

XÂY DỰNG BẢN ĐỒ NGUY CƠ SẠT LỞ ĐẤT THEO NGƯỠNG MƯA KHU VỰC QUẢNG NAM TRÊN CƠ SỞ PHÂN TÍCH CHỈ SỐ ỔN ĐỊNH SƯỜN DỐC

Hoàng Việt Hùng

Khoa Công trình, Trường Đại học Thủy lợi

Nguyễn Tiếp Tân

Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam

Tóm tắt: Bài báo trình bày về phát triển bản đồ nguy cơ sạt lở đất theo phương pháp phân tích chỉ số ổn định của sườn dốc. Phương pháp này xét được các yếu tố mặt đệm liên quan đến cường độ mưa và ưu điểm nhất của phương pháp là tiếp cận được các ngưỡng mưa khác nhau và trực quan hóa quá trình phát sinh, phát triển sạt lở đất. Kết quả nghiên cứu đã phát triển được các bản đồ nguy cơ sạt lở đất ứng với các lượng mưa tích lũy ngày 50mm, 100mm, 200mm, 400mm. Các bản đồ này được so sánh, đối chiếu với bản đồ hiện trạng sạt lở đất và bản đồ nguy cơ sạt lở đất hiện có ở địa phương thành lập theo phương pháp kinh nghiệm để quy đổi từ mật độ sạt lở sang các cấp nguy cơ theo vùng địa giới hành chính cấp xã. Kết quả nghiên cứu đã trợ giúp các nhà quản lý chủ động ứng phó thiên tai đến cấp xã khi biết được lượng mưa dự báo.

Từ khóa: Bản đồ nguy cơ sạt lở đất, chỉ số ổn định sườn dốc, ngưỡng mưa, lượng mưa tích lũy ngày, ứng phó thiên tai.

Summary: This paper presents the development of landslide susceptibility maps based on the slope stability index analysis. This approach incorporates surface cover factors related to rainfall intensity; its primary advantage lies in its ability to evaluate various rainfall thresholds and visualize the initiation and propagation of landslides. The study established landslide susceptibility maps corresponding to daily cumulative rainfall scenarios of 50mm, 100mm, 200mm, and 400mm. These maps were validated against the current landslide inventory map and compared with existing local risk maps constructed using empirical methods, which convert landslide density into risk levels based on commune-level administrative boundaries. Ultimately, the findings assist decision-makers in proactively organizing disaster response measures at the commune level based on forecasted rainfall data.

Keywords: landslide susceptibility maps, slope stability index, rainfall thresholds, daily cumulative rainfall, disaster response measures.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay có rất nhiều các phương pháp phân vùng dự báo trượt lở đất khác nhau (Carrarava nnk, 1995[4]; Guzzetti và nnk, 1999[5], có thể phân chia thành 5 nhóm chính là: (1) Phương pháp thành lập bản đồ địa mạo trực tiếp; (2) Phương pháp phân tích sự xuất hiện trượt lở; (3) Phương pháp kinh nghiệm; (4) Các phương

pháp thống kê, trong đó bao gồm cả các phương pháp có sử dụng thuật toán như mạng thần kinh, tập mờ và các hệ thống chuyên gia; và (5) Các phương pháp nghiên cứu trượt lở dựa trên cơ sở phân tích mức độ ổn định sườn dốc. Trong 5 nhóm phương pháp kể trên thì phương pháp phân tích mức độ ổn định của sườn dốc là có độ chính xác và thích hợp nhất đối với việc thành lập các bản đồ nguy cơ sạt lở đất ở tỷ lệ lớn.

Đối với khu vực nghiên cứu là tỉnh Quảng Nam (nay là thành phố Đà Nẵng), hiện tại khu

Ngày nhận bài: 02/2/2026

Ngày thông qua phản biện: 23/3/2026

Ngày duyệt đăng: 02/4/2026

vực này đã có bản đồ hiểm họa lũ quét, sạt lở đất, bản đồ rủi ro lũ quét, sạt lở đất, các sản phẩm này do Trung tâm dự báo khí tượng thủy văn, thuộc tổng cục khí tượng thủy văn xây dựng [7]. Tuy nhiên để có thể biết được lượng mưa thực tế liên quan đến nguy cơ thiên tai, cần tiếp cận công tác đánh giá sạt lở theo diễn tiến cường độ mưa và đánh giá sự chính xác bằng các bản đồ nguy cơ sạt lở tiềm ẩn đã có. Nghiên cứu này đã tập trung tiếp cận phương pháp phân tích chỉ số ổn định mái dốc, để xét được các yếu tố mật độ liên quan đến các lượng mưa tích lũy khác nhau nhằm trực quan được quá trình phát sinh, phát triển sạt lở đất theo lượng mưa.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VỀ ỨNG DỤNG GIS TRONG PHÂN VÙNG DỰ BÁO TAI BIẾN TRƯỢT LỞ ĐẤT TRÊN CƠ SỞ PHÂN TÍCH MỨC ĐỘ ỔN ĐỊNH CỦA MÁI DỐC

Cơ sở khoa học của phương pháp này khi phân vùng nguy cơ sạt lở đất là mức độ nguy cơ sạt lở đất được thể hiện bởi chỉ số ổn định sườn dốc. Đây là tỷ số giữa các lực giữ và lực kéo khối đất trượt xuống. Hiện nay nhiều nghiên cứu phương pháp phân tích độ ổn định của sườn dốc dựa trên cơ sở khái niệm "mô hình sườn dốc vô tận" (Wu và Sidle, 1995[13]; Pack và nnk, 1998[12]), từ đó hệ số định sườn dốc được sử dụng tương đối rộng rãi trong GIS để phân vùng nguy cơ tai biến trượt lở đất, như các nghiên cứu của Archarya (2006)[1], Long (2008)[10]. Trong nghiên cứu này, tác giả cũng sử dụng phương pháp phân vùng nguy cơ tai biến trượt lở đất trên cơ sở độ ổn định sườn dốc mà đã áp dụng trong những nghiên cứu kể trên. Mô hình được mô tả như sau:

$$SI = \frac{C_s + C_r}{D\gamma_e \sin\theta \cos\theta} + \left[1 - m \frac{\gamma_w}{\gamma_e}\right] \frac{\tan\varphi}{\tan\theta} \quad (1)$$

Trong đó:

- SI là chỉ số mức độ ổn định của mái dốc
- C_s và C_r là hệ số kết dính của đất và hệ số kết dính của rễ cây (kNm^{-2}). Các giá trị này thay đổi tùy thuộc và loại đất và loại thảm thực vật tương ứng.
- γ_w trọng lượng đơn vị thể tích của nước $\gamma_w = 9.81 \text{ kNm}^{-3}$.

- D là độ dày của lớp đất(m).
- φ góc ma sát trong của đất (độ)
- θ là độ dốc của mái dốc (độ),
- γ_e trọng lượng đơn vị thể tích của đất kèm tải trọng phân bố bề mặt (kNm^{-3}), và được tính như sau:

$$\gamma_e = \frac{q \cos\theta}{D} + m \gamma_{sat} + (1 - m) \gamma_d \quad (2)$$

Trong đó:

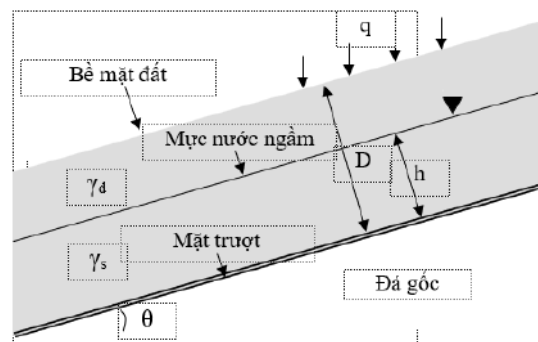
γ_d trọng lượng đơn vị thể tích đất khô (kN/m^3);

γ_{sat} trọng lượng đơn vị thể tích đất khi bão hòa nước (kN/m^3);

q là tải trọng (kN/m^2); phía trên bề mặt đất.

Thông số m trong phương trình là chỉ số bão hòa của đất, thể hiện độ ẩm tương đối của đất hoặc diễn tả một cách khác là vị trí liên quan của mặt nước ngầm h/D trong tầng đất. Trong đó h là chiều dày của phần đất bị bão hòa. Chỉ số này phụ thuộc vào các điều kiện thủy văn, đất đá và các đặc tính của địa hình.

Hình 1 dưới đây sẽ minh họa về mái dốc và các thông số được mô tả trong các phương trình trên.

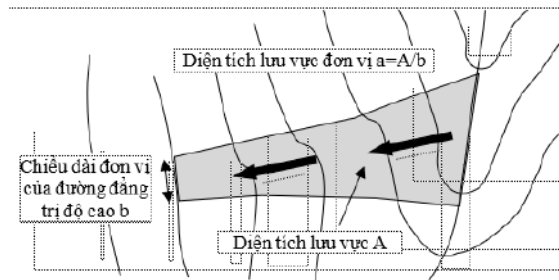


Hình 1: Minh họa mái dốc và các biến có liên quan

Trong phương trình 1, hầu hết các thông số tham gia vào tính toán hệ số an toàn như là C_s , C_r , D, φ , θ , γ_w , γ_e đều là các biến số mang tính chất không gian. Trong khi đó chỉ số bão hòa "m" thì phức tạp hơn. Chỉ số bão hòa được suy diễn từ các thông tin về địa hình trong mô hình OPMODEL đưa ra đầu tiên bởi Beven và Kriby (1979) như sau:

$$m = \ln \left[\frac{a}{\tan\theta} \right]$$

Trong đó: a là diện tích lưu vực đơn vị hoặc diện tích tích tụ của nước trên chiều dài đơn vị của đường đẳng trị độ cao. Hình 2 mô tả định nghĩa về diện tích lưu vực đơn vị được đưa ra bởi Pack và nnk (2005) [16].



Hình 2: Định nghĩa về diện tích lưu vực đơn vị

Sự không thuận lợi trong phương trình 3 là chỉ tập trung vào các đặc trưng địa hình của khu vực nghiên cứu, nhưng lại không xem xét đến ảnh hưởng của các điều kiện thủy văn, đặc tính của đất mà là những yếu tố ảnh hưởng chủ yếu tới chỉ số bão hòa của đất. Nhiều nhà nghiên cứu khác như Montgomery và Dietrich (1994)[11], Pack và Tarboton (1998)[12] đã sử dụng hàm sin để thay thế cho hàm tang của độ dốc, nhưng thực tế cũng không xem xét đến các điều kiện thủy văn, đặc tính của đất. Do vậy phương trình này không được sử dụng rộng rãi. Tuy nhiên trong mô hình chỉ số bão hòa của đất đã được áp dụng bởi Montgomery và Dietrich (1994) [11], Borga và nnk (1998), Pack và Tarboton (1998) [12], một tiến trình thực tiễn hơn đã được sử dụng để dự báo mặt nước ngầm dưới dạng một hàm của dòng chảy nước ngầm và cường độ lượng mưa. Mô hình này dựa trên giả thiết là dòng chảy trong đất được đưa ra bởi định luật Darcy là song song với bề mặt đất và bằng tốc độ thấm của lượng mưa trên khu vực thượng nguồn, do vậy:

$$Kh \sin \theta = RA \quad (4)$$

Trong đó: K là hệ số thấm của đất (m/day), b là kích thước mặt cắt của đoạn dòng chảy nước ngầm quan tâm (m), $\sin \theta$ là gradient thủy lực, R là tốc độ thấm hoặc cường độ lượng mưa hữu hiệu (m/day) và A là diện tích lưu vực thượng nguồn (m^2). Trên cơ sở đó, chỉ số bão hòa của đất tính như sau:

$$m = \frac{h}{D} = \frac{Ra}{K D \sin \theta} \quad (5)$$

Do vậy, chỉ số bão hòa đã dựa trên cơ sở đặc tính của địa hình, đặc điểm của đất và cường độ mưa.

Trong phương trình 4, giá trị R không phải là lượng mưa trung bình dài hạn mà là lượng mưa tích lũy trong một khoảng thời gian cụ thể nào đó mà có các điều kiện gây ra sạt lở đất (Pack và nnk, 2005) [16]. Trong các nghiên cứu Acharya, 2006[1]; Kayastha, 2006[6]; Long, 2008[10], R trong phương trình 5 được lấy từ lượng mưa ngày cực đại được dự báo theo một chu kỳ lặp lại đủ dài. Trong bài báo này, tác giả cũng áp dụng lượng mưa tích lũy giả định cho vùng nghiên cứu với các giá trị mưa ngày lần lượt là $R=50\text{mm/ngày}$, $R=100\text{mm/ngày}$, $R=200\text{mm/ngày}$ và $R=400\text{mm/ngày}$ để tính toán mức độ thay đổi của hệ số an toàn trong khu vực nghiên cứu.

Các lượng mưa tích lũy là $R=50\text{mm/ngày}$, 100mm/ngày , 200mm/ngày và 400mm/ngày được lấy dựa theo quyết định số 18/2021/QĐ-TTg quy định về dự báo, cảnh báo, truyền tin thiên tai và cấp độ rủi ro thiên tai ban hành ngày 22 tháng 4 năm 2021 của chính phủ. Theo đó với lượng mưa $>50\text{mm/ngày}$ được coi là mưa lớn và, tổng lượng mưa từ trên 50 mm đến 100 mm trong 24 giờ là mưa to, mưa với tổng lượng mưa trên 100 mm trong 24 giờ là mưa rất to. Đồng thời các lượng mưa này cũng phù hợp với quy định tại Điều 46 của quyết định số 18/2021/QĐ-TTg về cấp độ rủi ro thiên tai do lũ quét, sạt lở đất, sụt lún đất do mưa lũ hoặc dòng chảy.

3. ỨNG DỤNG GIS TRONG PHÂN VÙNG DỰ BÁO NGUY CƠ SẠT LỞ ĐẤT TRÊN CƠ SỞ PHÂN TÍCH MỨC ĐỘ ỔN ĐỊNH CỦA SƯỜN DỐC CHO KHU VỰC QUẢNG NAM (NAY THUỘC VỀ THÀNH PHỐ ĐÀ NẴNG)

3.1 Xây dựng mô hình số độ cao

Mô hình số độ cao khu vực Quảng Nam được xây dựng trên cơ sở nội suy các đường đồng mức độ cao trong các bản đồ địa hình tỷ lệ 1:50.000 được xuất bản bởi Bộ TNMT. Bản đồ

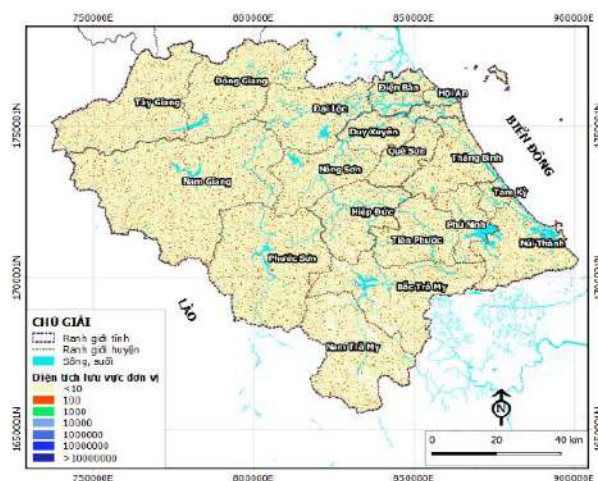
địa hình được số hóa trong phần mềm Microstation. Các đường đẳng trị độ cao sau đó được gán giá trị độ cao dưới dạng một trường thuộc tính. Trên cơ sở đó tiến hành nội suy giá trị đẳng trị độ cao để thành lập mô hình số độ cao [3] đã được thực hiện trong phần mềm ArcGIS.

3.2 Xây dựng bản đồ độ dốc

Bản đồ độ dốc địa hình khu vực Quảng Nam [3] được xây dựng bằng công cụ Slope trong phần mềm ArcGIS với đầu vào là mô hình số độ cao khu vực tỉnh nghiên cứu. Kết quả phân tích thống kê bản đồ độ dốc địa hình khu vực Quảng Nam cho thấy, độ dốc trung bình của khu vực là $13,59^0$ với độ lệch chuẩn là $11,48^0$. Độ dốc cực đại đạt $73,45^0$ và độ dốc cực tiểu là 0^0 .

3.3. Xây dựng bản đồ diện tích lưu vực đơn vị (a)

Diện tích lưu vực đơn vị hoặc diện tích tích tụ của nước trên chiều dài đơn vị của đường đẳng trị độ cao. Hình 4 mô tả định nghĩa về diện tích lưu vực đơn vị được đưa ra bởi Pack và nnk (2005) [16]. Bản đồ diện tích lưu vực đơn vị được xây dựng với số liệu đầu vào là mô hình số độ cao đã xây dựng. Bản đồ diện tích lưu vực đơn vị được thực hiện thông qua module Hydro tool trong phần mềm ArcGIS. Hình 3 mô tả bản đồ diện tích lưu vực đơn vị của khu vực Quảng Nam đã được xây dựng.

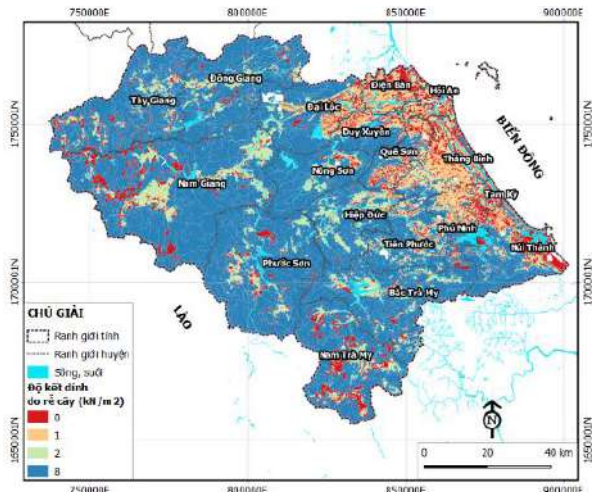


Hình 3: Bản đồ diện tích lưu vực đơn vị của khu vực Quảng Nam

3.4. Xây dựng bản đồ hệ số kết dính của rễ cây

Khu vực Quảng Nam với 7 loại hình sử dụng đất bao gồm: 1) Rừng đặc dụng, rừng phòng hộ, rừng sản xuất; 2) Đất trồng hoa màu, cây hàng năm; 3) Đất trồng lúa; 4) Đất khu dân cư, cơ sở hạ tầng; 5) Đất trống chưa sử dụng; 6) Núi đá không có rừng cây; 7) Đất mặt nước, đã được tổng hợp từ bản đồ sử dụng đất, tương ứng với mỗi loại hình sử dụng đất này. Hệ số kết dính của rễ cây trong nghiên cứu này được tham khảo từ các nghiên cứu trước đây của Sidle (1995) [15], Kayastha (2006)[6], và Bùi Lê Vinh (2007)[8] được mô tả với rừng đặc dụng, rừng phòng hộ có hệ số kết dính là 8 kN/m^2 , đất trồng lúa có hệ số kết dính là 1 kN/m^2 , đất trồng cây hoa màu hàng năm có hệ số kết dính là 2 kN/m^2 .

Ảnh hưởng cơ học của thảm phủ tới sự ổn định của sườn dốc được thể hiện theo nhiều dạng khác nhau, lực kết dính được tạo ra bởi rễ cây chỉ thực sự có ý nghĩa tới sự ổn định của sườn dốc nếu mật độ rễ cây trong $0,6 \text{ m}$ lớp đất mặt trên cùng là lớn, đồng thời thảm phủ phải có nhiều rễ cái đủ khỏe. Về mặt lý thuyết, các rễ cây là cho đất bền chặt hơn, gia tăng cường độ kháng cắt nếu rễ cây xuyên qua đới trượt. Hình 4 là bản đồ độ kết dính rễ cây khu vực nghiên cứu.



Hình 4: Bản đồ độ kết dính do rễ cây của khu vực Quảng Nam

3.5. Xây dựng bản đồ tải trọng phía trên bề mặt đất

Bản đồ thể hiện tải trọng trên bề mặt đất khu

vực Quảng Nam [3] được xây dựng trong phần mềm ARCGIS trên cơ sở bản đồ phân nhóm sử dụng đất và giá trị tải trọng bề mặt cho từng nhóm sử dụng đất. Tải trọng bề mặt do khối lượng của thảm phủ thực vật hoặc nhà cửa phía bên trên của sườn dốc. Tải trọng làm gia tăng áp lực lên sườn dốc, làm giảm sức kháng chịu của khối đất dẫn đến hiện tượng trượt lở đất. Đối với tải trọng bề mặt do thảm phủ thực vật tạo ra chỉ thực sự ảnh hưởng tới quá trình trượt lở đất nếu thảm phủ thực vật là những cây lớn, còn đối với hầu hết các loại cây nhỏ tại trọng này quá nhỏ. Trong nghiên cứu này, hiệu ứng tải trọng bề mặt thực sự chỉ được quan tâm đối với khu vực rừng và khu dân cư. Những khu vực khác tải trọng bề mặt là ảnh hưởng không đáng kể tới quá trình trượt lở đất. Tải trọng bề mặt gây ra bởi rừng trồng với mật độ cao là 0.8 kNm^{-2} Kayastha, 2006 [6]; Vinh, 2007[8]. Tải trọng gây ra bởi các khu dân cư lấy trung bình là 4.7 kNm^{-2} ,Kayastha, 2006 [6]; Vinh, 2007 [8].

3.6. Xây dựng bản đồ chỉ số bão hoà

Trên cơ sở số liệu phân tích mẫu tổng hợp của Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản[9] và phân bố không gian của các nhóm đất, các bản đồ trọng lượng đất khi khô - γ_d , trọng lượng đất khi bão hòa - γ_{sat} , góc ma sát trong - ϕ , lực dính kết của đất - c , hệ số thấm của đất - K cho khu vực Quảng Nam đã được xây dựng. Bản đồ tính chất đất tỷ lệ 1:100.000 của Quảng Nam đã được thu thập trong nghiên cứu này.

Theo công thức của Dacxi thì $K = I.D$ việc thành lập được bản đồ hệ số dẫn nước của đất đá trên cơ sở nhân 2 bản đồ chiều dày trung bình của đất và độ thấm của đất.

Với các bản đồ thành phần về độ dốc, diện tích đơn vị, độ kết dính của rễ cây, tải trọng bề mặt, trọng lượng của đất khi khô, trọng lượng của đất khi bão hòa, góc ma sát trong, lực dính kết của đất, hệ số thấm thì các bản đồ về chỉ số bão hoà của khu vực Quảng Nam với kịch bản mưa hữu hiệu $R=50\text{mm/ngày}$, $R=100\text{mm/ngày}$, $R=200\text{mm/ngày}$ và $R=400\text{mm/ngày}$ đã được xây dựng.



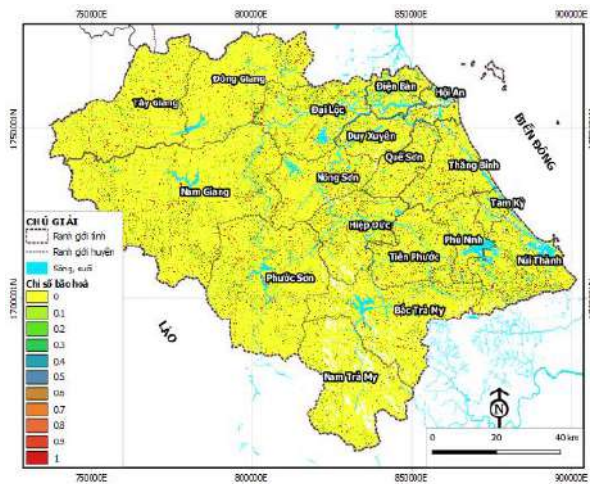
Hình 5: Bản đồ về chỉ số bão hoà của khu vực Quảng Nam với kịch bản mưa hữu hiệu $R=50\text{mm/ngày}$



Hình 6: Bản đồ về chỉ số bão hoà của khu vực Quảng Nam với kịch bản mưa hữu hiệu $R=100\text{mm/ngày}$



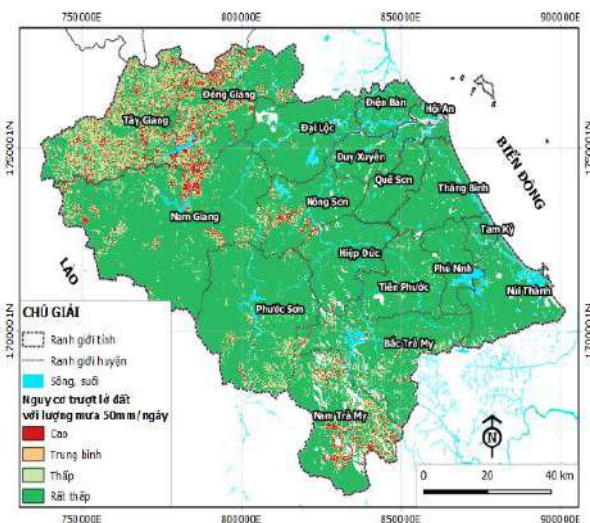
Hình 7: Bản đồ về chỉ số bão hoà của khu vực Quảng Nam với kịch bản mưa hữu hiệu $R=200\text{mm/ngày}$



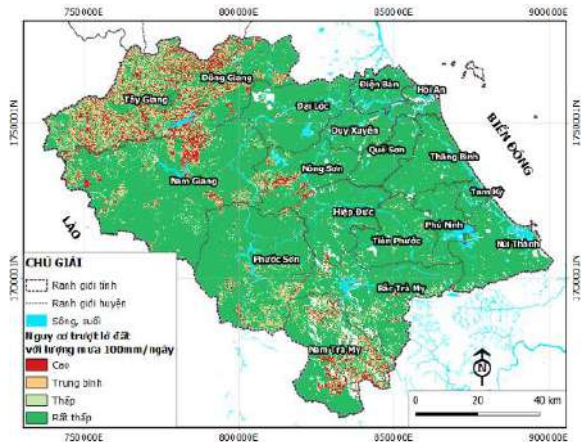
Hình 8: Bản đồ về chỉ số bão hoà của khu vực Quảng Nam với kịch bản mưa hữu hiệu $R=400\text{mm/ngày}$

3.7. Thành lập bản đồ phân vùng nguy cơ sạt lở đất theo các kịch bản mưa khác nhau

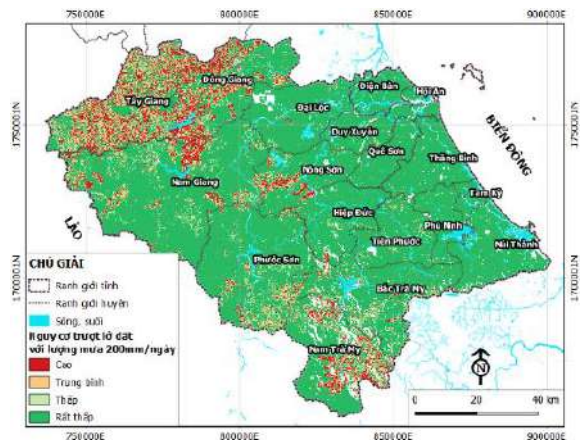
Trên cơ sở các bản đồ thành phần đã thiết lập, các bản đồ nguy cơ trượt lở đất khu vực Quảng Nam theo các kịch bản mưa tích lũy là $R=50\text{mm/ngày}$, $R=100\text{mm/ngày}$, $R=200\text{mm/ngày}$ và $R=400\text{mm/ngày}$ được xây dựng (Hình 9, Hình 10, Hình 11, Hình 12).



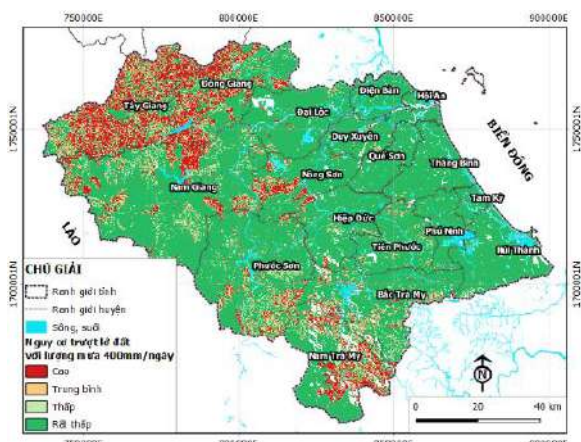
Hình 9: Bản đồ nguy cơ sạt lở đất khu vực Quảng Nam theo kịch bản mưa tích lũy là $R=50\text{mm/ngày}$



Hình 10: Bản đồ nguy cơ sạt lở đất khu vực Quảng Nam theo các kịch bản mưa tích lũy là $R=100\text{mm/ngày}$



Hình 11: Bản đồ nguy cơ sạt lở đất khu vực Quảng Nam theo kịch bản mưa tích lũy là $R=200\text{mm/ngày}$

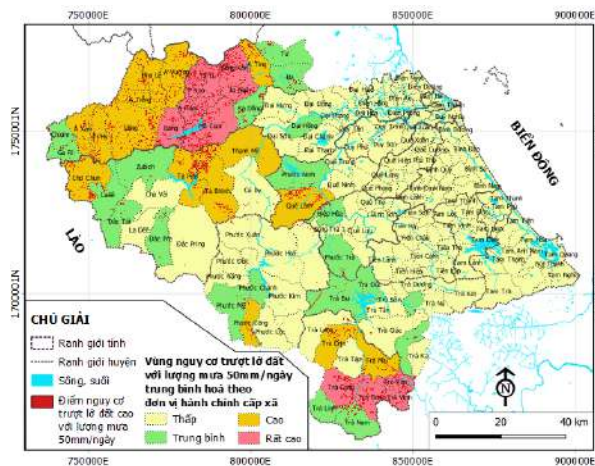


Hình 12: Bản đồ nguy cơ sạt lở đất khu vực Quảng Nam theo kịch bản mưa tích lũy là $R=400\text{mm/ngày}$

4. XÂY DỰNG BẢN ĐỒ PHÂN VÙNG NGUY CƠ SẠT LỞ ĐẤT THEO ĐƠN VỊ HÀNH CHÍNH CẤP XÃ KHU VỰC TỈNH QUẢNG NAM THEO KỊCH BẢN LƯỢNG MƯA

Chỉ số ổn định sườn dốc được phân chia thành các mức độ nguy cơ sạt lở đất theo tiêu chí được đề xuất trong nghiên cứu của Pack và nnk (1998) [12] $SI \geq 1.5$ nguy cơ thấp, $1.5 \geq SI \geq 1.25$ nguy cơ sạt lở trung bình, $1.25 \geq SI \geq 1.0$ nguy cơ sạt lở cao, và $SI < 1.0$ vùng nguy cơ sạt lở rất cao. Trên cơ sở đó bản đồ nguy cơ sạt lở đất khu vực Quảng Nam theo các kịch bản mưa tích lũy giả thiết lần lượt là 50mm/ngày, 100mm/ngày, 200mm/ngày và 400mm/ngày đã được xây dựng và thể hiện trong các hình 9, hình 10, hình 11, hình 12.

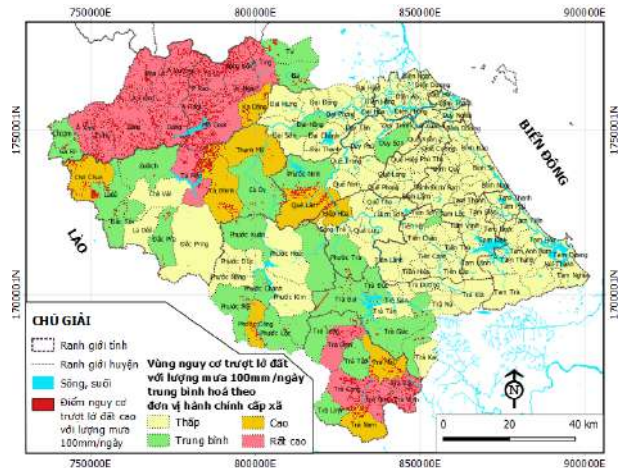
Để phục vụ công tác ứng phó thiên tai, tiếp tục thiết lập bản đồ nguy cơ trượt lở đất theo đơn vị hành chính cấp phường/xã của Quảng Nam theo kịch bản mưa khác nhau 50mm, 100mm, 200mm và 400mm đã được xây dựng và thể hiện trong các hình 13, hình 14, hình 15, hình 16.



Hình 13: Bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở đất theo đơn vị hành chính cấp xã khu vực Quảng Nam theo kịch bản lượng mưa tích lũy $R=50\text{mm/ngày}$

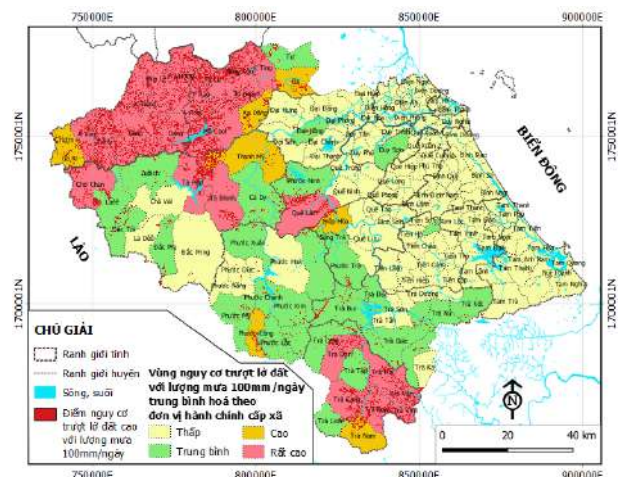
Với lượng mưa hữu hiệu $R=50\text{mm/ngày}$, thì nguy cơ sạt lở đất trung bình hóa theo đơn vị hành chính cấp xã cho thấy có đến 86,8% tổng số xã (132 xã) có nguy cơ sạt lở đất thấp, 3,9% tổng số xã (6 xã) có nguy cơ sạt lở đất trung bình, 3,9% tổng số xã (6 xã) có nguy cơ sạt lở

đất cao, 5,3% tổng số xã (8 xã) có nguy cơ sạt lở đất rất cao



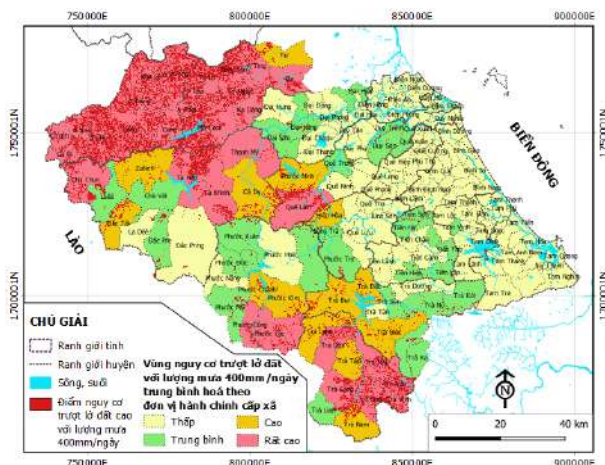
Hình 14: Bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở đất theo đơn vị hành chính cấp xã khu vực Quảng Nam theo kịch bản lượng mưa tích lũy $R=100\text{mm/ngày}$

Với lượng mưa hữu hiệu $R=100\text{mm/ngày}$, thì bắt đầu có 11 xã (7,2% tổng số xã) đạt mức nguy cơ sạt lở đất rất cao. Số xã có nguy cơ sạt lở đất cao giảm nhẹ (0,6%) xuống đạt 3,3% tổng số xã. Còn lại số lượng xã có nguy cơ sạt lở đất trung bình và thấp theo đơn vị hành chính cấp xã lần lượt chiếm 3,9% (8 xã) và 85,5% (130 xã).



Hình 15: Bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở đất theo đơn vị hành chính cấp xã khu vực Quảng Nam theo kịch bản lượng mưa tích lũy $R=200\text{mm/ngày}$

Với lượng mưa hữu hiệu $R=200\text{mm/ngày}$, có 14 xã (9,2% tổng số xã) đạt mức nguy cơ sạt lở đất rất cao; số xã có nguy cơ sạt lở đất cao giảm xuống đạt 2,6% tổng số xã. Còn lại số lượng xã có nguy cơ sạt lở đất trung bình và thấp theo đơn vị hành chính cấp xã lần lượt chiếm 5,3% (8 xã) và 82,9% (126 xã)



Hình 16: Bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở đất theo đơn vị hành chính cấp xã khu vực Quảng Nam theo kịch bản lượng mưa tích lũy $R=400\text{mm/ngày}$

Với lượng mưa hữu hiệu $R=400\text{mm/ngày}$, có 18 xã (27,2% tổng số xã) đạt mức nguy cơ sạt lở đất rất cao; số xã có nguy cơ sạt lở đất cao giảm nhẹ xuống đạt 1,3% tổng số xã. Còn lại số lượng xã có nguy cơ sạt lở đất trung bình và thấp theo đơn vị hành chính cấp xã lần lượt chiếm 9,9% (15 xã) và 77,0% (117 xã)

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Acharya, G., De Smedt, F., Long, NT., 2006. Assessing landslide hazard in GIS: a case study from Rasuwa, Nepal, Bull Eng Geol Environ 65:99–107
- [2] Mai Thành Tân và nnk (2013). Nghiên cứu đánh giá tai biến trượt lở đất bằng tích hợp các phương pháp địa chất, địa mạo, mô hình trọng số tối ưu của GIS ở các lưu vực sông khu vực Thừa Thiên Huế, Quảng Nam, Đà Nẵng, đề xuất các giải pháp phòng tránh. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học và phát triển công nghệ. Viện Địa chất, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.
- [3] Hoàng Việt Hùng (chủ nhiệm) (2025). Nghiên cứu xây dựng công nghệ cảnh báo nguy cơ lũ quét, sạt lở đất vùng Trung Trung Bộ. Đề tài Khoa học Công nghệ cấp Bộ Nông nghiệp và Môi trường, mã số ĐTKHCN.15/33/23.

5. KẾT LUẬN

Kết quả phân vùng dự báo nguy cơ sạt lở đất trên cơ sở phân tích mức độ ổn định của sườn dốc cho khu vực Quảng Nam bằng ứng dụng GIS được thiết lập với 07 yếu tố bản đồ thành phần là bản đồ mô hình số độ cao, bản đồ độ dốc, bản đồ diện tích đơn vị, bản đồ mức độ kết dính rễ cây, bản đồ tính chất đất bề mặt, bản đồ chỉ số bão hòa của đất để thiết lập được bản đồ nguy cơ sạt lở đất theo các lượng mưa tích lũy 50mm, 100mm, 200mm, 400mm.

Mặc dù việc phát triển bản đồ nguy cơ sạt lở đất trong nghiên cứu này vẫn còn một số yếu tố mang tính định tính, tuy nhiên phương pháp này đã trực quan hóa được quá trình phát sinh phát triển sạt lở đất theo cường độ mưa khác nhau. Đây cũng là một cách tiếp cận bản đồ nguy cơ sạt lở đất theo thời gian thực đang được xem là công nghệ mới nhất trên thế giới tại thời điểm này.

Bản đồ nguy cơ sạt lở đất theo địa giới hành chính cấp xã (từ hình 13 đến hình 16) được phát triển dựa trên bản đồ nguy cơ sạt lở đất (từ hình 9 đến hình 12) để phục vụ công tác quản lý, ứng phó thiên tai cho các nhà quản lý ở địa phương. Qua đợt thiên tai khốc liệt cuối tháng 10 năm 2025, địa phương đã có những phản hồi tích cực về sự tiện dụng và độ chính xác của hệ thống bản đồ này, khi kết quả nghiên cứu được đưa lên hệ thống WebGIS [3] và kết nối trực tiếp với các trạm đo mưa khu vực nghiên cứu. Rất cần được phát triển tiếp để phục vụ cộng đồng.

- [4] Carrara A, Cardinali M, Guzzetti F, Reichenbach P., 1995. GIS technology in mapping landslide hazard, In: Carrara A, Guzzetti F (eds) Geographical information systems in assessing natural hazards, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp 135–175
- [5] Guzzetti F, Carrara A, Cardinali M, Reichenbach P., 1999. Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multi-scale study, central Italy, *Geomorphol* 31:181–216.
- [6] Kayastha P., 2006. Slope stability analysis using GIS on a regional scale, Dissertation, Vrije Universiteit Brussel.
- [7] Trung tâm dự báo khí tượng thủy văn Quốc gia (2024). Dự án phân vùng rủi ro thiên tai và lập bản đồ cảnh báo lũ quét, sạt lở đất và sụt lún đất do mưa tại khu vực trung du và miền núi
- [8] Vinh BL., 2007. Regional slope instability zonation using different GIS techniques, Vrije Universiteit Brussel
- [9] Hòa, Trịnh Xuân., và nnk. 2019. Báo cáo "Điều tra hiện trạng trượt lở đất đá tỷ lệ 1:50.000 tỉnh Thừa Thiên Huế", Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản, Hà Nội.
- [10] Long NT., 2008. Landslide susceptibility mapping of the mountainous area in A Luoi.
- [11] Montgomery DR, Dietrich WE., 1994. A physically-based model for the topographic control on shallow landsliding, *Water Resour Res* 30:1153–1171
- [12] Pack, R. T., D. G. Tarboton and C. N. Goodwin, (1998), "The SINMAP Approach to Terrain Stability Mapping," Paper Submitted to 8th Congress of the International Association of Engineering Geology, Vancouver, British Columbia, Canada 21-25 September 1998.
- [13] Ray RL, De Smedt F., 2009. Slope stability analysis on a regional scale using GIS: a case study from Dhading, Nepal, *Environ Geol* 57:1603–1611
- [14] Soeters R, van Westen CJ., 1996. Slope instability recognition, analysis, and zonation, In: Turner AK, Schuster RL (eds) *Landslides Investigation and Mitigation*, National Academy Press, Washington, pp 129–177
- [15] Wu W, Sidle RC., 1995. A distributed slope stability model for steep forested basins, *Water Resour Res* 31:2097–2110.
- [16] Pack, R. T., D. G. Tarboton, C. N. Goodwin, A. Prasad, (2005), "SINMAP 2. A Stability Index Approach to Terrain Stability Hazard Mapping, technical description and users guide for version 2.0," Utah State University.