TẠP CHÍ
KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

*Bài báo khoa học*

# Ứng dụng phân tích thứ bậc (AHP) và GIS đánh giá nguy cơ trượt lở đất ở huyện Lộc Ninh, tỉnh Bình Phước

**Nguyễn Huy Anh[1*], Nguyễn Trung Kiên[1], Trần Mỹ Hảo[1]**

[1]Đại học Tài nguyên và Môi trường TP. Hồ Chí Minh; huyanhunre@gmail.com; tranhao_tnmt@yahoo.com

*Tác giả liên hệ: anhnh@hcmunre.edu.com; Tel.: +84–905210473

Ban Biên tập nhận bài: 5/2/2022; Ngày phản biện xong: 16/3/2022; Ngày đăng bài: 25/4/2022

**Tóm tắt:** Nghiên cứu này đã sử dụng kết hợp các phương pháp phân tích thứ bậc của Saaty và công nghệ GIS để xây dựng bản đồ nguy cơ trượt lở đất ở địa bàn huyện Lộc Ninh, tỉnh Bình Phước. Kết quả nghiên cứu đã chia nguy cơ trượt lở đất thành 5 cấp bao gồm: vùng có nguy cơ trượt lở rất thấp hoặc diện tích 24.718,81ha chiếm 28,95% diện tích tự nhiên, vùng có nguy cơ thấp là 28.889,21ha chiếm 33,83%, vùng nguy cơ trượt lở trung bình là 5.751,43 ha chiếm 6,74%, vùng có nguy cơ trượt lở cao có diện tích 20.660,45 ha chiếm 24,19% và rất cao 5.375,09ha chiếm 6.29%.

**Từ khóa:** Trượt lở đất; AHP; GIS; Viễn thám; Huyện Lộc Ninh.

## 1. Đặt vấn đề

Trượt lở đất (TLĐ) là một trong những loại hình thiên tai phổ biến nhất trên thế giới và Việt Nam. Ba phần lãnh thổ Việt Nam thuộc khu vực miền núi, có địa hình sườn dốc cao, hoạt động phát triển kinh tế–xã hội (KT–XH) chưa được qui hoạch hợp lý, nên các hiện tượng TLĐ, lũ bùn đá và lũ quét thường xảy ra. Những năm gần đây, các loại hình thiên tai này xảy ra với tần suất và cường độ ngày càng tăng, gây ra những thiệt hại nghiêm trọng, điển hình ở các tỉnh miền núi phía Bắc, duyên hải miền Trung và Tây Nguyên [1]. Trượt lở đất là một dạng tai biến vừa có tính chất tiềm ẩn vừa có tính chất hiểm họa, gây rất nhiều thiệt hại lớn, những khó khăn bất lợi cho cuộc sống sinh hoạt của người dân [2]. Tai biến trượt lở khiến môi trường cảnh quan bị hủy hoại. Do đó, việc nghiên cứu và thành lập bản đồ nguy cơ tai biến trượt lở là nhu cầu cần thiết.

Lộc Ninh, một huyện vùng sâu thuộc tỉnh Bình Phước có địa hình đồi núi chiếm 1/3 diện tích khu vực, phân bố hầu hết ở giữa và mở rộng ra phía đông huyện Lộc Ninh, nơi cao nhất có độ cao 235 m [3]. Trong những năm gần đây diện tích rừng đang ngày càng suy giảm, nạn khai thác đất trái phép gia tăng, vào mua mưa nguy cơ xảy ra trượt lở đất ở vùng đồi núi rất cao. Nhằm giảm thiểu các thiệt hại do tai biến về trượt lở đất có thể gây ra cần phải có được các nghiên cứu đánh giá và xác lập các khu vực có nguy cơ trượt lở khác nhau. Từ đó là cơ sở cho quy hoạch và phòng tránh nguy cơ trượt lở đất ở địa bàn huyện Lộc Ninh.

Trên thế giới nghiên cứu trượt lở đất đã được thực hiện từ rất lâu, tại Việt Nam trong những năm gần đây cũng có rất nhiều công trình nghiên cứu và đánh giá tai biến trượt lở đất. Ngoài những nghiên cứu theo hướng truyền thống, hiện nay hướng ứng dụng Viễn thám (RS) và công nghệ GIS, RS trong nghiên cứu trượt lở cũng đang được quan tâm nhiều hơn với các nghiên cứu [1–2, 4–7]…, các nghiên cứu đều sử dung phương pháp phân tích thứ bậc của Saaty (AHP) để tính toán trọng số cho từng yếu tố thể hiện vai trò của chúng đối với nguy cơ trượt lở đất ở địa bàn nghiên cứu. GIS và RS đã được sử dụng như một công cụ quan trọng nhất để tính toán, tích hợp các yếu tố thành phần để xây dựng bản đồ nguy cơ trượt lở đất.

Tại địa bàn huyện Lộc Ninh hiện nay chưa có công trình nghiên cứu nào liên quan đến tai biến trượt lở đât. Mặc dù chưa có những hậu quả lớn gây ra do TLĐ ở địa bàn nghiên cứu, tuy nhiên việc xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ xảy ra TLĐ là cần thiết, sẽ hỗ trợ chính quyền địa phương trong công tác quy hoạch quản lý tài nguyên, môi trường và phòng tránh thiên tai trong đó có TLĐ, đặt biệt là vùng đồi núi.

## 2. Lãnh thổ và phương pháp nghiên cứu

### *2.1. Khái quát lãnh thổ*

Lộc Ninh có diện tích tự nhiên là 853,95 km² với địa hình đồi là chủ yếu, độ cao trung bình từ 70 m đến 220 m. Địa bàn huyện nằm trong vùng khí hậu nhiệt đới gió mùa cận xích đạo, ít gió bão có nền nhiệt cao, nhiệt độ trung bình khoảng 26–27°C, giống như các vùng khác ở khu vực Đông Nam bộ. Lượng mưa bình quân hàng năm biến động từ 2.045–2.325 mm. Mùa mưa diễn ra từ tháng 5–11, chiếm 85–90% tổng lượng mưa cả năm, tháng có lượng mưa lớn nhất 376 mm (tháng 7). Mùa khô từ cuối tháng 11 đến đầu tháng 5 năm sau, lượng mưa chỉ chiếm 10–15% tổng lượng mưa cả năm, tháng có lượng mưa ít nhất là tháng 2, 3. Nằm trong vùng có lượng bức xạ dồi dào, tổng số giờ nắng trong năm từ 2.400 – 2.500 giờ. Số giờ nắng trung bình trong ngày từ 6,2 – 6,6 giờ. Thời gian nắng nhiều nhất vào tháng 1, 2, 3, 4 và thời gian ít nắng nhất vào tháng 7, 8, 9 [8].

### *2.2. Dữ liệu nghiên cứu*

Các dữ liệu được sử dụng cho nghiên cứu đánh giá nguy cơ trượt lở đất huyện Lộc Ninh gồm có: (1) Các tài liệu về điều kiện tự nhiên, kinh tế–xã hội của huyện Lộc Ninh và tỉnh Bình Phước năm 2020, được thu thập từ UBND huyện và phòng Tài nguyên môi trường huyện Lộc Ninh; (2) Bản đồ địa hình file số với tỷ lệ 1:50.000 được thu thập tại sở TNMT tỉnh Bình Phước, bản đồ địa hình dạng file số được sử dụng trong giai đoạn xây dựng bản đồ phân bố mạng lưới thủy văn, tính toán mật độ chia cắt ngang địa hình, kết hợp với mô hình số độ cao (DEM) tính toán độ dốc, độ chia cắt sâu, hướng sườn; (3) Mô hình số độ cao (DEM) độ phân giải 12,5 m thu thập từ website https://search.asf.alaska.edu [9]; (4) Ảnh vệ tinh Landsat 8 độ phân giải 30 m thu thập ngày 28/01/2020 được sử dụng để xây dựng dữ liệu lớp phủ thực vật khu vực nghiên cứu, thông số ảnh Landsat 8 được thể hiện trong bảng 1, trong đó các kênh 3, 4, 5 sử dụng tính toán chỉ số thực vật (NDVI) [3]; (4) Bản đồ đất, hiện trạng sử dụng đất, dữ liệu mưa thu thập từ Sở Tài Nguyên và Môi Trường tỉnh Bình Phước.

**Bảng 1.** Thông số ảnh vệ tinh landsat 8.

| Vệ tinh | Kênh/Band | Bước sóng (micrometers) | Độ phân giải (meters) |
|---|---|---|---|
| LDCM Landsat8 bộ cảm OLI và TRIs | Kênh 1 – Costal aerosol (xanh tím) – quan sát vùng nước ven bờ và các hạt mịn | 0,433–0,453 | 30 |
| | Kênh 2 – Blue (xanh lơ) | 0,450–0,515 | 30 |
| | Kênh 3 – Green (xanh lục) | 0,525–0,600 | 30 |
| | Kênh 4 – Red (Đỏ) | 0,630–0,680 | 30 |
| | Kênh 5 – Near Infrered (NIR) – (Cận hồng ngoại) | 0,845–0,885 | 30 |
| | Kênh 6 – SWIR1 (Hồng ngoại sóng ngắn 1) | 1,560–1,660 | 30 |
| | Kênh 7 – SWIR2 (Hồng ngoại sóng ngắn 2) | 2,100–2,300 | 30 |
| | Kênh 8 – Panochromatic (Toàn sắc) | 0,500–0,600 | 15 |
| | Kênh 9 – Cirrus (Phát hiện mật độ, độ dày mây ti) | 1,360–1,390 | 30 |
| | Kênh 10 – Thermal Infrered (NIR) 1 (Hồng ngoại nhiệt 1) | 10,3–11,3 | 30 |
| | Kênh 11 – Thermal Infrered (NIR) 2 (Hồng ngoại nhiệt 2) | 11,5–12,5 | 30 |

### *2.3. Phương pháp nghiên cứu*

Phương pháp khảo sát thực địa: Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả đã triển khai nhiều đợt khảo sát. Trong các đợt khảo sát tại địa bàn nghiên cứu đã thực hiện các nhiệm vụ định vị các điểm trượt, vết trượt hiện trạng, quá khứ và ghi chép các đặc điểm và tính chất của các khối trượt, điểm trượt, vết trượt đồng thời tiến hành đo vẽ quy mô các điểm, khối trượt để hỗ trợ tính toán thể tích, khối lượng đất đá trượt

Phương pháp sử dụng ảnh viễn thám: Bài báo đã sử dụng nguồn ảnh thu nhận từ vệ tinh Landsat năm 2020 với độ phân giải là 30 m. Ảnh vệ tinh được sử dụng trong nghiên cứu để xác định các điểm trượt trong quá khứ, xây dựng bản đồ hiện trạng lớp phủ thảm thực vật theo chỉ số thực vật (NDVI). Bằng cách sử dụng ảnh Landsat 8 được tải miễn phí từ https://earthexplorer.usgs.gov, ảnh được thu nhận ngày 28/01/2020 (công thức 1).

$$NDVI = \frac{P_{NIR} - P_{RED}}{P_{NIR} + P_{RED}} \quad (1)$$

Trong đó $P_{NIR}$, $P_{RED}$ lần lượt là giá trị phản xạ phổ kênh cận hồng ngoại và kênh đỏ.

Khi đó, nếu NDVI > 0,5 thì pixel đó được coi là hoàn toàn bao phủ bởi thực vật (đối tượng thuần thực vật), độ che phủ thực vật bằng 1. Nếu NDVI ≤ 0,2 thì pixel đó được coi là hoàn toàn bao phủ bởi thổ nhưỡng (đối tượng thuần thổ nhưỡng), độ che phủ thực vật bằng 0. Nếu 0,2 < NDVI ≤ 0,5 thì độ che phủ thực vật được xác định theo công thức (4).

**Hình 1.** Sơ đồ nghiên cứu.

Phương pháp sử dụng GIS: Đây là phương pháp quan trọng và mang lại hiệu quả rất cao trong quá trình nghiên cứu, GIS có thể thiết kế bản đồ chuyên đề, CSDL phục vụ cho đánh giá nguy cơ TLĐ. Ngoài ra các modul của GIS có thể phân tích nội suy không gian tạo cơ sở cho việc xác định, phân vùng nguy cơ TLĐ. Trong bài báo này, nhóm tác giả đã sử dụng bộ phần mềm của hãng ESRI là AcrGIS 10.2 (phiên bản dùng thử) để tổng hợp các lớp thông tin thành phần như độ dốc, lượng mưa, thảm thực vật, … theo công thức (2) để xây dựng bản đồ nguy cơ TLĐ ở vùng nghiên cứu.

Từ các dữ liệu thu thập được, xây dựng từ các bản đồ thành phần dưới dạng raster và tích hợp thành lập bản đồ nguy cơ trượt lở theo công thức (1) [2, 4, 5, 8]:

$$\mathrm{LSI} = \sum_{j=1}^{n} WjXij \quad (2)$$

Trong đó LSI (*Landslide Susceptibility Index*) là chỉ số nhạy cảm trượt lở đất; $W_j$ là trọng số nhân tố thứ j; $X_{ij}$ là điểm số của lớp thứ i trong nhân tố gây trượt j.

Sau khi tính toán tiến hành kiển tra xem xét tỉ lệ nhất quán (*Consistency Ratio*). Nếu CR ≤ 0,1 (10%) kết quả sẽ được chấp nhận vì sự đánh giá của các chuyên gia tương đối nhất quán. Ngược lại, nếu CR > 10% sự đánh giá này không nhất quán, các phán đoán có phần ngẫu nhiên và cần tiến hành đánh giá, xem xét lại. Công thức (3) tính tỷ số nhất quán [1–2, 5]:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3)$$

Trong đó CI là chỉ số nhất quán (*Consistency Index*); RI là chỉ số ngẫu nhiên (*Random Index*) được xác định theo bảng giá trị có sẵn; Trong bài, do tỷ số nhất quán của các lớp thành phần CR = 0,1 (10%) nên kết quả được chấp thuận.

Phương pháp so sánh cặp (*AHP – Analytical Hiearchy Process*): Phương pháp Analytical Hierarchy Process (AHP) của Saaty dựa vào việc xây dựng ma trận "so sánh cặp" để lựa chọn các trọng số đã được khai thác sử dụng triệt để. Để định lượng hóa mức độ nhạy cảm phản ánh nguy cơ TLĐ, tiến hành tích hợp các chỉ tiêu theo công thức (2) (theo Patrono, et al., 1995) [1–2, 4–5].

**Bảng 2.** Thang tỉ lệ so sánh theo cặp (theo Saaty) [1–2].

| **ít quan trọng** | | | | | | **quan trọng hơn** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1/9 | 1/7 | 1/5 | 1/3 | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 |
| Ít cực độ | vô cùng ít | Rất ít | Ít vừa | Quan trọng bằng nhau | Quan trọng hơn | Quan trọng hơn nhiều | Quan trọng hơn rất nhiều | Cực kỳ quan trọng |

Ma trận so sánh cặp (AHP): Để phân cấp hai tiêu chuẩn Saaty (1970) đã phát triển một loại ma trận đặc biệt gọi là ma trận so sánh cặp [1–2, 4–5]. Những ma trận đặc biệt này được sử dụng để liên kết 2 tiêu chuẩn đánh giá theo một thứ tự của thang phân loại.

Trong quá trình nghiên cứu đã tham vấn ý kiến của một số chuyên gia (8 chuyên gia) liên quan đến các lĩnh vực nghiên cứu về địa chất, tai biến môi trường, GIS nhằm thu thập thông tin về ý kiến đánh giá so sánh giữa các yếu tố được đưa vào tính toán TLĐ, từ đó xây dựng được ma trận trọng số.

**Bảng 3.** Ma trận so sánh cặp giữa các yếu tố gây trượt lở.

| **Lớp thành phần** | **Độ dốc** (a) | **Lượng mưa** (b) | **Hướng sườn** (c) | **Đứt gãy sông suối** (d) | **Thổ nhưỡng** (e) | **Lớp phủ** (f) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| (a) | 1 | 3 | 3 | 3 | 6 | 9 |
| (b) | 1/3 | 1 | 5 | 3 | 4 | 7 |
| (c) | 1/3 | 1/5 | 1 | 2 | 2 | 5 |
| (d) | 1/3 | 1/3 | 1/2 | 1 | 6 | 5 |
| (e) | 1/6 | 1/4 | 1/2 | 1/6 | 1 | 3 |
| (f) | 1/9 | 1/7 | 1/5 | 1/5 | 1/3 | 1 |

Việc đánh giá mức độ nhạy cảm của các nhân tố trên thang điểm biểu thị sự ưu tiên của chúng một cách thích đáng đối với quá trình trượt lở đất. Trong đó, độ dốc sườn là nhân tố quan trọng bậc nhất ảnh hưởng đến trượt lở đất, do đó được cho 9 đểm. Các nhân tố còn lại, ứng với mức độ nhạy cảm đến khả năng gây ra tai biến trượt lở đất khác nhau được trình bày trên bảng 3. Để tính toán trọng số cho các thành phần sử dụng vector nguyên lý Eigen (có thể tính toán gần đúng vector nguyên lý Eigen bằng cách chia từng giá trị của mỗi cột cho tổng giá trị của từng cột) để thiết lập ma trận mới lúc này giá trị trung bình của hàng là trọng số cho mỗi nhân tố (Bảng 4) [2, 6].

**Bảng 4.** Ma trận xác định trọng số của các yếu tố.

| **Lớp thành phần** | **Độ dốc** (a) | **Lượng mưa** (b) | **Hướng sườn** (c) | **Đứt gãy** (d) | **Thổ nhưỡng** (e) | **Lớp phủ** (f) | **Trọng số** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (a) | 0,44 | 0,61 | 0,29 | 0,32 | 0,31 | 0,30 | 0,38 |
| (b) | 0,15 | 0,20 | 0,49 | 0,32 | 0,21 | 0,23 | 0,27 |
| (c) | 0,15 | 0,04 | 0,10 | 0,21 | 0,10 | 0,17 | 0,13 |

| Lớp thành phần | Độ dốc (a) | Lượng mưa (b) | Hướng sườn (c) | Đứt gãy (d) | Thổ nhưỡng (e) | Lớp phủ (f) | Trọng số |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (d) | 0,15 | 0,07 | 0,05 | 0,11 | 0,31 | 0,17 | 0,14 |
| (e) | 0,7 | 0,05 | 0,05 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,06 |
| (f) | 0,05 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 |
| Tổng | | | | | | | 1,00 |

## 3. Kết quả và thảo luận

### *3.1. Vai trò của các yếu tố*

Yếu tố độ dốc: Nghiên cứu sử dụng dữ liệu DEM sau đó sử dụng công cụ Slope của phần mềm ArcGIS tính toán ra được độ dốc, kết quả xây dựng bản đồ độ dốc (Bảng 5 và Hình 2b).

**Bảng 5.** Phân cấp ảnh hưởng của độ dốc.

| Cấp ảnh hưởng | Độ dốc (0) | Diện tích (ha) | Tỷ lệ (%) |
|---|---|---|---|
| 1 | 0 – 5 | 31339,33 | 36,70 |
| 2 | 5 – 15 | 49199,23 | 57,61 |
| 3 | 15 – 30 | 4744.20 | 5,55 |
| 4 | 30 – 45 | 110.69 | 0,13 |
| 5 | >45 | 1,55 | 0,002 |
| Tổng | | 85395 | 100,00 |

Yếu tố hướng sườn: Hướng sườn liên quan đến khả năng tiếp nhận ánh sáng mặt trời, gió và lượng mưa; từ đó ảnh hưởng gián tiếp đến các nhân tố khác gây ra trượt lở đất như độ ẩm đất, thảm phủ, tầng dày đất. Sử dụng DEM và công cụ Flow direction (hướng dòng chảy) của ArcGIS để có được các hướng phơi sườn phục vụ cho yêu cầu (hình 3a).

**Hình 2.** (a) Mô hình số độ cao DEM; (b) Bản đồ độ dốc.

Yếu tố lớp phủ: Thảm phủ thực vật và rừng có vai trò là lớp phủ che chắn và hạn chế sự xói mòn đất, rễ thực vật làm tăng độ kết dính trong đất (Bảng 6).

**Bảng 6.** Phân cấp ảnh hưởng của lớp phủ.

| Cấp ảnh hưởng | Lớp phủ | Diện tích (ha) | Tỷ lệ (%) |
|---|---|---|---|
| 0 | Mặt nước | 684,99 | 0,80 |
| 1 | Rừng | 6699,97 | 7,85 |
| 2 | Cây lâu năm | 10959,21 | 12,83 |
| 3 | Trảng cỏ, cây bụi,.. | 53159,32 | 62,25 |

| Cấp ảnh hưởng | Lớp phủ | Diện tích (ha) | Tỷ lệ (%) |
|---|---|---|---|
| 4 | Khu dân cư | 13364,02 | 15,65 |
| 5 | Đất trống | 527,49 | 0,62 |
| Tổng | | 85395 | 100 |

Bằng phương pháp phân loại không giám sát bằng phần mềm ENVI đã chia lãnh thổ nghiên cứu được theo 6 loại lớp phủ (mặt nước, rừng, cây lâu năm, trảng cỏ và cây bụi, cây nông nghiệp, dân cư, đất ít hoặc không có lớp phủ) (Hình 3b).

**Hình 3.** (a) Bản đồ hướng sườn; (b) Bản đồ thảm thực vật.

Thổ nhưỡng: Các loại đất chủ yếu ở địa bàn huyện như đất xám trên phù sa cổ, đất dốc tụ, đất nâu đỏ trên đá bazan, đất nâu vàng trên bazan, đất xám gley, trong đó đất nâu vàng trên phù sa cổ có diện tích lớn nhất là 36.627,78 ha chiếm 42,89% và đất xám gley có diện tích nhỏ nhất 278,24 ha chiếm 0,33% (Bảng 7 và Hình 4a).

**Bảng 7.** Phân cấp yếu tố thổ nhưỡng.

| Cấp ảnh hưởng | Loại đất | Diện tích (ha) | Tỷ lệ (%) |
|---|---|---|---|
| 1 | Đất dốc tụ | 3593,23 | 4,21 |
| 2 | Đất nâu đỏ trên đá bazan | 25212,06 | 29,52 |
| 2 | Đất nâu vàng trên đá bazan | 8690,00 | 10,18 |
| 3 | Đất nâu vàng trên phù sa cổ | 36627,78 | 42,89 |
| 4 | Đất xám gley | 278,24 | 0,33 |
| 5 | Đất xám trên phù sa cổ | 10993,68 | 12,87 |
| Tổng | | 85395 | 100 |

Lượng mưa: Mùa mưa là mùa phát sinh sạt lở đất mạnh nhất, thời gian mưa càng dài ngày và lượng mưa càng lớn thì dòng chảy mặt phát triển càng mạnh làm gia tăng hiện tượng sạt lở bờ sông. Bên cạnh đó, nước mưa cũng làm tăng tải trọng các khối đất đá trên các sườn dốc và làm giảm liên kết giữa chúng gây nên trượt lở đất. Dựa vào số liệu của 4 trạm đo mưa là Phước Long, Đồng Xoài (Bình Phước) và Tây Ninh, Gò Dầu (Tây Ninh) và công cụ nội suy trong phần mềm ArcMap thành lập được bản đồ mưa trung bình năm (Hình 4b).

**Bảng 8.** Phân cấp ảnh hưởng của đứt gãy sông suối.

| Cấp ảnh hưởng | Khoảng cách (km) | Diện tích (ha) | Tỷ lệ (%) |
|---|---|---|---|
| 5 | 1 | 28620,78 | 33,52 |
| 4 | 2 | 13434,90 | 15,73 |
| 3 | 3 | 10150,10 | 11,89 |
| 2 | 4 | 8720,95 | 10,21 |
| 1 | 5 | 24468,27 | 28,65 |
| Tổng | | 85395 | 100 |

**Hình 4.** (a) Bản đồ thổ nhưỡng; (b) Bản đồ lượng mưa; (c) Bản đồ mật độ đứt gãy; (d) Bản đồ nguy cơ trượt lở đất.

Mật độ đứt gãy: Sau khi số hoá, chuyển đổi đổi và tách lớp dữ liệu mặt nước thành lập được lớp dữ liệu sông suối của khu vực nghiên cứu (Hình 4c).

*3.2. Đánh giá nguy cơ trượt lở đất*

Đánh giá nguy cơ trượt lở đất dựa trên bản đồ nguy cơ trượt lở đất ở khu vực nghiên cứu, bản đồ được xây dựng dựa trên việc tích hợp 6 chỉ tiêu (bản đồ thành phần) và được raster với độ phân giải của pixel = 12.5×12.5 m. Dùng Raster calculator trong phần mềm ArcGIS. Chỉ số nguy cơ trượt lở đất (LSI) được tính như sau [1–2, 5–7].

$$LSI = 0.38 * SD_{dodoc} + 0.27 * SD_{luongmua} + 0.13 * SD_{huongsuon} + 0.14 * SD_{dutgay} + 0.06 * SD_{thonhuong} + 0.03 * SD_{lopph}$$

Sau khi tính toán ta thành lập được bản đồ nguy cơ trượt lở đất khu vực nghiên cứu và tiến hành phân cấp nguy cơ trượt lở đất ta được bản đồ nguy cơ trượt lở khu vực nghiên cứu bằng cách sử dụng công thức 4:

$$\Delta_{LSI} = \frac{LSI_\max - LSI_min}{n} \quad (4)$$

Sử dụng $\Delta_{LSI}$ làm bước nhảy ta chia giá trị thành 5 khoảng gồm các cấp độ rất thấp, thấp, trung bình, cao và rất cao.

Từ bảng 9 và hình 4d cho thấy vùng có nguy cơ trượt lở rất thấp và thấp chiếm phần lớn diện tích khu vực. Trong đó khu vực có nguy cơ trượt lở đất rất thấp chiếm 24.719,81 ha (chiếm 28,95%), nguy cơ trượt lở thấp 28.889,21 ha (chiếm 33,83%), nguy cơ trượt lở trung bình là 5.751,43 ha (chiếm 6,74%), khu vực có nguy cơ trượt lở cao là 20.660,45 ha (chiếm 24,19%) và rất cao là 5.375,09 ha (chiếm 6,29%).

**Bảng 9.** Diện tích các cấp trượt lở.

| STT | Khả năng trượt lở | Diện tích (ha) | Phần trăm (%) |
|---|---|---|---|
| 1 | Rất thấp | 24718,81 | 28,95 |
| 2 | Thấp | 28889,21 | 33,83 |
| 3 | Trung Bình | 5751,43 | 6,74 |

| STT | Khả năng trượt lở | Diện tích (ha) | Phần trăm (%) |
|---|---|---|---|
| 4 | Cao | 20660,45 | 24,19 |
| 5 | Rất cao | 5375,09 | 6,29 |
| Tổng | | 85.395 | 100,00 |

## 4. Kết luận

Việc sử dụng GIS và phương pháp thứ bậc (AHP) trong đánh giá nguy cơ trượt lở đất cho phép đánh giá một cách hiệu quả, khách và mang tính đại diện hơn. Trong nghiên cứu này, có 6 yếu tố chính được sử dụng. Tuy nhiên, tác động những yếu tố đó ảnh hưởng đến quá trình trượt lở đất là khác nhau, thứ nguyên của các yếu tố cũng không giống nhau. Việc kết hợp các yếu tố không đồng nhất thứ nguyên kể trên là một ưu điểm của phương pháp.

Nghiên cứu đã xác định được những khu vực có nguy cơ xảy ra TLĐ và xây dựng được bản đồ nguy cơ trượt lở đất, đây là cơ sở để huyện Lộc Ninh xây dựng kế hoạch cũng như các giải pháp phòng tránh. Do hạn chế về thời gian, nên nghiên cứu chỉ mới sử dụng 06 yếu tố chính, trong các nghiên cứu tiếp theo cần bổ sung thêm những yếu tố khác để xác định được kết quả có tính thực tế hơn.

**Đóng góp của tác giả:** Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: N.H.A., N.T.K.; Điều tra, khảo sát, phân tích số liệu: N.T.K., T.M.H., N.V.A.; Viết bản thảo bài báo: N.H.A., N.T.K.; Chỉnh sửa bài báo: N.H.A.

**Lời cam đoan:** Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

**Tài liệu tham khảo**

1. Tuấn, T.A.; Dần, N.T. Nghiên cứu nhạy cảm và phân vùng nguy cơ trượt – lở đất khu vực hồ thuỷ điện Sơn La theo phương pháp phân tích cấp bậc Saaty. *Tạp chí các Khoa học về Trái đất* **2012**, *34(3),* 223–232.
2. Anh, N.H. Tích hợp GIS, viễn thám và phương pháp phân tích thứ bậc Saaty (AHP) nghiên cứu trượt lở đất ở huyện Phú Lộc, tỉnh Thừa Thiên Huế. *Tạp chí khoa học, Đại học Huế – chuyên san Khoa học Trái đất và Môi trường* **2015**, *13(4).*
3. Hội khảo sát địa chất Hoa Kỳ. Online avaliable: http://earthexplorer.usgs.gov.
4. Hà, T.T. Nghiên cứu địa mạo phục vụ giảm nhẹ thiệt hại do tai biến trượt lở đất, lũ bùn đá ở tỉnh Lào Cai. Luận án Tiến sỹ, Đại học Quốc gia Hà Nội, 2010.
5. Thạch, N.N. Áp dụng viễn thám và hệ thông tin địa lý (GIS) để nghiên cứu và dự báo tai biến thiên nhiên ở tỉnh Hòa Bình. Báo cáo tổng kết đề tài Nghiên cứu Khoa học, Đại học Quốc gia Hà Nội, 2002.
6. Ngọc, Đ.M.; Thùy, Đ.T.; Đức, Đ.M. 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, Đại học Quốc gia Hà Nội: chuyên san các Khoa học về Trái đất và Môi trường* **2016**, *32(2S),* 206–216.
7. Hà, Đ.T.; Trang, B.T.T.; Thành, N.K. Nghiên cứu xây dựng bản đồ nguy cơ sạt lở đất cho huyện Văn Yên, tỉnh Yên Bái. *Tạp chí Khoa học học và công nghệ Việt Nam tập,* **2019**, *61(3).*
8. UBND tỉnh Bình Phước. Địa chí Bình Phước, tập 1. NXB Chính trị Quốc gia – sự thật, Hà Nội, 2015.
9. Alaska Satellite Facility, Geophysical Institute, University of Alaska Fairbanks. Dữ liệu DEM Online avaliable : https://search.asf.alaska.edu.

# Studying landslide hazards in Loc Ninh district, Binh Phuoc province, using GIS and the analytic hierarchy process (AHP)

**Nguyen Huy Anh[1*], Nguyen Trung Kien[1], Tran My Hao[1]**

[1] Ho Chi Minh University of Natural Resources and Environment;
anhnh@hcmunre.edu.vn; tranhao_tnmt@yahoo.com

**Abstract:** The goal of this research is to use AHP and GIS technologies to create a landslide risk map in the Loc Ninh district of Binh Phuoc province. According to the findings, landslide risk is divided into five levels: very low, with an area of 24,718,81 ha accounting for 28.95 percent; low risk, with an area of 28,889.21 hectares accounting for 62.78 percent of the total area of Loc Ninh district; moderate risk, with 5,751.43 hectares accounting for 6.74 percent; high risk, with 20,660.45 hectares accounting for 24.19 percent; very high risk, with 5,375 hectares.

**Keywords:** Landslide; Analytic Hierarchy Process; GIS; Remote sensing; Loc Ninh District.