

Nghiên cứu xây dựng bản đồ nguy cơ sạt lở đất cho huyện Văn Yên, tỉnh Yên Bái

Đặng Thị Hà, Bùi Thị Thu Trang*, Nguyễn Khắc Thành

Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

Ngày nhận bài 5/6/2018; ngày chuyển phản biện 12/6/2018; ngày nhận phản biện 16/7/2018; ngày chấp nhận đăng 31/7/2018

Tóm tắt:

Văn Yên là một huyện miền núi thuộc tỉnh Yên Bái chịu nhiều ảnh hưởng của thiên tai, đặc biệt là mưa lớn gây ra sạt lở đất (SLĐ). Điều kiện địa hình Văn Yên phức tạp cùng với sự thất thường của thời tiết đã tạo điều kiện cho SLĐ xảy ra khi xuất hiện mưa lớn. Bài báo sử dụng phương pháp tích hợp mô hình thứ bậc AHP (Analytic Hierarchy Process) được tích hợp trong phần mềm ArcGIS để xây dựng bản đồ nguy cơ SLĐ cho huyện Văn Yên, tỉnh Yên Bái. Kết quả nghiên cứu cho thấy khu vực có nguy cơ SLĐ cao và rất cao chiếm 21% tổng diện tích toàn huyện, tập trung cao ở các xã Phong Dụ Thượng, Mỏ Vàng, Đại Sơn, Nà Hẩu, Lang Thíp, Lâm Giang, An Bình, Quang Minh, Viễn Sơn, Xuân Tầm và Ngòi A. Kết quả nghiên cứu này có thể phục vụ cho công tác quy hoạch, phòng tránh và giảm thiểu các thiệt hại do SLĐ ở huyện Văn Yên.

Từ khóa: bản đồ nguy cơ SLĐ, huyện Văn Yên, SLĐ.

Chỉ số phân loại: 1.7

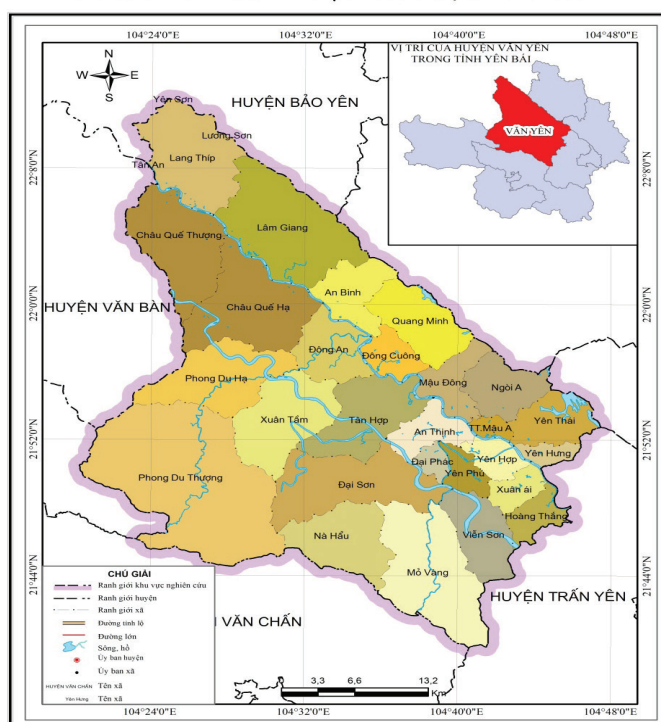
Đặt vấn đề

Huyện Văn Yên (hình 1) là một huyện miền núi thuộc tỉnh Yên Bái, nằm giữa vùng chuyển giao giữa Đông Bắc

và Tây Bắc. Văn Yên thuộc khí hậu nhiệt đới ẩm gió mùa, lượng mưa hàng năm lớn (trung bình 2.200-2.400 mm), độ cao trung bình từ 300 đến 700 m, độ dốc địa hình tương đối lớn (15-25°), nhiệt độ trung bình năm từ 22 đến 24°C. Điều này tạo điều kiện thuận lợi cho việc hình thành SLĐ mỗi khi mùa mưa đến (xem thống kê tại bảng 1).

Bảng 1. Thống kê hiện trạng sạt lở trên địa bàn các huyện tỉnh Yên Bái [1].

Huyện	Tổng số điểm trượt	Số điểm trượt phân loại theo quy mô khối trượt				
		Nhỏ	Trung bình	Lớn	Rất lớn	Đặc biệt lớn
Thành phố Yên Bái	42	21	6	8	7	
Thị xã Nghĩa Lộ	14	7	0	4	2	1
Lục Yên	240	120	67	30	20	3
Mù Căng Chải	573	287	171	82	31	2
Trạm Tấu	153	77	36	29	11	0
Trần Yên	100	50	26	20	4	0
Văn Chấn	298	149	86	47	16	0
Văn Yên	598	299	150	103	45	1
Yên Bình	308	155	38	62	51	2
Tổng	2.326	1.165	580	385	187	9



Hình 1. Phạm vi khu vực nghiên cứu.

*Tác giả liên hệ: thutrang.hunre@gmail.com

Research on building the landslide risk map of Van Yen district, Yen Bai province

Thi Ha Dang, Thi Thu Trang Bui*, Khắc Thanh Nguyen

Hanoi University of Natural Resource and Environment

Abstract:

Van Yen, a mountainous district of Yen Bai province, is often affected by natural disasters, especially heavy rain causing landslides. Van Yen's complex topographic conditions as well as erratic weather conditions facilitate landslides when heavy rain occurs. This article uses the Analytic Hierarchy Process (AHP) methodology integrated into ArcGIS software to develop the risk maps for Van Yen district, Yen Bai province. The results show that the area at high risk of landslides is very large and accounts for 21% of the total area of the district, concentrating in the communes of Phong Du Thuong, Mo Vang, Dai Son, Na Hau, Lang Thip, Lam Giang, An Binh, Quang Minh, Vien Son, Xuan Tam, and Ngoi A. The research results can be used for planning, preventing and minimizing damages caused by landslides in Van Yen district.

Keywords: landslide, risk map of landslides, Van Yen district.

Classification number: 1.7

Theo thống kê thiệt hại do thiên tai của huyện Văn Yên năm 2017, trong đợt mưa rừng sáng 6/8/2017 đã gây ra lũ quét và SLĐ làm 1 người dân bị chết và 4 người bị thương, 4 nhà ở bị sập đổ hoàn toàn, 54 nhà bị hư hỏng, 23 hộ phải di dời người và tài sản ra khỏi khu vực có nguy cơ ngập lụt và SLĐ. Nhiều tuyến đường giao thông liên xã, liên thôn bị sạt lở, với hàng chục nghìn m³ đất đá gây ách tắc giao thông, ảnh hưởng đến việc đi lại của người dân như tuyến đường Đại Sơn - Nà Hấu, Dụ Hạ - Xuân Tâm, Yên Thái - Yên Hưng - Ngòi A - Quang Minh... Ước tổng thiệt hại kinh tế hàng chục tỷ đồng [2].

Những thiệt hại trên là rất lớn đối với một huyện nghèo như Văn Yên. Ngoài ra, SLĐ còn gây những thiệt hại gián tiếp về môi trường, đặc biệt nó mang tính hủy diệt nên đã tác động xấu đến tâm lý của đồng bào các dân tộc ở những nơi xảy ra SLĐ. Để giải quyết vấn đề này, chúng tôi đã tiến hành xây dựng bản đồ dự báo khu vực có nguy cơ SLĐ cho huyện

Văn Yên nhằm phục vụ cho công tác quy hoạch, giảm thiểu các tác động do SLĐ gây ra.

Phương pháp nghiên cứu

Cơ sở dữ liệu

Dữ liệu phục vụ cho việc thành lập bản đồ SLĐ huyện Văn Yên bao gồm:

- Dữ liệu bản đồ địa hình tỉnh Yên Bái, tỷ lệ 1:740.000.
- Bản đồ phân bố lượng mưa hàng năm của tỉnh Yên Bái, tỷ lệ 1:740.000.
- Bản đồ phân bố đất tỉnh Yên Bái, tỷ lệ 1:740.000.
- Bản đồ lớp phủ tỉnh Yên Bái, tỷ lệ 1:740.000.

Các dữ liệu bản đồ được thu thập từ Dự án Greater Mekong subregion (GMS) corridor connectivity enhancement project (SC 108536 VIE) - mountainous road (NH279 and PR175) [3].

Số liệu lượng mưa được thu thập từ Báo cáo về khí tượng thủy văn tỉnh Yên Bái năm 2015 của Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn tỉnh Yên Bái với 5 trạm khí tượng: Yên Bái, Nghĩa Lộ, Lục Yên, Mù Cang Chải, Bắc Hà. Do khu vực nghiên cứu không có trạm khí tượng nên nghiên cứu sử dụng số liệu khí tượng (lượng mưa) ở các trạm xung quanh huyện Văn Yên để nội suy ra bản đồ lượng mưa huyện Văn Yên. Việc nội suy dựa vào công cụ sẵn có trong ArcGIS 10 và có xét đến sự phân hóa địa hình thông qua bản đồ mô hình số độ cao (DEM) tỷ lệ 1:50.000, hoàn lưu khí quyển [4].

Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp phân tích thứ bậc (AHP): phương pháp AHP do tác giả T.L. Saaty (1980) nghiên cứu và sau đó phát triển từ những năm 80. AHP là phương pháp mà nhờ đó người quyết định có thể đưa ra quyết định cuối cùng hợp lý nhất. T.L. Saaty đã đưa ra bảng phân loại mức độ quan trọng của các chỉ tiêu như bảng 2 [5].

Bảng 2. Thang điểm so sánh mức độ quan trọng của các chỉ tiêu (các giá trị trung gian là 1/2, 1/4, 1/6, 1/8, 2, 4, 6, 8 [5]).

<< Kém quan trọng hơn				Quan trọng hơn>>				
1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Kém quan trọng hơn rất nhiều	Kém quan trọng hơn rất nhiều	Kém quan trọng hơn nhiều	Kém quan trọng hơn	Quan trọng bằng nhau	Quan trọng hơn	Quan trọng hơn nhiều	Quan trọng hơn rất nhiều	Quan trọng hơn rất nhiều

Các bước tiến hành AHP:

- Bước 1: phân tích vấn đề và xác định lời giải yêu cầu.

- Bước 2: xác định các yếu tố sử dụng và xây dựng cây phân cấp yếu tố.

- Bước 3: điều tra thu thập ý kiến chuyên gia về mức độ ưu tiên.

- Bước 4: thiết lập ma trận so sánh cặp.

- Bước 5: tính toán trọng số cho từng mức, từng nhóm yếu tố.

- Bước 6: tính tỷ số nhất quán (CR). Tỷ số nhất quán phải $\leq 10\%$, nếu lớn hơn, thực hiện lại các bước 3, 4, 5.

- Bước 7: thực hiện bước 3, 4, 5, 6 cho tất cả các mức và các nhóm yếu tố.

- Bước 8: tính toán trọng số tổng hợp và nhận xét.

Tỷ số nhất quán CR được dùng để xác định mức độ không nhất quán của các nhận định trong phương pháp AHP. Tỷ số nhất quán CR được tính theo công thức:

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

Sử dụng phương pháp tính ma trận trọng số AHP bằng hệ thống CGI cho kết quả trọng số của các yếu tố và chỉ số nhất quán CI. RI là chỉ số ngẫu nhiên và nó phụ thuộc vào số tiêu chí được so sánh (bảng 3).

Bảng 3. Phân loại chỉ số ngẫu nhiên RI.

n	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Sau khi tính toán được trọng số của các chỉ tiêu, tiến hành tổng hợp để có được chỉ số thích hợp của từng yếu tố.

Ở Việt Nam, phương pháp này đã được áp dụng có hiệu quả cao thông qua một số kết quả nghiên cứu về SLĐ được tiến hành ở một số khu vực như Hà Giang [6], Quảng Trị [7], thủy điện Sơn La [8].

Phương pháp tích hợp kết quả phân tích AHP vào phần mềm ArcGIS để xây dựng bản đồ nguy cơ SLĐ: sau khi phân cấp và tính trọng số của các yếu tố thì việc tích hợp chúng sẽ cho biết chỉ số nhạy cảm SLĐ. Để định lượng hóa mức độ nhạy cảm phản ánh nguy cơ SLĐ, nhóm nghiên cứu tiến hành tích hợp các chỉ tiêu theo công thức (2).

$$LSI = \sum_{j=1}^n M_j W_{ij} \quad (2)$$

Trong đó: LSI (Landslide Susceptibility Index) là chỉ số nhạy cảm SLĐ; M_j là trọng số của nhân tố thứ j ; W_{ij} là điểm số của lớp thứ i trong nhân tố gây trượt j .

Việc tích hợp AHP vào GIS thông qua công thức (2) được tác giả liên kết và tính toán bằng công cụ Raster Calculator của phần mềm ArcGIS 10.3.3.

Sau khi phân cấp và tính trọng số của các chỉ tiêu thì việc

tích hợp chúng sẽ cho ta chỉ số nhạy cảm về SLĐ. Việc tích hợp tuyến tính được thực hiện theo công thức (3).

$$LSI = (\text{Độ dốc}) * 0,17 + (\text{Độ cao}) * 0,36 + (\text{Lớp phủ}) * 0,055 + (\text{Loại đất}) * 0,055 + (\text{Lượng mưa}) * 0,36 \quad (3)$$

Kết quả đánh giá nguy cơ SLĐ tại huyện Văn Yên được tính bằng cách sử dụng Raster calculator trong ArcGIS 10.3.3. Kết quả được tính toán cho mỗi ô pixel với kích thước 278,829 x 278,829 m.

Sau khi tính được giá trị LSI của khu vực nghiên cứu biến thiên từ 1,13 đến 3,34, suy ra, $LSI_{\min}$ là 1,13 và $LSI_{\max}$ là 3,34. Để tính khoảng cách giữa các cấp sử dụng công thức (4).

$$\Delta LSI = (3,34 - 1,13)/5 = 0,442 \quad (4)$$

Kết quả nghiên cứu

Xây dựng trọng số AHP

Dựa vào các tài liệu, số liệu thu thập được và điều kiện tự nhiên khu vực nghiên cứu, nhóm tác giả tập trung phân tích, so sánh 5 yếu tố ảnh hưởng đến SLĐ, bao gồm: độ dốc, độ cao, lượng mưa, lớp phủ và loại đất để xây dựng bản đồ nguy cơ SLĐ huyện Văn Yên, tỉnh Yên Bái.

Qua việc phân tích, lựa chọn các yếu tố gây ra SLĐ và mức độ quan trọng của các nhân tố trong hệ thống, trên cơ sở tổng hợp ý kiến của các chuyên gia, nhóm nghiên cứu đã lựa chọn thang điểm đánh giá như bảng 4.

Bảng 4. Thang điểm các yếu tố thành phần.

Yếu tố	Độ dốc	Độ cao	Lớp phủ	Loại đất	Lượng mưa
Điểm số	5	7	3	3	7

Sử dụng phương pháp tính trọng số AHP bằng hệ thống CGI, kết quả được thể hiện trong bảng 5.

Bảng 5. Trọng số của các yếu tố thành phần.

	Độ dốc	Độ cao	Lớp phủ	Loại đất	Lượng mưa	Trọng số
Độ dốc	1	1/3	5	5	1/3	0,17
Độ cao	3	1	7	7	1	0,36
Lớp phủ	1/5	1/7	1	1	1/7	0,055
Loại đất	1/5	1/7	1	1	1/7	0,055
Lượng mưa	3	1	7	7	1	0,36

Với $CI = 0,02$, $RI = 1,12$, $CR = 0,018$ nhỏ hơn 10% . Vì vậy, có thể tiến hành xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ SLĐ cho khu vực nghiên cứu.

Xây dựng bản đồ yếu tố thành phần

Bản đồ độ dốc: độ dốc địa hình có vai trò quan trọng quyết định tới sự hình thành và phát triển sạt lở. Độ dốc

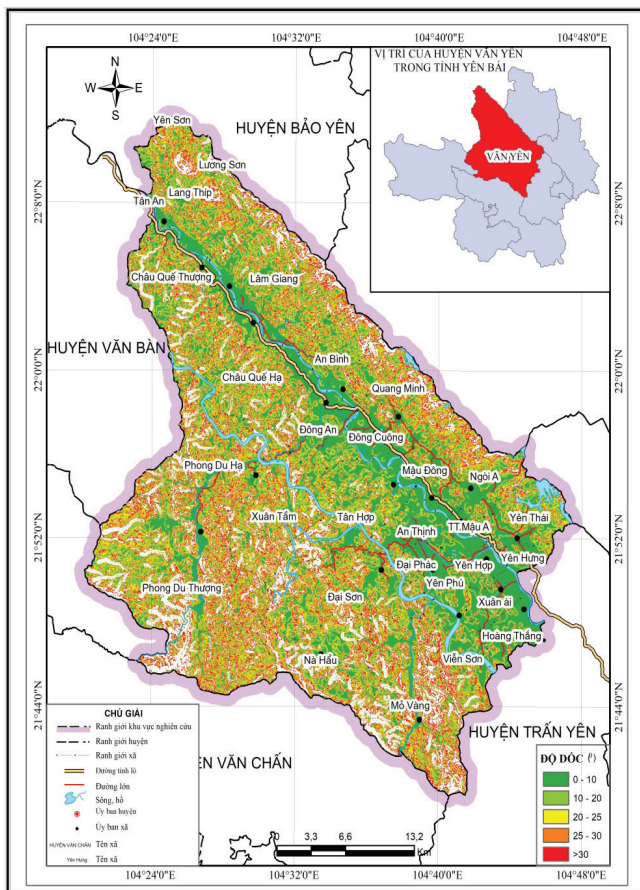
càng lớn thì mức độ ổn định của sườn càng nhỏ và ngược lại, khi độ dốc bằng không thì sẽ không có sạt lở.

Bản đồ độ dốc được xây dựng từ mô hình số độ cao DEM. Sau đó, tiến hành phân thành 5 cấp theo khoảng độ dốc tăng dần, nghĩa là độ dốc càng lớn thì nguy cơ xảy ra SLĐ càng cao (bảng 6, hình 2).

Bảng 6. Phân cấp ảnh hưởng của độ dốc đến hình thành SLĐ.

Phân cấp	Nguy cơ SLĐ	Độ dốc (°)	Diện tích (km ²)	Tỷ lệ (%)
1	Rất thấp	0-10	384,788	27,65
2	Thấp	10-20	298,926	21,48
3	Trung bình	20-25	282,425	20,3
4	Cao	25-30	286,076	20,6
5	Rất cao	>30	139,325	9,97
		Tổng	1.391,54	100

BẢN ĐỒ ĐỘ DỐC HUYỆN VĂN YÊN, TỈNH YÊN BÁI



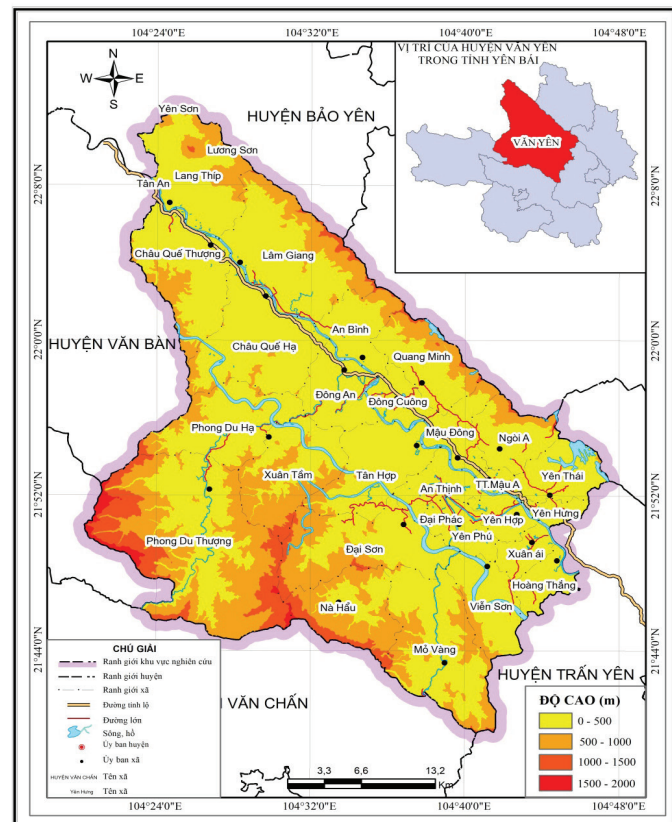
Hình 2. Bản đồ phân bố độ dốc.

Bản đồ độ cao: độ cao là yếu tố rất quan trọng tạo nên độ dốc của khu vực, độ cao càng lớn thì tạo nên độ dốc càng lớn. Độ cao càng lớn nguy cơ SLĐ càng cao (bảng 7, hình 3).

Bảng 7. Phân cấp ảnh hưởng của độ cao tới hình thành SLĐ.

Phân cấp	Nguy cơ SLĐ	Độ cao (m)	Diện tích (km ²)	Tỷ lệ (%)
1	Thấp	0-500	1.000,7	71,9
2	Trung bình	500-1.000	316,86	22,8
3	Cao	1.000-1.500	66,1	4,7
4	Rất cao	1.500-2.000	7,88	0,6
		Tổng	1391,54	100

BẢN ĐỒ ĐỘ CAO HUYỆN VĂN YÊN, TỈNH YÊN BÁI



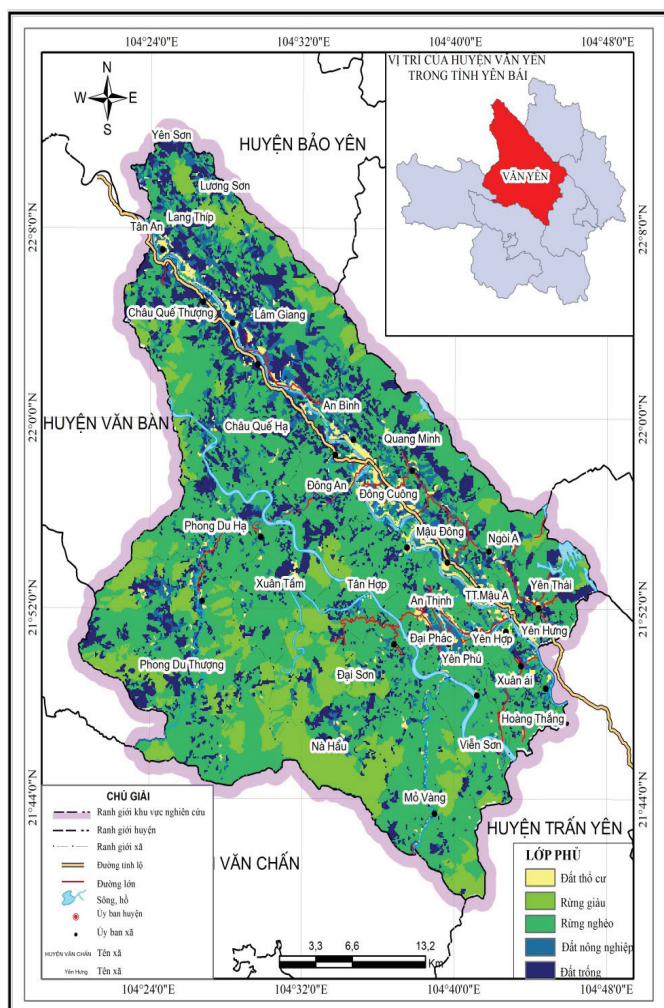
Hình 3. Bản đồ phân bố độ cao.

Bản đồ 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. Thảm phủ thực vật và rừng hạn chế quá trình SLĐ (bảng 8, hình 4).

Bảng 8. Phân cấp ảnh hưởng của lớp phủ đến hình thành SLĐ.

Phân cấp	Nguy cơ SLĐ	Loại lớp phủ	Diện tích (km ²)	Tỷ lệ (%)
1	Rất thấp	Đất thổ cư	51,67	3,7
2	Thấp	Rừng giàu	197,4	14,2
3	Trung bình	Rừng nghèo	809,9	58,2
4	Cao	Đất nông nghiệp	119,3	8,5
5	Rất cao	Đất trống	213,27	15,4
		Tổng	1.391,54	100

BẢN ĐỒ LỚP PHỦ HUYỆN VĂN YÊN, TỈNH YÊN BÁI



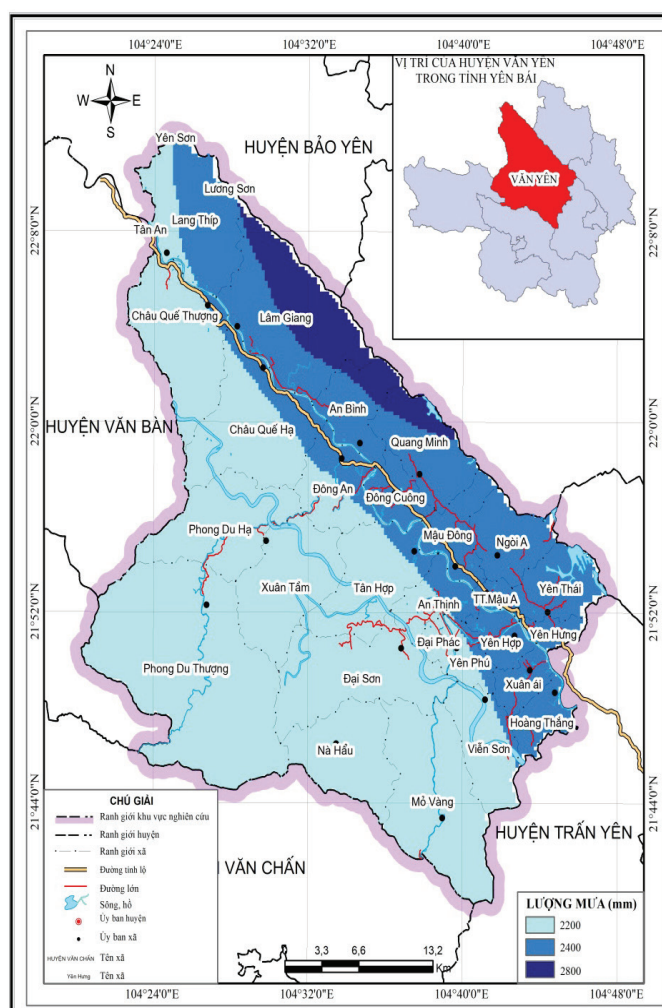
Hình 4. Bản đồ phân bố lớp phủ.

Bản đồ lượng mưa: mưa chính là yếu tố quan trọng nhất dẫn đến hiện tượng SLĐ. Bản đồ lượng mưa trung bình năm được thành lập bằng việc nội suy giá trị lượng mưa trung bình năm của các trạm đo mưa và đường đẳng trị mưa trung bình năm (bảng 9, hình 5).

Bảng 9. Phân cấp ảnh hưởng của lượng mưa tới hình thành SLĐ.

Phân cấp	Nguy cơ SLĐ	Lượng mưa (mm)	Diện tích (km ²)	Tỷ lệ (%)
1	Thấp	2.200	898,09	64,5
2	Trung bình	2.400	421,6	30,3
3	Cao	2.800	71,85	5,2
		Tổng	1.391,54	100

BẢN ĐỒ LƯỢNG MƯA HUYỆN VĂN YÊN, TỈNH YÊN BÁI



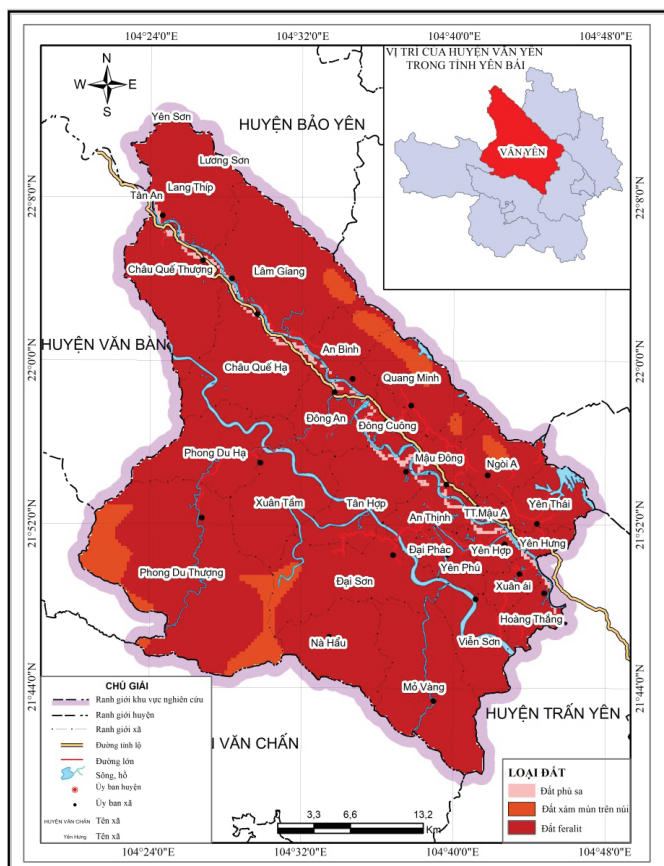
Hình 5. Bản đồ phân bố lượng mưa.

Bản đồ loại đất: đất là yếu tố liên quan chủ yếu đến sự hình thành của SLĐ. Loại đất có tính thấm thấp và tính liên kết của đất không tốt sẽ tạo điều kiện thuận lợi cho SLĐ mỗi khi xuất hiện mưa lớn (bảng 10, hình 6).

Bảng 10. Phân cấp ảnh hưởng của loại đất đến hình thành SLĐ.

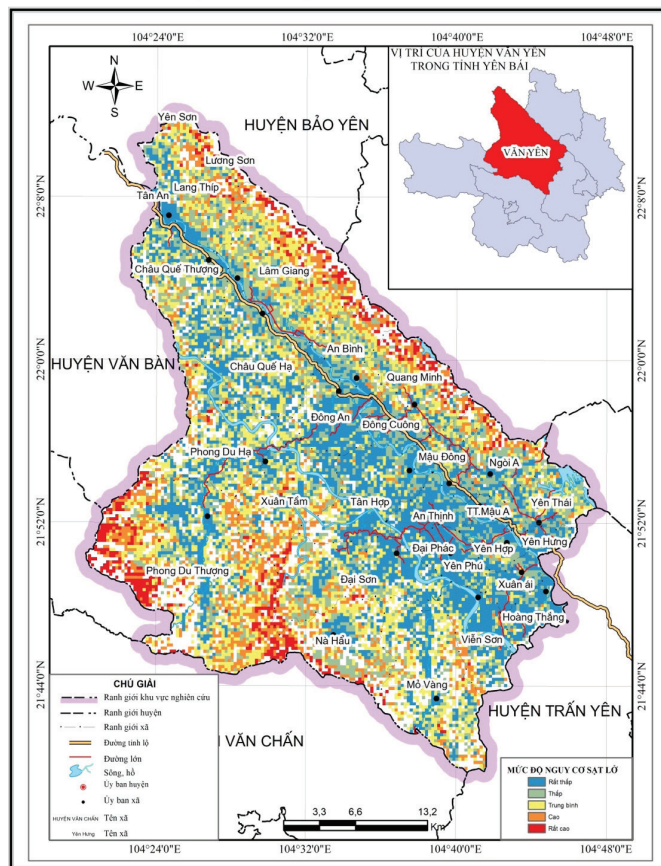
Phân cấp	Nguy cơ SLĐ	Loại đất	Diện tích (km ²)	Tỷ lệ (%)
1	Thấp	Đất phù sa	20,5	1,5
2	Trung bình	Đất xám mùn trên núi	238,4	17,1
3	Cao	Đất feralit	1.132,64	81,4
		Tổng	1.392,54	100

BẢN ĐỒ LOẠI ĐẤT HUYỆN VĂN YÊN, TỈNH YÊN BÁI



Hình 6. Bản đồ phân bố loại đất.

BẢN ĐỒ SẠT LỖ HUYỆN VĂN YÊN, TỈNH YÊN BÁI



Hình 7. Bản đồ phân vùng SLĐ.

Thành lập bản đồ nguy cơ SLĐ: kết quả phân cấp bản đồ nguy cơ SLĐ giá trị số được phân ra 5 cấp nguy cơ SLĐ với diện tích các cấp tương ứng cho toàn vùng nghiên cứu được thể hiện ở bảng 11.

Bảng 11. Phân cấp diện tích lãnh thổ huyện Văn Yên theo nguy cơ SLĐ.

Phân cấp	Mức tiềm năng	Khoảng cách điểm	Diện tích (km ²)	Tỷ lệ (%)
1	Rất thấp	1,13-1,572	501,61	36,1
2	Thấp	1,572-2,014	98,92	7,1
3	Trung bình	2,014-2,456	479,07	35,8
4	Cao	2,456-2,898	218,76	15,7
5	Rất cao	2,898-3,34	93,18	5,3
Tổng			1.391,54	100

Từ kết quả bảng 11 cho thấy, tỷ lệ nguy cơ SLĐ cao và rất cao chiếm 21% diện tích lãnh thổ huyện Văn Yên, trong đó nguy SLĐ cao chiếm 5,3%. Bản đồ SLĐ của huyện Văn Yên được xây dựng thể hiện trên hình 7.

Từ bản đồ nguy cơ sạt lở cho thấy:

- Khu vực có tiềm năng sạt lở rất cao chiếm 5,3%, thuộc các xã Phong Dụ Thượng, Đại Sơn, Nà Hẩu, Lang Thíp, Lâm Giang, An Bình, Quang Minh và Ngòi A. Đây cũng là những khu vực tập trung độ dốc cao (trung bình 20°), độ cao từ 500 m, lượng mưa trung bình 2.000 mm, loại đất khu vực nguy cơ sạt lở rất cao chủ yếu là đất xám mùn trên núi cao và lớp phủ thực vật còn mỏng.

- Khu vực có tiềm năng sạt lở cao chiếm 15,7% diện tích, tập trung tại nhiều xã như Đại Sơn, Phong Dụ Thượng, Xuân Tầm, Mỏ Vàng, Nà Hẩu, Viễn Sơn và các xã giáp ranh các huyện Bảo Yên (Lào Cai) và huyện Lục Yên.

- Khu vực có tiềm năng sạt lở trung bình chiếm diện tích tương đối lớn trong huyện, lên tới 35,8%.

- Khu vực có tiềm năng sạt lở thấp: phân bố rất ít, chủ yếu ở các vùng có độ dốc thấp, chiếm 7,1% diện tích của huyện.

- Khu vực có tiềm năng SLĐ rất thấp: là phần diện tích còn lại, chiếm 36,1%.

Thực tế quá trình điều tra và các báo cáo thống kê thiên

tại huyện Văn Yên cũng cho thấy: các điểm xảy ra sạt lở đều nằm trong vùng có nguy cơ sạt lở ở cấp cao và rất cao. Các xã xảy ra sạt lở chủ yếu là Phong Dụ Thượng, Xuân Tâm, Đại Sơn, Nà Hẩu, Lang Thíp, Lâm Giang, An Bình, Quang Minh và Ngòi A. Các xã này nằm trong khu vực có độ dốc cao và độ cao cao từ 500 m trở lên.

Kết luận

Nghiên cứu đã xây dựng được bản đồ SLĐ cho địa bàn huyện Văn Yên nhờ việc tích hợp mô hình phân tích thứ bậc vào GIS. Các lớp thông tin sử dụng để xây dựng bản đồ nguy cơ SLĐ huyện Văn Yên tỷ lệ 1:330.000 bằng phương pháp sử dụng mô hình AHP chạy trong GIS khá đồng bộ về cả nội dung và tỷ lệ bản đồ cho phép đảm bảo độ tin cậy.

Sử dụng phương pháp AHP đã đánh giá được mức độ ảnh hưởng của 5 yếu tố: độ dốc, độ cao, lượng mưa, lớp phủ, loại đất đến SLĐ huyện Văn Yên với trọng số tương ứng: 0,17; 0,36; 0,36; 0,055; 0,055.

Bản đồ nguy cơ SLĐ huyện Văn Yên tỷ lệ 1:330.000 được chia thành 5 cấp nguy cơ: rất thấp (1,13-1,572) chiếm 36,1%, thấp (1,572-2,014) chiếm 7,1%, trung bình (2,014-2,456) chiếm 35,8%, cao (2,456-2,898) chiếm 15,7%, rất cao (2,898-3,34) chiếm 5,3%. Các xã điển hình có nguy cơ xảy ra SLĐ cao và rất cao là Phong Dụ Thượng, Mỏ Vàng, Đại Sơn, Nà Hẩu, Lang Thíp, Lâm Giang, An Bình, Quang Minh, Xuân Tâm, Viễn Sơn và Ngòi A.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bộ Tài nguyên và Môi trường, *Đề án “Điều tra, đánh giá và phân vùng cảnh báo nguy cơ trượt lở đất đá các vùng miền núi, khu vực phía Bắc từ 2012 đến 2017*.
- [2] Cổng thông tin điện tử huyện Văn Yên, tỉnh Yên Bái, <http://vanyen.yenbai.gov.vn>.
- [3] Dự án Greater Mekong subregion (GMS) corridor connectivity enhancement project (SC 108536 VIE) - mountainous road (NH279 and PR175).
- [4] Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn tỉnh Yên Bái (2015), *Báo cáo về khí tượng thủy văn tỉnh Yên Bái*.
- [5] T.L. Saaty (1980), *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw Hill, NY, pp.350.
- [6] Đỗ Minh Ngọc, Đặng Thị Thùy, Đỗ Minh Đức (2016), “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: các Khoa học về Trái đất và Môi trường*, **32(2S)**, tr.206-216.
- [7] Nguyễn Thám, Nguyễn Đăng Độ, Uông Đình Khanh (2012), “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*, **74B(5)**, tr.143-155.
- [8] Vũ Duy Tiến (2014), *Nghiên cứu đánh giá nguy cơ tại biến trượt lở huyện Bắc Yên, tỉnh Sơn La với sự hỗ trợ của công nghệ viễn thám - GIS*, Luận văn thạc sĩ, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội.