

ỨNG DỤNG VIỄN THÁM VÀ GIS THÀNH LẬP BẢN ĐỒ NGUY CƠ TRƯỢT LỞ ĐẤT TẠI TỈNH BẮC KẠN

ThS. NGUYỄN ĐÌNH TÀI, PGS. TS. NGUYỄN NGỌC THẠCH

Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội

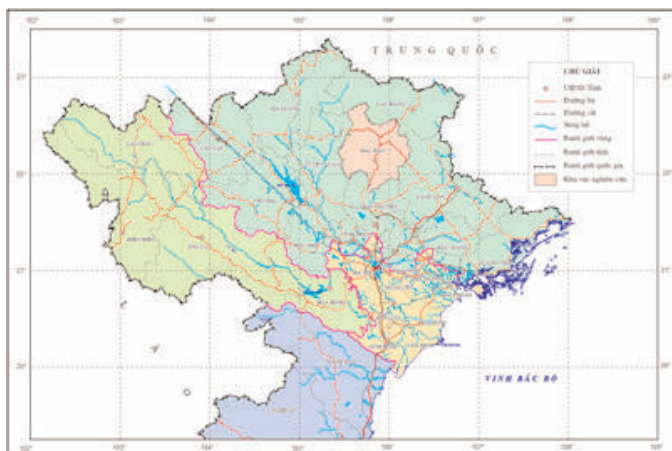
Tóm tắt

Trong nghiên cứu này, chúng tôi đề cập đến việc ứng dụng tư liệu ảnh viễn thám độ phân giải cao kết hợp với khảo sát thực địa để thành lập bản đồ hiện trạng trượt lở đất. Kỹ thuật giải đoán bằng mắt tỏ ra phù hợp cho việc phát hiện vị trí các vết trượt lở đất dựa trên sự khác biệt về độ xám của ảnh, đặc biệt các dấu hiệu về sự thay đổi độ cao địa hình liên quan đến trượt lở cũng dễ dàng phát hiện nhờ chồng phủ ảnh vệ tinh lên mô hình số độ cao. Bản đồ nguy cơ trượt lở đất được thành lập bằng mô hình giá trị thông tin cũng được đề cập trong nghiên cứu này. Cuối cùng, nghiên cứu đã kiểm chứng bằng cách tính diện tích dưới đường cong (AUC-Area Under Curve) nhằm đánh giá độ chính xác của mô hình nghiên cứu.

1. Mở đầu

Bắc Kạn là một tỉnh có địa hình đồi núi tương đối cao nằm trong vùng Đông Bắc Việt Nam. Hàng năm, hiện tượng trượt lở diễn ra khá phổ biến, phân bố trên diện rộng gây hậu quả nghiêm trọng cho người và tài sản tại các khu vực xảy ra trượt lở. Để giảm thiểu những thiệt hại do tai biến trượt lở đất thì việc cảnh báo nguy cơ xảy ra trượt lở đối với từng khu vực là cần thiết. Hiện nay, với sự trợ giúp của viễn thám và hệ thống tin địa lý (GIS), nhiều phương pháp để thành lập

bản đồ nguy cơ trượt lở đã được áp dụng như phương pháp trọng số bằng chứng, phương pháp hồi quy logistic, hồi quy tuyến tính. Mỗi quan hệ định lượng giữa trượt lở đất và các nhân tố ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình trượt lở được xây dựng dựa vào mô hình giá trị thông tin (Information Value) được tác giả đề cập trong nghiên cứu này. Các nhân tố gồm: độ dốc, lượng mưa trung bình năm, địa mạo, lớp phủ thực vật, thạch học, độ lệch hướng cắm của đá với địa hình, vô phong hóa, mật độ lineament, mật độ chia chất ngang, mật độ chia cắt sâu,



Hình 1: Vị trí khu vực nghiên cứu

khoảng cách tới đường giao thông. Kết quả đã thành lập bản đồ nguy cơ trượt lở với 5 mức: rất thấp, thấp, trung bình, cao, rất cao.

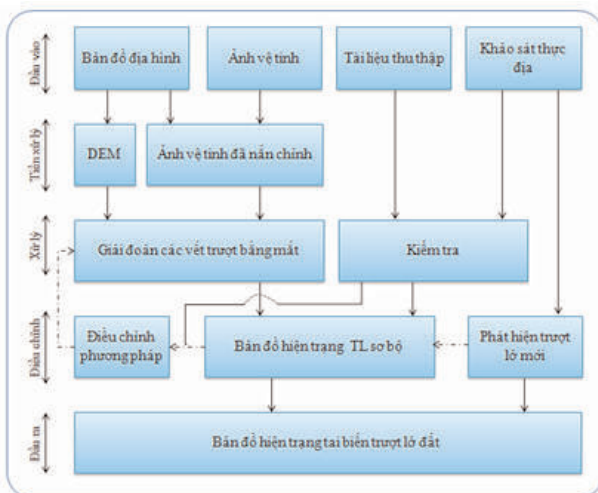
2. Phương pháp thành lập bản đồ hiện trạng trượt lở

Bản đồ hiện trạng trượt lở được coi là nhân tố đầu vào quan trọng không thể thiếu trong các mô hình phân tích nguy cơ trượt lở dựa vào phương pháp thống kê. Vị trí các điểm trượt lở có thể đo vẽ bằng khảo sát thực địa hoặc giải đoán từ ảnh vệ tinh. Tuy nhiên đối với các khu vực có quy mô nghiên cứu tương đối rộng lớn và địa hình đồi núi,

giao thông chưa thuận lợi như Bắc Kạn thì việc thu thập thông tin trượt lở đất bằng khảo sát thực địa là rất tốn thời gian và chi phí. Trong khi đó, tư liệu viễn thám có thể cung cấp những thông tin quan trọng về vị trí trượt lở đất với hiệu quả kinh tế cao. Trong nghiên cứu này, vị trí trượt lở đất được giải đoán bằng mắt trên cơ sở sự khác nhau khác nhau giữa các tông ảnh; sự thay đổi của độ cao địa hình thông qua việc chồng phủ các ảnh vệ tinh lên mô hình số độ cao (DEM). Với tư liệu viễn thám đa thời gian, có độ phân giải cao và kết quả khảo sát trong hai chuyến thực địa năm 2010 và

Bảng 1: Tư liệu ảnh vệ tinh sử dụng trong nghiên cứu

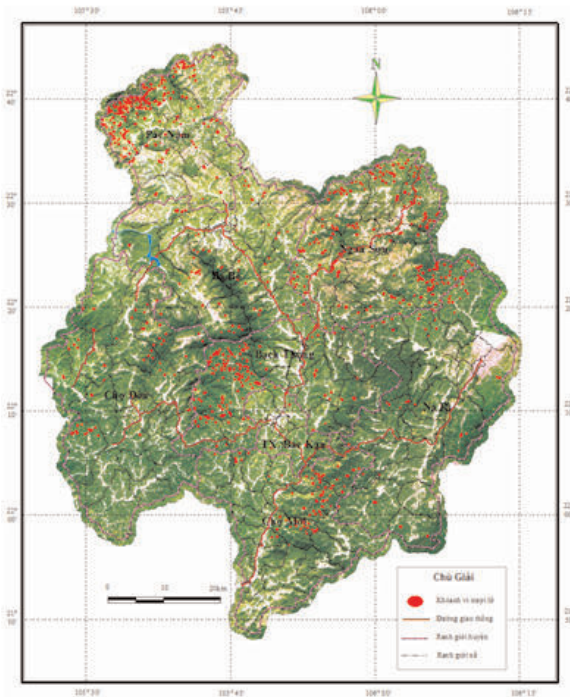
Ảnh	Sensor	Độ phân giải	Ngày chụp
GeoEye-1	Panromatic	0,5 m	19/04/2009
GeoEye-1	Panromatic	0,5 m	10/11/2010
GeoEye-1	Panromatic	0,5 m	30/08/2011
GeoEye-1	Multi-color	2 m	18/10/2011
SPOT 4	Multi-color	10 m	11/2008
SPOT 5	Multi-color	2,5 m	10/03/2011



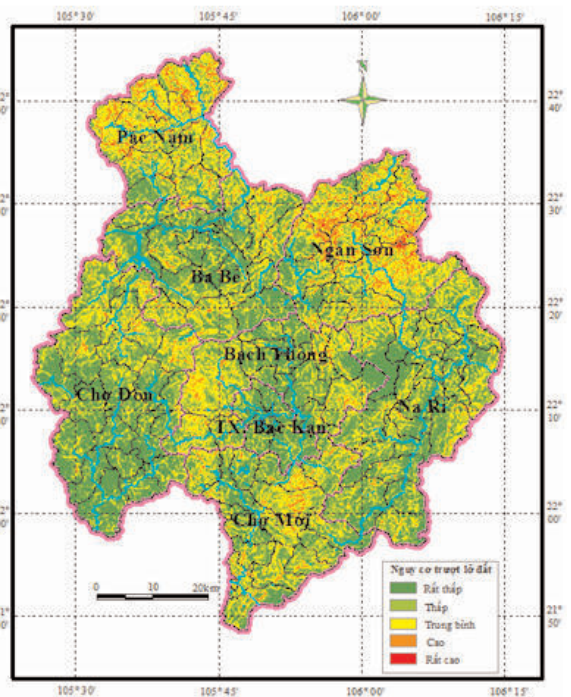
Hình 2: Quy trình thành lập bản đồ hiện trạng trượt lở



Hình 3: Vị trí vết trượt trên ảnh SPOT4



Hình 4: Hiện trạng trượt lở tỉnh Bắc Kạn



Hình 5: Nguy cơ trượt lở tỉnh Bắc Kạn

2011, nhìn chung kết quả giải đoán đã phản ánh một cách chi tiết về hiện trạng trượt lở đất ở đây.

Bản đồ phân bố trượt lở cho thấy trượt lở xuất hiện ở nhiều khu vực khác nhau, trong đó tập trung nhiều ở dọc theo các tuyến đường giao thông chính (QL 3, các tỉnh lộ 258, 254, 279) và ở các huyện Pác Nặm, Ngân Sơn. (Xem hình 4, hình 5)

3. Các yếu tố gây trượt

Hiện tượng trượt lở đất xuất phát từ sự biến đổi của vật liệu đang trong trạng thái ổn định chuyển sang không ổn định, phức tạp cả về nguyên nhân gây trượt, cơ chế tác động, kiểu dịch chuyển, loại vật liệu.v.v... Nguyên nhân của trượt lở đất đã được đề cập đến trong nhiều nghiên cứu (Wieczorek, 1996). Theo Schuster, có ít nhất khoảng 20 thông số làm cho trượt lở đất xảy ra và các nhà nghiên cứu có thể chọn các thông số cần thiết mà họ cần cho các nghiên cứu của mình tùy theo quy mô,

diện tích khu vực (Schuster, 1996). Mặt khác, Ayalew đã nhận xét là độ chính xác của bản đồ nguy cơ tăng lên khi tất cả các thông số không chế sự kiện được sử dụng trong quá trình phân tích (Ayalew và nnk., 2004). Tuy nhiên việc có được đầy đủ, chi tiết dữ liệu của các thông số thường không dễ dàng gì, và khi tiến hành phân tích trên GIS thường rất phức tạp. Trong các nguyên nhân này, một số có thể được nhận biết với các công cụ khảo sát thông thường ngoài hiện trường hoặc đòi hỏi sự vào cuộc của các ngành khác như vật lý địa cầu, khí tượng thủy văn... Sự thay đổi về mặt hình thái học địa mạo theo thời gian có thể nhận biết kết hợp qua phân tích thực địa, bản đồ và ảnh vệ tinh qua các thời kỳ. Những thay đổi bên trong vật liệu và đặc tính khối theo thời gian được suy luận từ quá trình đo đạc, quan trắc sự biến đổi dần dần các tính chất của khối theo thời gian và khoảng cách di chuyển.

Với nghiên cứu này, 11 thông số đã được

Bảng 2: Các lớp thông tin dùng đánh giá nguy cơ trượt lở đất

TT	Các yếu tố lựa chọn	Dữ liệu gốc	Tỷ lệ
1	Độ dốc	Bản đồ địa hình	1:50.000
2	Thành phần thạch học	Bản đồ địa chất khoáng sản	1:200.000
3	Lớp phủ thực vật	Bản đồ rừng, ảnh vệ tinh SPOT	1:50.000, 10m x10m
4	Vỏ phong hoá	Bản đồ vỏ phong hoá	1:100.000
5	Địa mạo	Bản đồ địa mạo	1:100.000
6	Lượng mưa	Số liệu các trạm đo mưa	1:50.000
7	Khoảng cách tới đường giao thông	Bản đồ địa hình	1:50.000
8	Độ lệch hướng cắm	Bản đồ địa chất & khoáng sản kết hợp với bản đồ địa hình	1:50.000
9	Mật độ lineament	Ảnh vệ tinh kết hợp DEM	1:50.000
10	Chia cắt sâu	Bản đồ địa hình	1:50.000
11	Chia cắt ngang	Bản đồ địa hình	1:50.000

lựa chọn cho mô hình đánh giá nguy cơ trượt lở đất gồm: 1) độ dốc địa hình; 2) thạch học; 3) Thảm thực vật; 4) Vỏ phong hóa; 5) Địa mạo; 6) Lượng mưa; 7) Khoảng cách tới đường giao thông; 8) độ lệch giữa hướng cắm của đá và hướng đổ của địa hình; 9) mật độ lineament; 10) chia cắt sâu; 11) chia cắt ngang. (Xem bảng 2)

4. Mô hình giá trị thông tin

Phân tích thống kê đơn biến thuộc nhóm các phương pháp định lượng (định lượng tầm quan trọng tương đối của các yếu tố gây trượt khác nhau). Đây là phương pháp có khả năng giảm thiểu tính chủ quan trong quá trình gán trọng số bằng cách thống kê (so sánh) sự phân bố không gian của các vết trượt có liên quan đến các yếu tố gây trượt khác nhau trong quá khứ (Aleotti và Chowdhury, 1999). Nói cách khác là phương pháp so sánh sự phân bố không gian của các vết trượt có liên quan đến các yếu tố gây trượt khác nhau, mỗi lớp dữ liệu chuyên đề đơn lẻ (yếu tố gây trượt) được so sánh với bản đồ hiện trạng phân bố trượt lở. Trong kỹ thuật phân tích thống kê đơn biến, ảnh hưởng của từng yếu tố đến trượt lở được coi là riêng biệt và giả định các yếu tố này thực hiện độc lập với nhau (Dahal và nnk., 2008). Kỹ thuật này được đề xuất để

xác định mật độ trượt lở ở các lớp tham số khác nhau, liên quan đến mật độ trượt lở đất trên toàn bộ khu vực nghiên cứu. Có nhiều mô hình thuộc nhóm phân tích thống kê đơn biến (Bivariate Statistical Analysis-BSA) để tính thứ hạng cho các lớp dựa trên mật độ trượt lở như mô hình trọng số bằng chứng, mô hình hồi quy logistic, mô hình giá trị thông tin... Trong nghiên cứu này, mô hình giá trị thông tin (Yin và Yan, 1988) đã được lựa chọn để áp dụng tính toán nguy cơ trượt lở cho khu vực nghiên cứu. Theo đó, thứ hạng của các lớp được tính dựa trên công thức sau:

$$W_i = \ln \frac{DensClas}{DensMap} = \ln \frac{NpixXi / NpixNi}{\sum NpixXi / \sum NpixNi}$$

W_i là trọng số của lớp i thuộc tác nhân gây trượt lở đang xem xét; $DensClass$ là mật độ trượt lở đất của lớp i ; $DensMap$ là mật độ trượt lở trên toàn bộ khu vực nghiên cứu; $NpixXi$ là số lượng điểm ảnh thuộc khoanh vi đại diện trượt lở xảy ra trong lớp i ; $NpixNi$ là số lượng điểm ảnh trong lớp i ; $\sum NpixXi$ là tổng số điểm ảnh trong khoanh vi đại diện trượt lở xảy ra ở toàn bộ khu vực nghiên cứu; $\sum NpixNi$ là tổng số điểm trên toàn bộ khu vực nghiên cứu.

Mỗi yếu tố ảnh hưởng tới quá trình trượt lở được thể hiện bằng một bản đồ trong GIS. Có thể nhận thấy mô hình giá trị thông tin được tính toán dựa trên tương quan thống kê của bản đồ hiện trạng trượt lở với các thuộc tính của bản đồ các yếu tố gây trượt khác nhau. Giá trị W_i trong công thức trên chỉ tính toán cho các lớp của các yếu tố mà có xuất hiện trượt lở. Trong trường hợp trượt lở không xuất hiện trong một lớp nào của một bản đồ yếu tố gây trượt, giá trị W_i sẽ được gán giá trị = 0. Trong trường hợp một lớp nào đó của một yếu tố gây trượt

không thấy xuất hiện trượt lở, thì trọng số của lớp đó sẽ không ảnh hưởng tới quá trình trượt lở trong khu vực nghiên cứu được thể hiện dưới dạng bản đồ.

Giá trị W_i chỉ ra tầm quan trọng của từng loại yếu tố trong sự kiểm soát trượt lở. Nếu tổng trọng số là dương, đó là thuận lợi cho sự xuất hiện của lở đất, nếu nó là âm, thì ngược lại (van Westen và nnk., 2003). Chỉ số W_i càng cao thì mức độ thuận lợi đối với nguy cơ xảy ra trượt lở càng lớn.

Bảng 3: Kết quả tính toán giá trị W_i của các lớp trong các yếu tố gây trượt lở đất

Lớp	Tên lớp	Phân bố lớp (%)	Phân bố trượt lở (%)	W_i
Độ dốc (°)				
1	0 – 8°	15,07	13,14	-0,1370
2	8 – 15°	10,45	12,67	0,1926
3	15 – 25°	30,73	35,18	0,1352
4	25 – 35°	30,11	28,42	-0,0578
5	> 35°	13,64	10,59	-0,2531
Thạch học				
1	Trầm tích bờ rời độ tứ	1,37	0,3	-1,5188
2	Đá trầm tích lục nguyên giàu alumosilicat	33,31	36,79	0,0994
3	Đá lục nguyên giàu thạch anh	11,63	11,72	0,0077
4	Đá xâm nhập mafic và siêu mafic	5,84	5,05	-0,1453
5	Đá xâm nhập axit-trung tính	5,15	11	0,7589
6	Đá biến chất giàu alumosilicat	40,16	29,71	-0,3014
7	Đá biến chất giàu thạch anh	2,56	5,43	0,7519
Thảm thực vật				
1	Rừng trung bình	30,71	34,16	0,1065
2	Rừng thưa	17,07	12,03	-0,3499
3	Cây bụi rải rác	40,03	44,03	0,0952
4	Đất trống	0,61	0	0
5	Đất nông nghiệp	8,36	7,61	-0,0940
6	Khu dân cư	3,1	2,17	-0,3567
7	Mặt nước	0,12	0	0
Vô phong hoá				
1	Sialit	0,18	8	0
2	Sialit kiềm	0,06	0	0
3	Sialit – Ferosialit	22,58	15,86	-0,3533
4	SiFerit – Ferosialit	37,23	38,89	0,0436
5	Sialit – Ferosialit – Sialit kiềm	4,07	7,36	0,5924
6	Sialit - Ferosialit - Sialit	12,45	17,02	0,3127
7	Ferosiatlit	10,48	6,1	-0,5412
8	Alferit-Sialit	6,28	13,5	0,7653
9	Alferit - Sialit kiềm	4,35	1,04	-1,4310
10	Alferit	2,3	0,22	-2,3470

Trao đổi - Ý kiến

Địa mạo				
1	Sườn kiến tạo đổ lờ >45° tuổi Đệ tứ không phân chia	0,99	0,78	-0,2384
2	Sườn bóc mòn kiến trúc dốc 20-30° tuổi Đệ tứ không phân chia	1,55	1,23	-0,2312
3	Bề mặt san bằng bóc mòn không hoàn toàn cao 1200 -1400m tuổi Miocen giữa	1,05	2,67	0,9333
4	Bề mặt san bằng bóc mòn không hoàn toàn cao 800-1000m tuổi Miocen muộn	4,33	7,67	0,5717
5	Bề mặt pediment thung lũng cao 400-600m tuổi Pliocen sớm	4,21	5,17	0,2054
6	Bề mặt pediment thung lũng cao 200-400m tuổi Pliocen muộn	0,82	0,22	-1,3157
7	Sườn bóc mòn tổng hợp tuổi Đệ tứ không phân chia	27,24	29,54	0,0811
8	Sườn trọng lực tuổi Đệ tứ không phân chia	11,17	25,79	0,8368
9	Sườn xâm thực tuổi Đệ tứ không phân chia	6,74	5,22	-0,2556
10	Sườn xâm thực-rửa trôi bề mặt tuổi Đệ tứ không phân chia	11,51	3,26	-1,2615
11	Sườn và bề mặt rửa trôi	3,95	2,33	-0,5278
12	Tập hợp các bề mặt vòm, đỉnh karst cao 600-800m	6,18	2,07	-1,0938
13	Vách và sườn hoà tan, rửa lữa, đổ lờ karst	4,23	1,56	-0,9975
14	Cánh đồng karst tích tụ các sản phẩm aluvi-proluvi-deluvi	1,14	0,44	-0,9520
15	Phễu karst	0,25	0,58	0,8416
16	Khe rãnh và đáy trũng xâm thực sông suối lộ đá gốc	8,97	10,57	0,1641
17	Lòng sông và bãi bồi không phân chia	3,27	0,42	-2,0523
18	Thềm tích tụ sông bậc I	0,33	0,11	-1,0986
19	Thềm xâm thực-tích tụ bậc I	0,44	0	0
20	Bề mặt đáy trũng giữa núi tích tụ hỗn hợp sông-lũ	1,02	0	0
21	Bề mặt tích tụ hỗn hợp sông-lũ	0,11	0	0
22	Bề mặt tích tụ sườn tích-lũ tích	0,5	0,38	-0,2744
Lượng mưa (mm/năm)				
1	1600	4,29	1,18	-1,2908
2	1700	16,22	22,7	0,3361
3	1800	53,82	56,1	0,0415
4	1900	13,96	17,05	0,2000
5	2000	11,71	2,96	-1,3753
Khoảng cách tới đường giao thông (m)				
1	< 50	2,65	1,93	-0,3170
2	50 - 100	2,59	2,17	-0,1769
3	> 100	94,76	95,9	0,0120
Cấp độ lệch				
1	0° – 36°	25,52	27,92	0,0899
2	36° – 72°	21,28	22,55	0,0580
3	72° – 108°	1 7,48	16,65	-0,0486
4	108° – 144°	1 3,21	9,82	-0,2966
5	144° –180°	9,7	5,8	-0,5143
Mật độ lineament (km/km²)				
1	< 0,5	31,16	32,17	0,0319
2	0,5 – 1	20,84	21,5	0,312
3	1 – 1,5	24,47	24,76	0,0118
4	1,5 – 2	12,33	10,82	-0,1306
5	> 2	11,2	10,75	-0,0410
Phân cắt sâu địa hình (m)				
1	< 100	4,48	0,67	-1,9001
2	100 – 200	25,57	9,48	-0,9922
3	200 – 300	33,04	31,83	-0,0373
4	300 – 400	22,40	36,16	0,4789
5	> 400	14,51	21,86	0,4098
Chia cắt ngang (km/km²)				
1	0 – 0,5	46,43	52,91	0,1306
2	0,5 – 1,5	34,75	33,41	-0,0393
3	1,5 – 2,5	15,95	12,46	-0,2469
4	2,5 – 3	2,02	1,05	-0,6543
5	> 3	0,86	0,16	-1,6818

5. Bản đồ nguy cơ trượt lở đất

Chỉ số nguy cơ trượt lở đất là một tập hợp liên tục các giá trị nhạy cảm mang tính định lượng. Chỉ số này được tính bằng tổng các giá trị W_i :

Trong đó: LSI là chỉ số nhạy cảm trượt lở (Landslide Susceptibility Index)

W_i là trọng số của lớp i thuộc tác nhân gây trượt lở đang xem xét

n là số lượng các yếu tố gây trượt

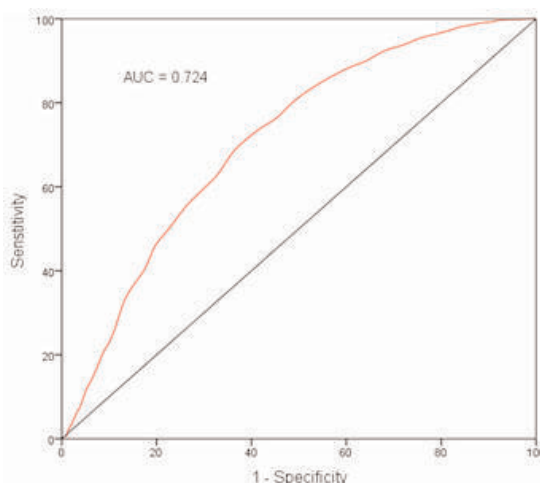
$$LSI = \sum_{i=1}^n W_i$$

Dựa trên việc phân chia các nhóm giá trị LSI vào một khu vực có cùng nguy cơ. Chúng tôi chia thành 5 mức: rất thấp, thấp, trung bình, cao, rất cao. (Xem bảng 3)

6. Kiểm chứng

Trong hầu hết các nghiên cứu về trượt lở, sự phân bố hiện trạng trượt lở trong các nhóm nguy cơ trượt lở khác nhau luôn được coi là yếu tố chìa khóa khi đánh giá mức độ chính xác của kết quả dự báo. Đường cong tỉ lệ dự đoán là một phương pháp kiểm định độ chính xác của mô hình dự đoán nguy cơ trượt lở thông qua các công cụ toán học và thống kê được nhiều tác giả sử dụng (Akgün và Turk, 2010) và được coi là phương pháp phổ biến nhất trong đánh giá tai biến trượt lở đất (Begueria, 2006). Theo

đó bản đồ hiện trạng trượt lở sẽ được chồng chập với bản đồ chỉ số nguy trượt lở. Các giá trị phần trăm tích lũy của diện tích trượt lở (độ nhạy – sensitivity) và phần trăm tích lũy của diện tích LSI tương ứng (độ đặc hiệu – specificity) được tính toán bằng công cụ phân tích không gian và thống kê trong phần mềm ArcGIS 10.0. Diện tích tính được dưới đường cong (AUC-Area Under Curve) chính là độ chính xác của mô hình dự đoán. Trong nghiên cứu này giá trị AUC = 0,724 nằm trong khoảng chấp nhận được (từ 0,5 đến 1). (Xem hình 6)



Hình 6: Biểu đồ diện tích dưới đường cong AUC

Bảng 4: Thống kê các vùng nguy cơ trượt lở

	Chỉ số LSI	Diện tích	
		(km ²)	(%)
Rất thấp	-12,42 ÷ -2,91	1423	29,29
Thấp	-2,91 ÷ -1,83	1026	21,12
Trung bình	-1,83 ÷ -0,54	1498	30,83
Cao	-0,54 ÷ 0,16	544	11,20
Rất cao	0,16 ÷ 2,58	368	7,57

7. Kết quả và thảo luận

Ảnh vệ tinh độ phân giải cao kết hợp với kỹ thuật chồng phủ lên DEM, và sử dụng phương pháp giải đoán bằng mắt hoàn toàn có thể thành lập bản đồ hiện trạng trượt lở một cách đầy đủ, chi tiết.

Mức độ ảnh hưởng đến nguy cơ trượt lở đất của yếu tố góc lệch giữa hướng cắm của đá với hướng đổ của địa hình phù hợp với các nhận định của các nhà địa mạo, địa chất. Điều này được biểu hiện qua giá trị W_i giảm dần khi góc lệch tăng lên, có nghĩa là góc lệch giữa hướng cắm của đá mà gần trùng với hướng đổ địa hình thì nguy cơ trượt lở xảy ra cao nhất, ngược lại nếu góc lệch này tăng càng cao, thì khả năng cản trở quá trình trượt lở càng cao.

Diện tích khu vực có nguy cơ trượt lở rất cao chiếm 10,5% diện tích toàn tỉnh. Tập trung ở các khu vực có vỏ phong hóa chủ yếu được thành tạo từ các vật liệu bờ dời nằm trên các sườn dốc từ 25-35° có lớp phủ thực vật mỏng và dọc theo các tuyến đường, cũng như các khu vực có độ chênh cao địa hình tương đối lớn. Điều này cho thấy mức độ tác động của con người đến quá trình trượt lở diễn ra mạnh mẽ, phù hợp với các nhận định có được trong quá trình khảo sát thực địa.

Độ chính xác của mô hình nghiên cứu áp dụng cho khu vực nghiên cứu đã được kiểm chứng qua thông qua giá trị AUC là tương đối cao (AUC = 0,724).○

Tài liệu tham khảo

- [1]. Aleotti, P., Chowdhury, R., 1999. Landslide hazard assessment: summary review and new perspectives. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 58: 21-44.
- [2]. Akgun, A., Turk, N., 2010. Landslide susceptibility mapping for Ayvalik (Western

Turkey) and its vicinity by multicriteria decision analysis. *Environmental Earth Sciences* 61, 595–611.

[3]. Ayalew, L., Yamagishi, H. and Ugawa, N., 2004. Landslide susceptibility mapping using GISbased weighed linear combination, the case in Tsugawa area of Agano River, Niigata Prefecture, Japan. *Landslides*, 1:1 73-81.

[4]. Dahal, R. K., Hasegawa, S., Nonomura, A., Yamanaka, M., Dhakal, S., Paudyal, P., 2008. Predictive modelling of rainfall-induced landslide hazard in the Lesser Himalaya of Nepal based on weights-of-evidence. *Geomorphology* 102 (2008) 496–510.

[5]. Schuster, R.L., 1996. Socioeconomic significance of landslides. In: Turner, A.K., Schuster, R.L. (eds.) *Landslides, Investigation and Mitigation*. Transportation Research Board Special Report 247. National Academy Press, WA, 12-35.

[6]. Van Westen, C.J., Rengers, N. and Soeters, R.(2003) Use of geomorphological information in indirect landslide susceptibility assessment. *Natural Hazards*, 30: 399-419.

[7]. Wieczorek, G.F., 1996. Landslide triggering mechanisms. In: Turner, A.K. and Schuster, R.L. (eds.) *Landslides: Investigation and Mitigation*. Washington, D.C., National Research Council, Transportation Research Board Special Report 247, 76-90.

[8]. Yin, K. L. and Yan, T. Z., 1988. Statistical prediction models for slope instability of metamorphosed rocks, In Bonnard, C. (Ed.), *Landslides, Proceedings of the Fifth International Symposium on Landslides*, 2, Balkema, Rotterdam, 1269–1272, 1988.○

(Xem tiếp trang 52)