ISSN 0866-7608

TẠP CHÍ KHOA HỌC TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG

TRƯỜNG ĐẠI HỌC TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG HÀ NỘI

HANOI UNIVERSITY OF NATURAL RESOURCES AND ENVIRONMENT



Số 52

Tháng 9/2024

TẠP CHÍ
KHOA HỌC TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG
(Journal of Science on Natural Resources and Environment)

TỔNG BIÊN TẬP
PGS.TS. Lê Thị Trinh

PHÓ TỔNG BIÊN TẬP
TS. Nguyễn Bá Dũng

ỦY VIÊN HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP

1. PGS.TS. Hoàng Anh Huy
2. GS.TS. Huỳnh Thị Lan Hương
3. PGS.TS. Nguyễn Ngọc Thanh
4. PGS.TS. Phạm Quý Nhân
5. PGS.TS. Trần Duy Kiều
6. PGS.TS. Hoàng Ngọc Quang
7. PGS.TS. Nguyễn Thế Hưng
8. TS. Phạm Anh Tuấn
9. PGS.TS. Nguyễn Hoản
10. TS. Nguyễn Hồng Lân
11. PGS.TS. Nguyễn Thị Hồng Hạnh
12. PGS.TS. Phí Trường Thành
13. TS. Lê Xuân Hùng
14. PGS.TS. Nguyễn Viết Lành
15. TS. Lê Phú Hưng
16. TS. Bùi Đắc Thuyết
17. PGS.TS. Phạm Văn Cự
18. GS.TS. Mai Trọng Nhuận
19. GS.TS. Phan Tuấn Nghĩa
20. GS.TS. Trần Thục
21. GS.TS. Trần Đức Viên
22. GS.TS. Trần Thọ Đạt

Trị sự - Tổng hợp
ThS. Nguyễn Đức Mạnh

Giấy phép xuất bản
Số: 367/GP-BTTTT - Bộ Thông tin và Truyền thông cấp ngày 29 tháng 9 năm 2023
In tại: Công ty TNHH In và Thương mại Châu Anh

Tòa soạn - Trị sự
Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội
Đ/c: 41 A Phú Diễn, phường Phú Diễn,
quận Bắc Từ Liêm, Hà Nội
Điện thoại: 84-24-37645798, Fax: 84-24-38370597
Email: tapchikhtnmt@hunre.edu.vn

ISSN 0866 - 7608

MỤC LỤC
Số 52 * 2024

NGHIÊN CỨU

1. **Trần Nguyệt Anh, Đoàn Thị Oanh, Lê Văn Dũng, Dương Thị Thủy, Nguyễn Thường Đoan, Nguyễn Minh Tuấn, Nguyễn Thành Trung, Vũ Thị Mai, Nguyễn Thị Quỳnh Thắm, Nguyễn Thị Bình Minh:** Nghiên cứu ảnh hưởng của tỷ lệ pha loãng nước thải lên khả năng sinh trưởng và xử lý nước thải sinh hoạt của vi tảo *Chlorella vulgaris* 3
2. **Lê Văn Phong, Nguyễn Đăng Mậu, Nguyễn Bình Phong, Hoàng Hải Sơn:** Vai trò của dòng xiết cận nhiệt đới đối với mưa trong thời kỳ mùa Xuân trên khu vực Bắc Bộ Việt Nam 11
3. **Phạm Quý Nhân, Trần Thị Ngọc Trâm, Trần Thành Lê, Lê Việt Hùng:** Ứng dụng trọng số Entropy tính toán chỉ số chất lượng nước (EWQI) vùng khan hiếm nước tỉnh Long An 26
4. **Đỗ Hồng Xuân, Trương Hoàng Đan, Thái Minh Lộc:** Đánh giá chất lượng nguồn nước tại khu bảo tồn thiên nhiên Lung Ngọc Hoàng, tỉnh Hậu Giang 36
5. **Vũ Thị Thu Hiền:** Đánh giá tình hình đăng ký biến động đất đai và công tác cập nhật, chỉnh lý hồ sơ địa chính trên địa bàn huyện Ba Vì, thành phố Hà Nội 52
6. **Thái Thị Thanh Minh:** Mối liên hệ giữa nhiệt độ, lượng mưa với số ca mắc tiêu chảy tại Việt Nam 66
7. **Bùi Thị Then, Bùi Thị Cẩm Ngọc, Đặng Thu Hằng:** Xây dựng bộ tiêu chí kiểm tra, đánh giá công tác định giá đất cụ thể tại địa phương 75
8. **Phạm Anh Tuấn:** Theo dõi biến động sử dụng đất huyện Gia Lâm, thành phố Hà Nội giai đoạn 2018 - 2023 89
9. **Ngô Thị Thanh Hương, Hoàng Phúc Lâm, Trần Quang Điệp, Lê Thị Thường:** Nghiên cứu đặc điểm phân bố và xu thế biến đổi của số ngày rét hại ở Việt Nam trong giai đoạn 2011 - 2021. 98
10. **Phạm Thị Thanh Thủy, Kiều Đức Hồng, Trịnh Sơn Trà, Nguyễn Thị Hương, Cao Hạnh Ly, Thái Trung Hiếu:** Nghiên cứu và ứng dụng mô hình YOLOv8 trong phát hiện và thống kê số lượng vị trí còn trống trong bãi đỗ ô tô 104
11. **Trần Thị Oanh:** Đánh giá thực trạng hoạt động của chi nhánh văn phòng đăng ký đất đai huyện Trực Ninh, tỉnh Nam Định 116
12. **Nguyễn Hữu Trường, Bùi Thị Thúy Đào, Ninh Thị Kim Anh:** Ứng dụng dữ liệu ảnh viễn thám Landsat đánh giá nguy cơ hạn hán khu vực tỉnh Hà Tĩnh 127
13. **Hoàng Thị Thu Hòa:** Nghiên cứu và đề xuất mô hình cộng đồng quản lý chất thải rắn sinh hoạt tại xã Hồng Sơn, huyện Đô Lương, tỉnh Nghệ An 138
14. **Phan Thị Mai Hoa, Nguyễn Quốc Phi, Nguyễn Thị Cúc, Nguyễn Phương Đông, Vũ Thị Lan Anh, Kiều Đức Hồng:** Áp dụng phương pháp phân tích thứ bậc (AHP) để đánh giá tổn thương do trượt lở đất tại huyện Hòa An, công viên địa chất Non nước Cao Bằng 149
15. **Lê Việt Hùng, Hoàng Đại Phúc, Vũ Ngọc Đức, Phạm Quý Nhân:** Các giải pháp giảm thiểu nhiễm mặn các công trình khai thác nước dưới đất vùng khan hiếm nước đồng bằng Nam Bộ 162

TRAO ĐỔI, TIN TỨC & SỰ KIỆN

16. **Ban Truyền thông và Tư vấn tuyển sinh**: Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội đón đoàn chuyên gia, sinh viên Hà Lan đến tham quan và trao đổi chuyên môn học thuật 174

ÁP DỤNG PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH THỨ BẬC (AHP) ĐỂ ĐÁNH GIÁ TỔN THƯƠNG DO TRƯỢT LỞ ĐẤT TẠI HUYỆN HÒA AN, CÔNG VIÊN ĐỊA CHẤT NON NƯỚC CAO BẰNG

Phan Thị Mai Hoa[1, 2*], Nguyễn Quốc Phi[1], Nguyễn Thị Cúc[1]
Nguyễn Phương Đông[1], Vũ Thị Lan Anh[1], Kiều Đức Hồng[3]
[1]Trường Đại học Mỏ - Địa chất
[2]Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam
[3]Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

Tóm tắt

Huyện Hòa An thuộc Công viên địa chất Non nước Cao Bằng có giá trị nổi bật về địa chất, địa mạo và đa dạng sinh học, mang lại nhiều lợi ích về kinh tế, khoa học, giáo dục và thẩm mỹ (UNESCO, 2015). Tuy nhiên, khu vực này thường xuyên đối mặt với các rủi ro như lũ quét và trượt lở do hoạt động địa chất và nhân sinh mạnh mẽ. Bài báo sử dụng phương pháp phân tích thứ bậc AHP kết hợp hệ thống thông tin địa lý (GIS) để đánh giá tính dễ tổn thương do trượt lở đất ở huyện Hòa An, với các yếu tố như mật độ dân số, tỷ lệ trẻ sơ sinh, tỷ lệ dân số trên 44 tuổi, số lượng nam/nữ và tỷ lệ lao động, kếp hợp với bản đồ nguy cơ trượt và hiện trạng sử dụng đất. Kết quả cho thấy, địa hình (độ dốc), mật độ dân cư và khả năng tiếp cận dịch vụ cơ bản là những yếu tố chính ảnh hưởng đến tính dễ tổn thương, với 66 % diện tích nằm trong khu vực có nguy cơ trượt lở từ trung bình đến rất cao. Kết quả của nghiên cứu này cũng chỉ ra phương pháp AHP có thể áp dụng rộng rãi trong việc lập bản đồ tính dễ tổn thương ở các khu vực khác tại Việt Nam, đặc biệt là nơi thiếu dữ liệu chi tiết về thiệt hại do trượt lở đất.

Từ khóa: Hòa An; AHP; Tổn thương; Trượt lở.

Abstract

Using the AHP method for landslide vulnerability mapping in Hòa An district, Non nuoc Cao Bang geopark

Hoa An district, part of the Non nuoc Cao Bang geopark, holds outstanding value in geology, geomorphology, and biodiversity, bringing numerous benefits in economics, science, education, and aesthetics (UNESCO, 2015). However, due to significant geological and human activities, the area frequently faces risks such as flash floods and landslides. This study employs the AHP method combined with GIS to assess landslide vulnerability in Hoa An district, considering factors such as population density, birth rate, population over 44 years old, gender ratio, labor rate, landslide hazard maps, and land use status. The results show that topography (slope), population density, and access to basic services are key factors influencing vulnerability, with 66 % of the area classified as having moderate to very high landslide risk. The study's findings suggest that the AHP method can be widely applied to mapping vulnerability in other regions of Vietnam, especially in areas lacking detailed landslide damage data.

Keywords: Hoa An; AHP; Vulnerability; Landslide.

Nhận bài: 21/8/2024; Phản biện xong: 09/9/2024; Duyệt đăng: 26/9/2024

[*]**Tác giả liên hệ, Email:** phanthimaihoa@humg.edu.vn

DOI: https://doi.org/10.63064/khtnmt.2024.610

1. Mở đầu

Việt Nam là một quốc gia có địa hình đa dạng, bao gồm nhiều khu vực đồi núi, đồng bằng và bờ biển. Các khu vực đồi núi phía Bắc Việt Nam, đặc biệt là tỉnh Cao Bằng, thường xuyên phải đối mặt với các tai biến thiên nhiên như lũ quét, trượt lở đất và mưa lớn. Hòa An một trong những huyện có cảnh quan thuộc Di sản Non nước Cao Bằng, được biết đến với đặc điểm địa hình phức tạp và điều kiện khí hậu khắc nghiệt, khiến chúng trở thành điểm nóng của các tai biến thiên nhiên. Trước thực trạng tổn thương do tai biến thiên nhiên tại khu vực Hòa An, việc nghiên cứu và đánh giá mức độ tổn thương môi trường trở nên vô cùng cấp thiết.

Nguyễn Huy Anh và nnk (2022) để đánh giá nguy cơ trượt ở huyện Lộc Ninh, tỉnh Bình Phước cũng đã tiến hành kết hợp phân tích thứ bậc (AHP) và hệ thống thông tin địa lý (GIS) và cho ra kết quả với 5 mức phân loại trượt tại khu vực nghiên cứu. Đoàn Quang Trí và cộng sự (2024) đã ứng dụng phương pháp AHP và công nghệ GIS chỉ ra các huyện có nguy cơ xảy ra sạt lở cao tại bán đảo Cà Mau. Kiệt Võ Anh cùng cộng sự (2023) đã ứng dụng phương pháp AHP chi tiết cấp độ rủi ro do sạt lở đất ở thành phố Nha Trang và cho kết quả khá tin cậy. Trên thế giới, Nhiều nghiên cứu đã sử dụng AHP để phân tích mức độ tổn thương do trượt lở ở các khu vực khác nhau. Như nghiên cứu của tác giả Yalcin (2008) tại vùng Trabzon (Thổ Nhĩ Kỳ) đã sử dụng AHP kết hợp với GIS để đánh giá rủi ro trượt lở đất, trong đó AHP được sử dụng để xác định trọng số của các yếu tố như độ dốc, địa chất, mật độ mạng lưới sông suối và lượng mưa. Kết quả cho thấy phương pháp này giúp phân tích tốt nguy cơ trượt lở và các khu vực có nguy cơ cao. Tương tự, nghiên cứu của tác giả Pourghasemi et al., (2012) tại tỉnh Mazandaran (Iran) về lập bản đồ nhạy cảm với sự lở đất sử dụng mô hình đánh giá đa tiêu chí không gian tại lưu vực Haraz, Iran. Mục tiêu của nghiên cứu là xác định các khu vực dễ xảy ra lở đất bằng cách áp dụng phương pháp SMCE. Tác giả Basu T. và Pal S. (2020) tập trung vào việc phân tích tính dễ bị tổn thương do trượt lở đất trong lưu vực Sông Gish, Ấn Độ, sử dụng AHP để đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến trượt lở đất, bao gồm độ dốc, địa chất, lượng mưa, thảm thực vật và hoạt động nhân sinh. Các yếu tố này được phân cụm và phân tích trong môi trường GIS để tạo ra bản đồ nhạy cảm trượt lở. Kết quả cho thấy các khu vực có nguy cơ trượt lở cao chủ yếu nằm trong vùng đồi núi và dọc theo sông. Ngoài ra để đánh giá tổn thương do tai biến cũng được nghiên cứu đến, tác giả A. Feteke (2009, 2010) đưa ra 41 biến số thuộc 3 thành phần (kinh tế, xã hội và môi trường) trên cơ sở đáp ứng 3 tiêu chí (độ phơi nhiễm, tính nhạy và khả năng chống chịu), được thể hiện qua 8 yếu tố (độ tuổi, sự phụ thuộc, trình độ, nguồn thu nhập, y tế, thể chế, loại hình nhà cửa, tiềm năng kinh tế khu vực). Các yếu tố dễ bị tổn thương xã hội chính gồm độ tuổi, giới tính, trình độ, nguồn thu nhập, các biến phụ là y tế, đô thị - nông thôn, nhà cửa, tiềm năng của vùng. Oronde Drakes và Eric Tate (2022) đã đánh giá tính dễ tổn thương lãnh thổ đối với nhiều loại hiểm họa tự nhiên chính (động đất, lũ lụt, lở đất) trong khu vực phía Đông vịnh Algiers, Algeria bằng cách sử dụng phương pháp tích hợp bản đồ dựa trên phân tích đa tiêu chí nhận.

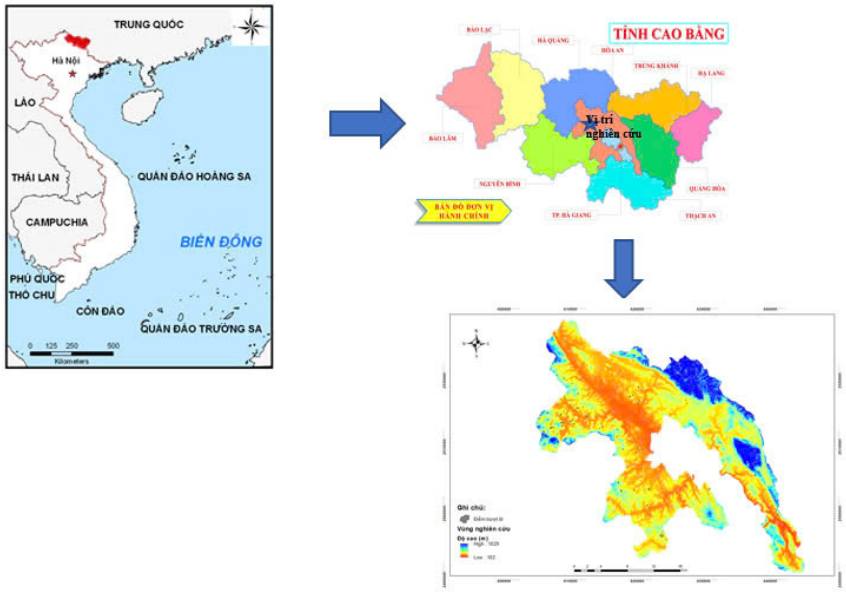
Những nghiên cứu trên thế giới và tại Việt Nam cho thấy việc ứng dụng AHP trong việc ra quyết định được sử dụng khá phổ biến, đặc biệt là các quyết định liên quan đến kinh tế, xã hội và đặc biệt là các vấn đề liên quan đến kĩ thuật, bao gồm đánh giá rủi ro trượt lở đất.

Do đó nghiên cứu này sử dụng kết hợp phương pháp AHP và hệ thống thông tin địa lý (GIS) để đánh giá tổn thương do trượt lở đất ở huyện Hòa An, góp phần cung cấp thông tin để có kế hoạch phòng tránh và bảo tồn giá trị về đa dạng sinh học, khảo cổ, lịch sử và môi trường tại khu vực Công viên địa chất Non nước Cao Bằng trước nguy cơ tai biến xảy ra.

2. Khu vực nghiên cứu và dữ liệu

2.1. Khu vực nghiên cứu

Khu vực Hòa An, Cao Bằng là một trong nững huyện miền núi thuộc Công viên địa chất Non nước Cao Bằng, cách trung tâm Cao Bằng 40 km về phía Bắc. Huyện Hòa An có tọa độ là 22°44′29″B, 106°08′48″Đ, có diện tích 605,85 km², dân số là 52.762 người (2019), mật độ dân số đạt 87 người/km². Hòa An không chỉ nổi tiếng với địa hình đồi núi, với độ dốc lớn và nhiều thung lũng mà còn là khu vực có nhiều hệ sinh thái phong phú, từ rừng nguyên sinh, rừng thứ sinh đến các hệ thống sông suối. Những tài nguyên thiên nhiên phong phú này có vai trò quan trọng trong việc duy trì cân bằng sinh thái và cung cấp nguồn sống cho cộng đồng dân cư địa phương. Tuy nhiên, địa hình này không chỉ làm tăng nguy cơ sạt lở đất mà còn làm tăng khả năng tập trung dòng chảy, kết hợp với khí hậu khu vực chịu ảnh hưởng của gió mùa Đông Bắc, gây ra mưa lớn trong thời gian ngắn, làm tăng khả năng xảy ra tai biến thiên nhiên. Nhiều ngôi làng tại Hòa An đã phải đối mặt với tình trạng mất đất canh tác, hư hỏng nhà cửa và sự gián đoạn trong sinh hoạt hàng ngày. Điều này tạo ra áp lực lớn đối với công tác quản lý và giảm thiểu rủi ro thiên tai tại địa phương.



Hình 1: Khu vực nghiên cứu và các vị trí trượt tại huyện Hòa An, tỉnh Cao Bằng (tỷ lệ 1:50.000)

2.2. Dữ liệu

Trong khu vực nghiên cứu ghi nhận có 104 điểm trượt lở được giải đoán viễn thám với quy mô lớn phân bố dọc các tuyến đường giao thông, tuy nhiên phần lớn chúng phân bố sâu trong núi hoặc trên các sườn dốc cao, khó tiếp cận khi khảo sát thực địa.

Để áp dụng phương pháp AHP, các yếu tố để phân tích tính dễ bị tổn thương do trượt lở đất được chia thành 3 nhóm chính thể hiện dưới Bảng 1.

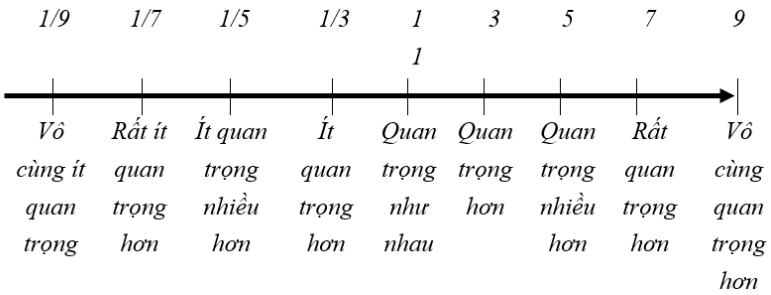
Bảng 1. Nhóm chỉ số và nguồn dữ liệu sử dụng

TT	Nhóm	Chỉ số	Nguồn dữ liệu
1	Nguy cơ trượt	Độ dốc, hướng dốc địa hình, NDVI	Bản đồ địa hình (12/2023)
		Độ ẩm đất, lượng mưa	Bản đồ lượng mưa trung bình tháng 9/2023
		Bản đồ khoảng cách sông suối	Bản đồ địa hình, Ảnh Landsat 8 (OLI+) chụp ngày 22/12/2023 được USGS lưu trữ với độ phân giải không gian 30 mét cho hình ảnh và 15 mét cho các dải toàn sắc (https://earthexplorer.usgs.gov/).
2	Tính phơi bày	Hiện trạng sử dụng đất	Bản đồ hiện trạng sử dụng đất năm 2020
3	Tính nhạy cảm	Mật độ dân số, tỷ lệ trẻ sơ sinh, tỷ lệ người già, tỷ lệ dân tộc thiểu số, tỷ lệ nam/nữ, tỷ lệ người trong độ tuổi lao động	Điều tra xã hội học năm 2019

3. Phương pháp

Phương pháp được sử dụng trong nghiên cứu bao gồm ba bước chính như sau: (1) Xây dựng cơ sở dữ liệu với 3 nhóm đối tượng quyết định tính dễ bị tổn thương do trượt lở bao gồm tính trượt, độ phơi nhiễm, tính nhạy [4, 5 , 9, 13]; (2) Áp dụng mô hình AHP để tính trọng số cho các lớp bản đồ; (3) Thành lập bản đồ tính tổn thương bằng việc kết hợp các bản đồ đã gán trọng số và các trọng số quan trọng.

3.1. Phương pháp AHP



Hình 2: Thang điểm so sánh các chỉ tiêu của Saaty (1980)

Phương pháp phân tích bậc (Analytic Hierarchy Process - AHP) được Thomas Saaty phát triển từ những năm 1970 - 1980 (Saaty, 1980) nhằm tính toán trọng số cho các bài toán ra quyết định đa tiêu chuẩn. Mức độ quan trọng của các chỉ tiêu được đánh giá dựa trên ý kiến của 6 chuyên gia về địa chất và tai biến môi trường theo thang điểm tại Hình 2 [12]. Kết quả cuối cùng sẽ đưa ra được thứ tự sắp xếp theo

mức độ quan trọng của từng chỉ tiêu, qua đó giúp ưu tiên lựa chọn các yếu tố hợp lý nhất, có mức độ ảnh hưởng nhất đến quyết định cuối cùng.

Để đánh giá tính nhất quán của kết quả, người ta sử dụng tỷ số nhất quán của dữ liệu (Consistency Ratio - CR) theo công thức:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (1)$$

trong đó: CI (Consistency Index): Chỉ số nhất quán; RI (Random Index): Chỉ số ngẫu nhiên được xác định bằng thực nghiệm (Bảng 2).

$$CI = \frac{\lambda \max - n}{n-1} \quad (2)$$

trong đó: λ_{max}: giá trị đặc trưng của ma trận mức độ quan trọng; n là số chỉ tiêu.

$$\lambda_{max} = \sum_{i=1}^{n}(w_i * \sum_{j=1}^{n} a_{i,j}) \quad (3)$$

w_{ij}: giá trị của các chỉ tiêu đã được chuẩn hóa của hàng i cột j.

Bảng 2. Giá trị RI tương ứng với số lượng chỉ tiêu n

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49

Giá trị tỷ số nhất quán CR < 0,1 là chấp nhận được.

3.2. Phương pháp hệ thống địa lý (GIS)

Để tính toán tính dễ bị tổn thương do trượt lở cần sự hỗ trợ thông qua hệ thống địa lý (GIS). Phương pháp sẽ tổng hợp tất cả các loại dữ liệu thống kê về định lượng và định tính được thể hiện và biểu diễn bằng các lớp thông tin trên bản đồ bao gồm tính trượt, tính nhạy và độ phơi nhiễm. Cách tiếp cận để tính toán chỉ số dễ bị tổn thương (Vulnerability Index - VI) được thể hiện bằng công thức sau:

$$VI = w_H \times H_j + w_E \times E_j + w_S \times S_j \quad (4)$$

trong đó: VI: Chỉ số dễ bị tổn thương (Vulnerability Index)

H_j: Tính trượt (Hazard) - Mức độ nguy hiểm của tai biến

E_j: Độ phơi nhiễm (Exposure) - Mức độ phơi nhiễm của con người, tài sản và cơ sở hạ tầng đối với tai biến

S_j: Tính nhạy (Sensitivity) - Mức độ nhạy cảm của các yếu tố phơi nhiễm đối với tai biến

w_H, w_E, w_S: Trọng số của 3 tiêu chí (tổng giá trị 3 trọng số = 1)

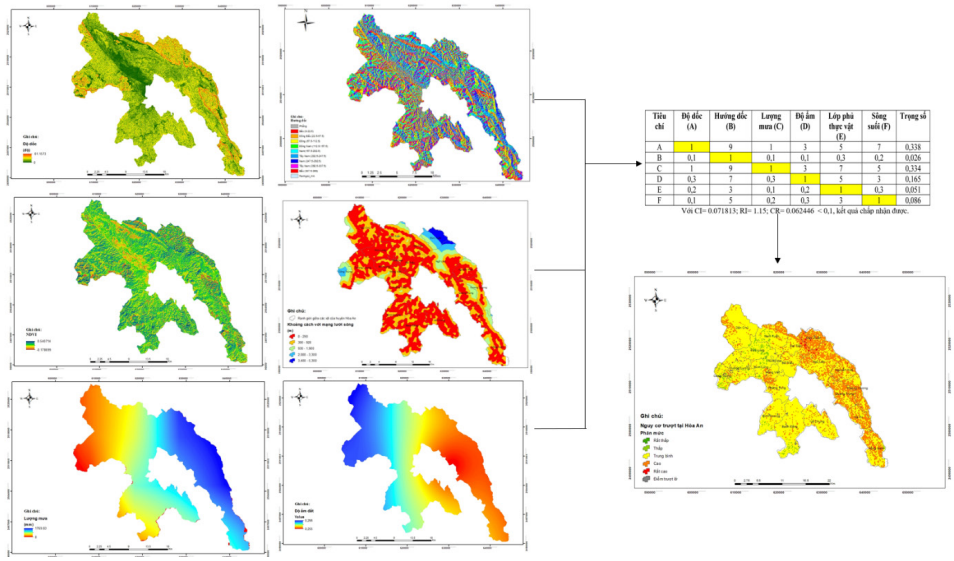
j: tai biến trượt lở đất.

4. Kết quả và thảo luận

4.1. Xây dựng bản đồ các nhóm chỉ số đánh giá mức độ tổn thương do trượt lở đất đá tại khu vực nghiên cứu

a. Bản đồ các nhân tố tác động đến trượt lở đất

Thông qua phương pháp AHP xây dựng được trọng số cho từng nhân tố gây tác động đến trượt lở đất ở khu vực. Giá trị CR = 0,06, giá trị trọng số tính toán được thể hiện tại Bảng 3 là hoàn toàn chấp nhận được.



Hình 3: Bản đồ các nhân tố tác động đến trượt, sạt lở đất đá tại khu vực nghiên cứu

Dựa trên các bản đồ nhân tố tại Hình 3 và bản đồ nguy cơ trượt lở tại Hình 4, có thể thấy:

Yếu tố độ dốc: Khi độ dốc của địa hình lớn, đặc biệt từ 29° trở lên, trọng lực sẽ tác động mạnh hơn, kéo đất xuống và dễ dẫn đến hiện tượng trượt lở, đặc biệt là trên các sườn núi, tập trung ở các xã như Ngũ Lão, Đức Xuân, Quang Trung, Trương Vương và khu vực phía Đông của Bạch Đằng. Ngược lại những khu vực có độ dốc thấp (dưới 12°) thường có nguy cơ trượt lở thấp hơn, đặc biệt nếu có lớp phủ thực vật dày đặc giúp giữ đất.

Yếu tố hướng dốc: Hướng dốc về phía Đông, Đông Nam và Nam là những hướng chịu ảnh hưởng lớn từ mưa và gió, nhất là trong mùa mưa bão. Khi kết hợp với độ dốc lớn và lượng mưa cao, đất ở những khu vực này dễ bị trượt lở do áp lực nước tích tụ trên bề mặt dốc. Các xã như Quang Trung và Trương Vương có nhiều khu vực hướng dốc về các hướng này, làm tăng nguy cơ trượt lở.

Yếu tố khoảng cách tới sông: Các xã như Bạch Đằng và Bình Long có nhiều khu vực nằm gần sông có phạm vi dưới 500 m, do đó nguy cơ trượt lở ở đây cao hơn.

Yếu tố giá trị NDVI (Lớp phủ thực vật): Các xã phía Nam của xã Công Trừng và trung tâm xã Quang Trung có nhiều khu vực với NDVI thấp (khoảng 0,18 - 0,29), làm tăng nguy cơ trượt lở.

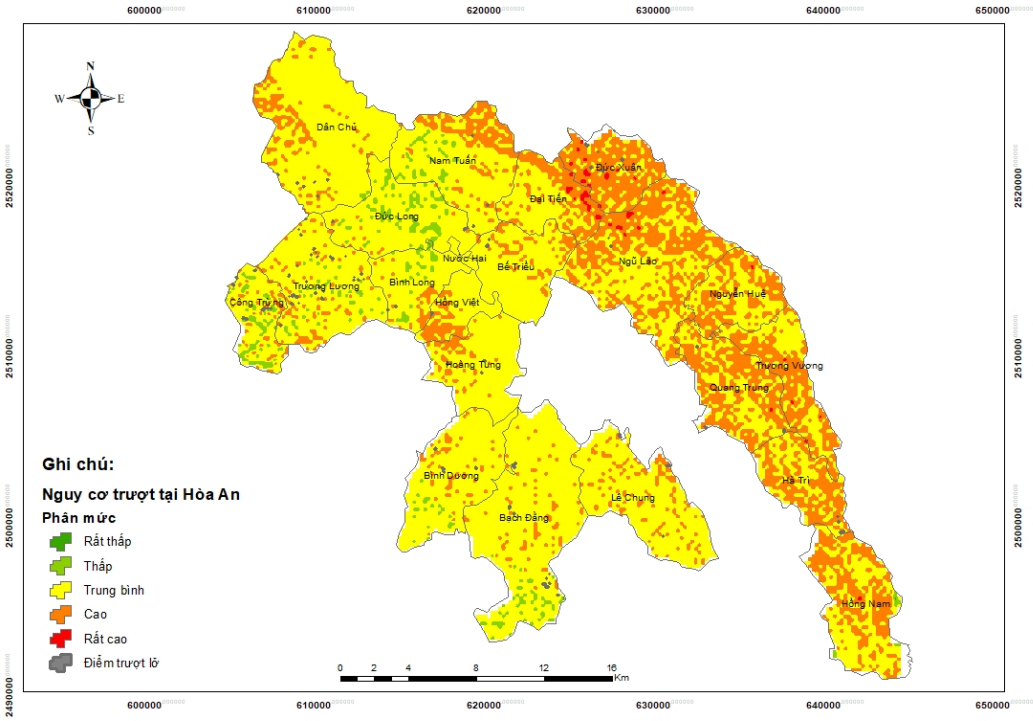
Yếu tố lượng mưa và độ ẩm: Các xã như Quang Trung, Ngũ Lão và Trương Vương có lượng mưa lớn (trên 1 m hàng năm) và độ ẩm cao (trên 3 m), đặc biệt khi kết hợp với độ dốc lớn và lớp phủ thực vật thưa thớt, đất dễ bị bão hòa nước, dẫn đến giảm độ kết dính và tăng nguy cơ trượt lở ở đây. Xã Quang Trung, Ngũ Lão, Trương Vương và Trương Lương hội tụ đủ nhân tố làm nguy cơ trượt lở đất ở đây diễn ra mạnh nhất khi mưa lớn kéo dài. Với độ dốc cao, nằm ở hướng dễ chịu tác động của mưa lớn và gió mùa, đặc biệt trong mùa mưa bão, nơi có nhiều khu vực nằm gần sông, với khoảng cách từ 100 - 500 m và lớp phủ

thực vật ở đây khá thưa thớt, tất cả yếu tố đó khi kết hợp với nhau làm nguy cơ trượt lở đất ở vùng này rất cao khi mưa lớn và kéo dài. Trong khu vực nghiên cứu, có thể thấy yếu tố quyết định nhất để khả năng trượt lở ở đây là độ dốc. Cả 3 xã như Quang Trung, Ngũ Lão và Trương Lương có nguy cơ cao xảy ra trượt lở đất đều tập trung vào các khu vực có độ dốc lớn nhất.

Bảng 3. Ma trận trọng số các yếu tố đánh giá nguy cơ trượt lở

Tiêu chí	Độ dốc (A)	Hướng dốc (B)	Lượng mưa (C)	Độ ẩm (D)	Lớp phủ thực vật (E)	Sông suối (F)	Trọng số
A	1	9	1	3	5	7	0,338
B	0,1	1	0,1	0,1	0,3	0,2	0,026
C	1	9	1	3	7	5	0,334
D	0,3	7	0,3	1	5	3	0,165
E	0,2	3	0,1	0,2	1	0,3	0,051
F	0,1	5	0,2	0,3	3	1	0,086

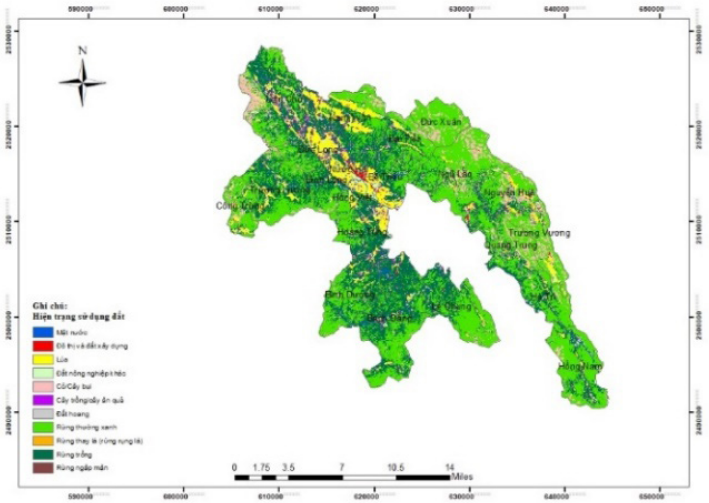
Với CI = 0,071813; RI = 1,15; CR = 0,062446 < 0,1 Thỏa mãn



Hình 4: Bản đồ nguy cơ trượt

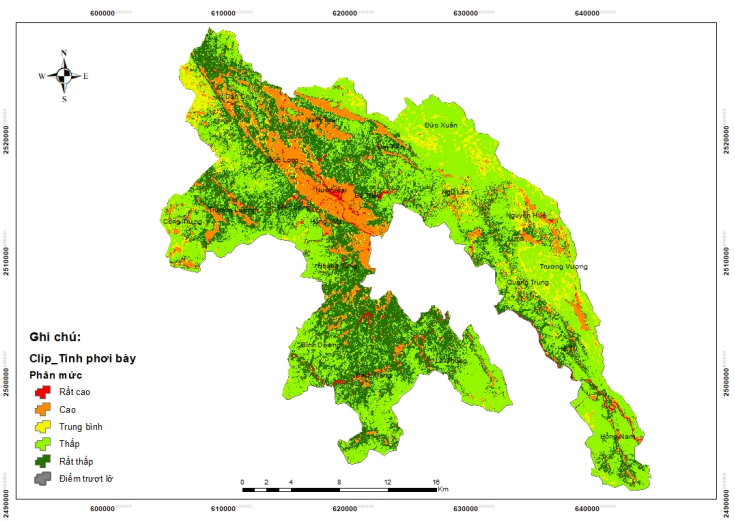
b. Bản đồ chỉ tiêu tính phơi nhiễm

Các khu vực đô thị và đất xây dựng không có lớp phủ thực vật dày đặc để giữ đất như vùng quanh các xã Nước Hai, Bế Triều và Đức Long là những nơi dễ bị tổn thương nhất. Do khi trượt lở xảy ra, sự mất ổn định của đất ở những khu vực này có thể gây thiệt hại lớn về cơ sở hạ tầng, nhà cửa và tính mạng con người do mật độ dân cư và xây dựng cao.



Hình 5: Bản đồ hiện trạng sử dụng đất tại khu vực năm 2020

Các khu vực canh tác lúa và nông nghiệp khác như vùng Trương Lương và Bạch Đằng cũng dễ bị tổn thương khi trượt lở đất xảy ra phù hợp giữa hiện trạng sử dụng đất tại Hình 5 và bản đồ tính phơi bày tại Hình 6. Do đất canh tác thường bị mất lớp phủ thực vật tự nhiên, dẫn đến khả năng bảo vệ đất kém và khi trượt lở đất xảy ra gây mất mát lớn về đất đai canh tác, mùa màng, ảnh hưởng đến sinh kế của người dân. Hơn nữa, các kênh mương và hệ thống tưới tiêu cũng có thể bị hư hại nghiêm trọng, làm gián đoạn sản xuất nông nghiệp.



Hình 6: Bản đồ tính phơi bày

Ngoài ra, cũng tại Hình 6 cho thấy các khu vực rừng thay lá như vùng Bình Long, Đức Long cũng có thể dễ bị tổn thương vì rừng thay lá thường không có khả năng giữ đất tốt bằng các loại rừng khác, đặc biệt trong mùa khô khi lá rụng. Và khi trượt lở xảy ra, đất ở khu vực này dễ bị trôi theo do thiếu lớp phủ thực vật giữ đất trong

mùa khô, làm tăng nguy cơ sạt lở và ảnh hưởng đến hệ sinh thái và các cộng đồng xung quanh. Ngược lại, các khu vực rừng thường xanh và rừng trồng, chẳng hạn như vùng Bình Dương và Quang Trung, ít bị tổn thương hơn do có lớp phủ thực vật dày đặc, giúp giữ đất ổn định.

c. Bản đồ nhóm chỉ tiêu tính nhạy

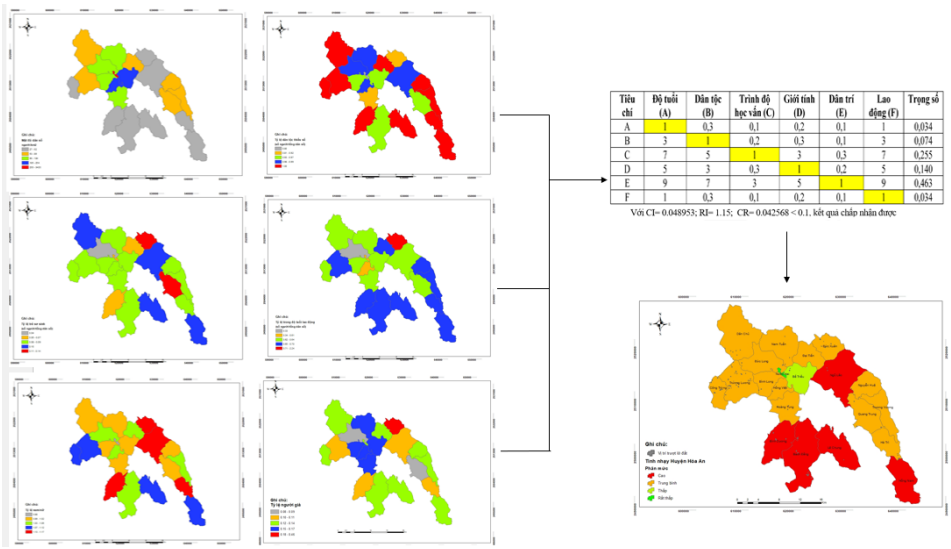
Trọng số các yếu tố trong thành phần tính nhạy được tính toán tại Bảng 4, nhận thấy giá trị CR đạt 0,04 < 0,1, kết quả tính toán trọng số cho từng tiêu chí có thể chấp nhận được.

Bảng 4. Ma trận trọng số các yếu tố đánh giá tính nhạy

Tiêu chí	Độ tuổi (A)	Dân tộc (B)	Trình độ học vấn (C)	Giới tính (D)	Dân trí (E)	Lao động (F)	Trọng số
A	1	0,3	0,1	0,2	0,1	1	0,034
B	3	1	0,2	0,3	0,1	3	0,074
C	7	5	1	3	0,3	7	0,255
D	5	3	0,3	1	0,2	5	0,140
E	9	7	3	5	1	9	0,463
F	1	0,3	0,1	0,2	0,1	1	0,034

Với CI = 0,048953; RI = 1,15; CR = 0,042568 < 0,1 Thỏa mãn

Dựa vào trọng số tính toán được để xây dựng bản đồ nhóm chỉ tiêu tính nhạy cảm tại Hình 7. Hình 7 cung cấp các thông tin về tỷ lệ sơ sinh, tỷ lệ người già, tỷ lệ dân tộc thiểu số và mật độ dân số. Những yếu tố này giúp đánh giá mức độ nhạy cảm của các khu vực khi trượt lở đất xảy ra, dựa trên mức độ dễ bị tổn thương của các nhóm dân cư và cộng đồng.



Hình 7: Bản đồ nhóm chỉ tiêu tính nhạy với trượt lở tại khu vực nghiên cứu

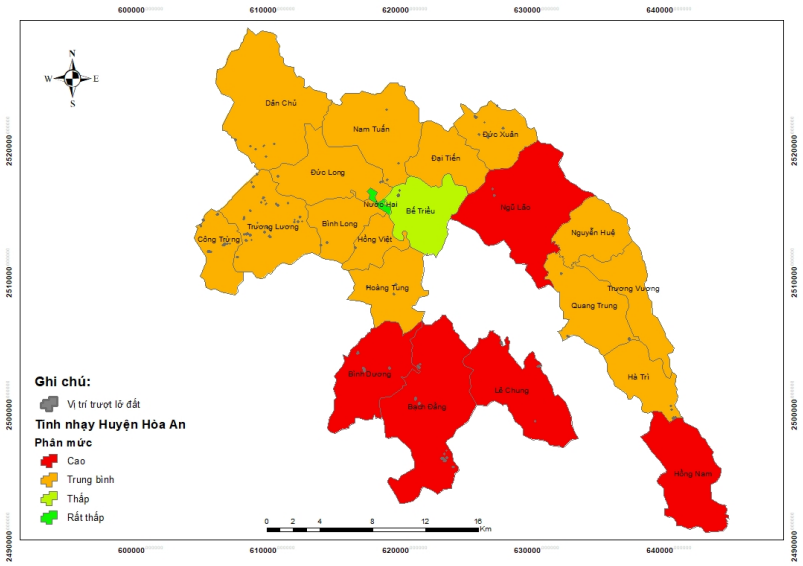
Các khu vực có tỷ lệ sơ sinh cao (màu xanh lam và xanh lục) như xã Đức Xuân có tỷ lệ sơ sinh từ 0,067 - 0,114. Những khu vực này có nhiều trẻ nhỏ, là nhóm dân cư dễ bị tổn thương nhất khi xảy ra trượt lở đất do khả năng tự bảo vệ và ứng phó với thiên tai kém.

Các xã như *Đức Xuân*, Trường Lương, Bế Triều, Bình Dương có tỷ lệ người già cao (màu đỏ, từ 0,17 đến 0,46).

Người già cũng là nhóm dân cư dễ bị tổn thương khi trượt lở xảy ra, vì họ thường có sức khỏe yếu, khả năng di chuyển và ứng phó với tình huống khẩn cấp bị hạn chế.

Hầu hết các xã trong khu vực đều có tỷ lệ dân tộc thiểu số rất cao (màu đỏ, từ 0,8). Dân tộc thiểu số thường sống ở các khu vực địa hình phức tạp, có nguy cơ trượt lở cao và thường có điều kiện kinh tế - xã hội khó khăn hơn, làm tăng mức độ nhạy cảm.

Các khu vực có mật độ dân số cao (màu xanh dương và đỏ) như xã Đức Xuân, Quang Trung và Đức Long với mật độ từ 507 đến 3.405 người/km² dễ bị tổn thương khi trượt lở đất xảy ra. Do mật độ dân số cao đồng nghĩa với việc có nhiều người sống trong khu vực nguy hiểm, làm tăng khả năng thiệt hại về người và của.



Hình 8: Bản đồ tính nhạy

Dựa trên kết quả của phương pháp AHP tại Bảng 4 và Hình 7 tác động của mỗi yếu tố đối với tính dễ tổn thương do sạt lở đất được xếp hạng theo trọng số đã được chỉ định. Trước tiên, mật độ dân số được xác định là yếu tố có trọng số cao nhất (0,463). Sự phân bố dân số không đồng đều dẫn đến các mức độ dễ tổn thương khác nhau ở các vùng khác nhau. Do đó, mật độ dân số được coi là một trong những yếu tố chính quyết định mức độ dễ tổn thương của một khu vực. Tiếp theo, nhóm tuổi dân số dưới 14 tuổi được xếp vào nhóm có khả năng đối phó với thiên tai thấp. Yếu tố này được gán trọng số 0,25, thấp hơn so với mật độ dân số. Tuổi tác ảnh hưởng đến độ nhạy cảm của dân số đối với thiên tai. Cuối cùng, nhóm dân số ở độ tuổi lao động được coi là nhóm dân số đã có kinh nghiệm trước đó, nhóm tuổi này được xếp vào nhóm không dễ bị tổn thương nhất, được gán trọng số 0,034. Hơn nữa, phụ nữ được xếp vào một trong những nhóm dễ bị tổn thương do thiên tai cùng với tỷ lệ tập trung nhiều nhóm dân tộc thiểu số, lần lượt được gán trọng số là 0,140 và 0,074.

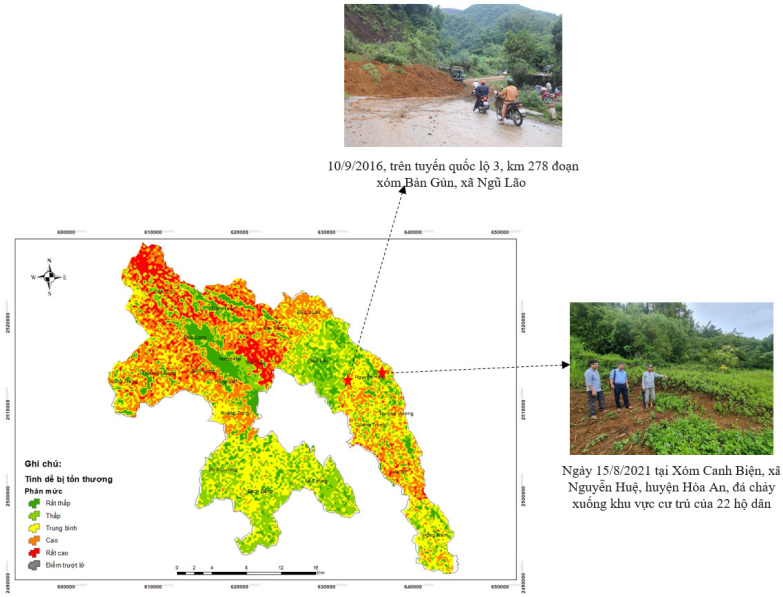
Qua Hình 8 có thể thấy các xã như Trường Lương, Bế Triều, Bình Dương, Hoàng Tung, Quang Trung và Đức Long có mật độ dân số cao, tỷ lệ người già và trẻ

sơ sinh cao, cùng với tỷ lệ dân tộc thiểu số lớn. Những yếu tố này kết hợp làm tăng nguy cơ bị tổn thương nghiêm trọng khi thiên tai xảy ra.

4.2. Xây dựng bản đồ đánh giá tính dễ tổn thương do trượt lở đất đá tại khu vực nghiên cứu

Bộ tiêu chí được lựa chọn theo nhóm, thành phần có khả năng bao quát đầy đủ về các yếu tố tự nhiên, kinh tế - xã hội, môi trường là phản ánh chân thực bức tranh xã hội của cộng đồng - có nghĩa là nguồn dữ liệu tin cậy để đánh giá tính dễ bị tổn thương do trượt lở tại khu vực. Bộ tiêu chí và chỉ số dễ bị tổn thương do trượt lở tại huyện Hòa An được thể hiện trên bộ bản đồ cho thấy:

Phần lớn các xã dễ bị tổn thương cao nhất theo bản đồ ở Hình 9 tập trung tại Ngũ Lão, Nguyễn Huệ, Đức Xuân, Trương Lương và Binh Long. Những xã này nằm trong khu vực có nguy cơ trượt lở đất cao, với địa hình đồi núi dốc lớn và lớp phủ thực vật yếu, cùng với mật độ dân số và hoạt động xây dựng, canh tác cao, làm gia tăng độ phơi nhiễm và tính nhạy cảm trước các tai biến thiên nhiên. Tiêu biểu ngày 10/9/2016, trên tuyến quốc lộ 3, km 278 đoạn xóm Bản Gủn, xã Ngũ Lão đã xảy ra sạt lở đất gây ách tắc giao thông, tại đó hàng trăm mét khối đất, đá sạt lở tràn ra chiếm 100 % mặt đường, gây cản trở giao thông [6]. Ngày 15/8/2021 tại Xóm Canh Biện, xã Nguyễn Huệ, huyện Hòa An, đá chảy xuống khu vực cư trú của 22 hộ dân với 85 nhân khẩu nằm dọc hai bên đường giao thông liên xã Nguyễn Huệ - Ngũ Lão - Đại Tiến. Theo như khao sát thực tế khu vực trượt lở đất đá tại đây có địa hình sườn đồi dốc, núi cao, kết cấu đất rời rạc pha lẫn đá phong hóa dễ ngấm nước. Giữa khu vực sạt trượt có khe nhỏ tập trung nước chảy từ trên núi cao và lưu vực xung quanh tạo dòng chảy xiết xuống khu vực dân cư sinh sống phía dưới gây xói lở cục bộ khi có mưa [10]. Các sự kiện trượt lở thực tế đã xảy ra tại các xã thuộc huyện Hòa An vào năm 2016 và 2021 cũng củng cố thêm tính chính xác và phù hợp của bản đồ tính dễ tổn thương cho các xã thể hiện màu cam (tính dễ tổn thương cao) phân bố ở Hòa An.



Hình 9: Bản đồ đánh giá tính dễ bị tổn thương do trượt lở đất đá ở vùng nghiên cứu

5. Kết luận

Bản đồ độ tính dễ bị tổn thương do trượt lở đất tại khu vực được tạo dựng dựa trên 3 nhóm đối tượng là nguy cơ trượt, tính phơi bày và tính nhạy. Bằng việc tích hợp phương pháp AHP vào phần mềm ArcGIS cho thấy tỷ lệ tính dễ tổn thương do trượt lở đất thường phân bố ở khu vực có độ dốc cao, độ nhám thấp, lớp phủ thực vật ít và đặc biệt vùng tập trung đông dân tộc thiểu số và vị trí gần mạng lưới sông ngòi thì nguy cơ cao hơn các vùng khác như xã Ngũ Lão, Nguyễn Huệ và Trương Lương, chiếm 66 % tổng diện tích. Những kết luận này được củng cố thêm bởi các vụ trượt lở đã từng xảy ra tại các xã đó.

Phương pháp này có thể được áp dụng cho việc lập bản đồ tính dễ tổn thương do trượt lở đất ở các khu vực khác tại Việt Nam. Đặc biệt, với vùng thiếu thông tin trượt lở đất có sẵn công khai trong khu vực nghiên cứu cho thấy phương pháp AHP được lựa chọn là phù hợp với các đánh giá quy mô lớn tại các khu vực không có bản kiểm kê các vụ trượt lở đất và thiệt hại do trượt lở đất.

Tuy nhiên, điều quan trọng là bản kiểm kê thiệt hại do trượt lở càng chi tiết thì tính chính xác càng cao. Bên cạnh đó hạn chế nhất định khi áp dụng phương pháp này liên quan đến tính chủ quan và phức tạp trong quá trình thực hiện. Vì vậy, việc áp dụng AHP cần phải được thực hiện cẩn trọng, với sự tham gia của các chuyên gia có kinh nghiệm và chi tiết kiểm kê các thiệt hại do tai biến tại vùng nghiên cứu để đảm bảo tính chính xác và tin cậy của kết quả.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được hỗ trợ bởi đề tài khoa học và công nghệ cấp Cơ sở, Trường Đại học Mỏ - Địa chất năm 2024, mã số T24-27.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Attila Buzási, Bettina Szimonetta Beszedics-Jäger, Olivér Hortay (2024). *Spatial-temporal analysis of urban climate dynamics in major Hungarian cities*. Environ. Res. Commun. 6 045006.

[2]. Basu T, Pal S (2020). *A GIS-based factor clustering and landslide susceptibility analysis using AHP for Gish River Basin, India.* Environ Dev Sustain 22:4787 - 4819.

[3]. Đoàn Quang Trí, Nguyễn Văn Nhật, Quạch Thị Thanh Tuyết (2024). *Ứng dụng phương pháp AHP và công nghệ GIS chỉ ra các huyện có nguy cơ xảy ra sạt lở cao tại bán đảo Cà Mau*. Tạp chí Khí tượng Thủy văn, 763, trang: 35 - 47.

[4]. Fekete, A., (2009). *Validation of a social vulnerability index in context to river-floods in Germany.* Natural Hazards and Earth System Sciences 9(2):393 - 403.

[5]. Fekete, A., M. Damm, J. Birkmann (2010). *Scales as a challenge for vulnerability assessment*. Natural Hazards 55(3):729 - 747.

[6]. Hạnh Nguyên, Tăng Chung (2016). *Hòa An: Sạt lở đất gây tắc nghẽn giao thông tại Bản Gủn, xã Ngũ Lão*. Đài Phát thanh - Truyền hình Cao Bằng. http://caobangtv.vn/tin-tuc-n5091/hoa-an-sat-lo-dat-gay-tac-nghen-giao-thong-tai-ban-gun-xa-ngu-lao.html.

[7]. Võ Anh Kiệt, Bùi Văn Chanh (2023). *Ứng dụng phương pháp AHP để chi tiết cấp độ rủi ro do sạt lở ở thành phố Nha Trang*. Tạp chí Khoa học Tài nguyên và Môi trường, Số 45, tr. 63 - 73.

[8]. Nguyễn Huy Anh, Nguyễn Trung Kiên, Trần Mỹ Hảo (2022). *Ứng dụng phân tích thứ bậc (AHP) và GIS đánh giá nguy cơ trượt lở đất ở huyện Lộc Ninh, tỉnh Bình Phước*.

Tạp chí Khí tượng Thủy văn, EME4, 85 - 93. Doi:10.36335/VNJHM.2022(EME4).85 - 93.

[9]. Oronde Drakes, Eric Tate (2022). *Social vulnerability in a multi - hazard context: A systematic review*. Environmental research letters.

[10]. Phạm Hà (2021). *Kiểm tra khu vực có nguy cơ sạt lở ở xóm Canh Biện, xã Nguyễn Huệ*. Đài Phát thanh - Truyền hình Cao Bằng. http://caobangtv.vn/tin-tuc-n42110/hoa-an-kiem-tra-khu-vuc-co-nguy-co-sat-lo-o-xom-canh-bien-xa-nguyen-hue.html.

[11]. Pourghasemi, H. R., Pradhan, B., Gokceoglu, C., Moezzi, K. D., (2012). *Landslide susceptibility mapping using a spatial multi-criteria evaluation model at Haraz watershed, Iran*. Catena, 85(3), 274 - 287.

[12]. Saaty, T. L., (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill.

[13]. Villagran de Leon J.C., (2006). *Vulnerability - conceptual and methodological review*. Studies of the university: Research, counsel, education, publication series of UNU-EHS4/2006.

[14]. Yalcin, A., (2008). *GIS-based landslide susceptibility mapping using analytical hierarchy process and bivariate statistics in Ardesen (Turkey): Comparisons of results and confirmations*. Catena, 72(1), 1 - 12.