnh	Số điểm ảnh trượt lở	Tỷ lệ điểm ảnh trượt lở	Tỷ lệ tần suất	Tần suất tương đối (%)
1	Độ cao	<78m	2,460,845	22.100	13	34.2	1.55	40
		78-212m	4,668,070	41.923	12	31.6	0.75	19
		212- 370m	3,105,821	27.893	12	31.6	1.13	29
		370-551m	678,574	6.094	1	2.6	0.43	11
		551-741m	134,774	1.210	0	0	0	0
		1026m	86,761	0.779	0	0	0	0
2	Độ dốc	0 - 7.67	2,249,110	20.199	5	13.16	0.65	11
		7.67 - 15.18	2,318,641	20.823	7	18.42	0.88	15
		15.18 - 22.02	2,415,205	21.691	13	34.21	1.58	26
		22.02 - 29.03	2,247,212	20.182	8	21.05	1.04	17
		29.03 - 37.67	1,451,408	13.035	3	7.89	0.61	10
		37.67 - 73.92	453,269	4.071	2	5.26	1.29	21
3	Hướng dốc	Flat (-1)	414,312	3.721	0	0	0.00	0
		Bắc (0-22,5, 337-360)	1,308,821	11.754	1	2.63	0.22	8
		Đông bắc (22.5-67.5)	1,535,658	13.791	9	23.68	1.72	21
		Đông (67.5-112.5)	1,316,941	11.827	8	21.05	1.78	19
		Đông Nam (112.5 - 157.5)	1,312,848	11.790	2	5.26	0.45	5
		Nam (157.5 - 202.5)	1,409,200	12.656	6	15.79	1.25	13
		Tây Nam (202.5 - 247.5)	1,337,962	12.016	7	18.42	1.53	22
		Tây (247.5 - 292.5)	1,194,918	10.731	3	7.89	0.74	9
		Tây Bắc (292.5 - 337.5)	1,304,185	11.713	2	5.26	0.45	3
4	Phân cắt ngang	0 - 0.525446	8,112,305	72.855	26	68.42	0.94	10
		0.525446 - 1.613868	787,522	7.073	0	0	0.00	0
		1.613868 - 2.627228	1,010,026	9.071	6	15.79	1.74	19
		2.627228 - 3.640587	742,886	6.672	4	10.53	1.58	17
		3.640587 - 5.029264	365,841	3.286	0	0	0.00	0
		5.029264 - 9.570615	116,265	1.044	2	5.26	5.04	54
5	Phân cắt sâu	7 - 108	1,289,521	11.581	2	5.26	0.45	7
		108 - 174	2,557,114	22.965	12	31.58	1.38	21
		174 - 231	3,037,068	27.275	7	18.42	0.68	10
		231 - 290	2,545,316	22.859	10	26.32	1.15	17
		290 - 377	1,395,397	12.532	5	13.16	1.05	16
		377 - 661	310,429	2.788	2	5.26	1.89	29
6	Lượng	13.6 - 15.27	1,755,851	15.769	4	10.53	0.67	12
		15.27 - 16.67	2,609,873	23.439	10	26.32	1.12	21

		16.67 - 18.01	4,577,614	41.111	15	39.47	0.96	18
		18.01 - 19.52	1,807,720	16.235	7	18.42	1.13	21
		19.52 - 23.26	383,787	3.447	2	5.26	1.53	28
7	Hiện trạng sử dụng đất	Đất thổ cư	26209	0.235	0	0	0.00	0
		Rừng tự nhiên	8036760	72.177	23	60.53	0.84	11
		Rừng trồng	1277490	11.473	4	10.53	0.92	12
		Đất nông nghiệp	1596844	14.341	9	23.68	1.65	21
		Đất trống	64048	0.575	0	0	0.00	0
		Nước	133494	1.199	2	5.26	4.39	56
8	NDVI	-0.83 - 0.12	75,705	0.680	0	0.00	0.00	0
		0.12 - 0.41	181,785	1.633	2	5.26	3.22	34
		0.41 - 0.58	503,916	4.526	6	15.79	3.49	37
		0.58 - 0.72	755,412	6.784	1	2.63	0.39	4
		0.72 - 0.83	1,751,649	15.731	10	26.32	1.67	18
		0.83 - 0.93	7,866,378	70.646	19	50.00	0.71	7
9	Địa mạo	Sườn trọng lực chậm	4844935	43.511	14	36.84	0.85	3
		Sườn rửa trôi – xói rửa	914448	8.212	2	5.26	0.64	3
		Đáy măng trứng xâm thực – tích tụ	744227	6.684	0	0	0.00	0
		Sườn xâm thực	683386	6.137	3	7.89	1.29	5
		Phần sót của bề mặt Pediment thung lũng cao 400-700m	483806	4.345	3	7.89	1.82	7
		Sườn trọng lực nhanh	615715	5.530	6	15.79	2.86	11
		Bề mặt vật tích tụ aluvi-proluvi	373201	3.352	1	2.63	0.79	3
		Sườn tích tụ deluvi – coluvi	441776	3.968	0	0	0.00	0
		Phần sót của bề mặt san bằng bóc mòn hoàn toàn cao 900-1200m	56919	0.511	0	0	0.00	0
		Phức hệ thềm và bãi bồi không phân chia	58212	0.523	1	2.63	5.03	20
		Đáy măng trứng xâm thực	241389	2.168	1	2.63	1.21	5
		Thềm xâm thực - tích tụ sông bậc II	262489	2.357	1	2.63	1.12	4
		Phần sót của bề mặt bóc mòn pediment trước núi cao 100-300m	114557	1.029	0	0	0.00	0
		Thềm xâm thực sông bậc III	195033	1.752	0	0	0.00	0
		Cánh đồng cacxto với sự tích tụ các sản phẩm sông – hồ - deluvi	59220	0.532	0	0	0.00	0
		Bề mặt đỉnh và sườn hòa tan rửa lũ cacxto	338450	3.040	0	0	0.00	0
		Hồ chứa nước nhân tạo	10819	0.097	0	0	0.00	0

	Thung lũng và trũng khép kín do sự mở rộng các phễu cacxtơ	12706	0.114	0	0	0.00	0
	Bãi bồi thấp và đáy thung lũng tích tụ	224893	2.020	3	7.89	3.91	16
	Thềm tích tụ sông bậc I	387752	3.482	2	5.26	1.51	6
	Bãi bồi cao	70912	0.637	1	2.63	4.13	16
10	Hồ đập	185,991	1.670	2	5.26	3.15	9
	Đất xám mùn trên núi đá nông	7,639	0.069	0	0	0.00	0
	Đá vôi	565,148	5.075	0	0	0.00	0
	Đất xám feralit đá nông	6,961,569	62.521	16	42.11	0.67	2
	Đất tầng mỏng chua điển hình	557,784	5.009	4	10.53	2.10	6
	Đất xám feralit đá sâu	883,922	7.938	1	2.63	0.33	1
	Đất xám feralit điển hình	333,909	2.999	6	15.79	5.27	15
	Đất xám kết von ít gây sâu	36,519	0.328	0	0	0.00	0
	Đất xám lẫn đá nhiều ở sâu	65,680	0.590	0	0	0.00	0
	Đất xám cơ giới kết von sâu	12,832	0.115	0	0	0.00	0
	Đất phù sa trung tính ít chua điển hình	28,005	0.252	0	0	0.00	0
	Đất nâu vàng điển hình	11,629	0.104	0	0	0.00	0
	Đất phù sa chua glây nông	55,721	0.500	0	0	0.00	0
	Đất xám kết von sâu	76,790	0.690	0	0	0.00	0
	Đất phù sa chua cơ giới nhẹ	220,882	1.984	2	5.26	2.65	8
	Đất xám feralit đá lẫn nhiều ở sâu	159,871	1.436	0	0	0.00	0
	Đất phù sa chua điển hình	179,967	1.616	1	2.63	1.63	5
	Đất xám feralit đá lẫn nhiều ở nông	599,965	5.388	5	13.16	2.44	7
	Đất xám cơ giới nhẹ điển hình	112,935	1.014	0	0	0.00	0
	Đất phù sa chua glây sâu	24,756	0.222	0	0	0.00	0
	Đất phù sa chua glây nông kết von sâu	18,876	0.170	0	0	0.00	0
	Đất phù sa trung tính ít chua glây sâu	15,877	0.143	0	0	0.00	0
	Đất xám cơ giới nhẹ lẫn đá nhiều ở sâu	18,578	0.167	1	2.63	15.77	46