

ỨNG DỤNG MẠNG NƠ-RON NHÂN TẠO ĐA LỚP TRONG THÀNH LẬP MÔ HÌNH PHÂN VÙNG LŨ QUÉT KHU VỰC MIỀN NÚI TÂY BẮC, THỰC NGHIỆM TẠI TỈNH YÊN BÁI

NGUYỄN VIỆT NGHĨA⁽¹⁾, NGUYỄN CAO CƯỜNG⁽²⁾

⁽¹⁾Khoa Trắc địa Bản đồ - Trường Đại học Mỏ - Địa chất

⁽²⁾Liên đoàn Địa chất Tây Bắc

Tóm tắt:

Lũ quét là một hiện tượng tự nhiên nguy hiểm xảy ra hầu khắp các lưu vực sông suối khu vực miền núi trên thế giới cũng như ở Việt Nam, trong đó khu vực Tây Bắc Việt Nam là một điểm nóng về tiềm ẩn nhiều nguy cơ xảy ra lũ quét. Bằng việc ứng dụng mạng nơ-ron nhân tạo đa lớp trong thành lập mô hình phân vùng lũ quét, thực nghiệm tại tỉnh Yên Bái đã cho phép thành lập được mô hình phân vùng lũ quét độ chính xác cao với các chỉ số thống kê ROC = 0.960 và giá trị AUC = 0.951. Phương pháp ứng dụng mạng lưới nơ-ron nhân tạo đa lớp cho phép mở rộng xây dựng các bản đồ phân vùng lũ quét tại nhiều khu vực trong cả nước, đóng góp tích cực vào việc hoạch định và kiện toàn hệ thống các giải pháp ứng phó với biến đổi khí hậu.

1. Mở đầu

Trong những năm gần đây, do ảnh hưởng của biến đổi khí hậu, mưa lớn và lũ quét đã xảy ra ngày càng nghiêm trọng, gây thiệt hại rất lớn đến kinh tế - xã hội, tính mạng người dân. Do vậy cần thiết phải xây dựng bản đồ phân vùng và cảnh báo lũ quét độ chính xác cao nhằm tăng cường khả năng chống chịu, ứng phó của người dân với biến đổi khí hậu, đảm bảo ổn định cuộc sống lâu dài của cộng đồng dân cư trong vùng lũ quét nói chung và các mục tiêu khác. Mặc dù các đề tài nghiên cứu về lũ quét trước đây thực hiện tại Việt Nam đã có nhiều nghiên cứu, tuy nhiên mô hình sử dụng là mô hình chuyên gia cho phân vùng dự báo lũ quét. Hiện nay trên thế giới, không nơi nào còn sử dụng mô hình này, do độ chính xác thấp và mang tính chủ quan. Quan trọng hơn, không có đề tài nào thực hiện khâu đánh giá độ chính xác.

Trong những năm gần đây, với sự tiến bộ nhanh chóng của hệ thống thông tin địa lý (GIS), viễn thám (RS) và máy học (ML) đã mang đến cho những nhà khoa học bộ công cụ hữu ích để giải quyết sự phức tạp của các mô hình lũ không

gian [3,15,19]. Dữ liệu không gian trích xuất từ GIS đã cải thiện sự hiểu biết và đánh giá nguy cơ lũ toàn bộ khu vực phân tích. Hơn nữa, những bộ dữ liệu hệ thống thông tin đại lý này được kết hợp với những tiếp cận máy học hiện đại để tạo ra những công cụ mạnh mẽ cho việc dự báo không gian lũ. Những cảm biến viễn thám mới như Sentinel-1A và B đã cung cấp một công cụ mới để phát hiện lũ và lập bản đồ với độ chính xác cao [4,9]. Dữ liệu này kết hợp với các dữ liệu không gian trong GIS tạo ra bộ dữ liệu tổng hợp, được đưa vào mô hình máy học hiện đại đã cải thiện lớn sự hiểu biết và đánh giá nguy cơ lũ toàn bộ khu vực phân tích, cũng như dự báo về không gian lũ sát với thực tế [2].

Trong số các phương pháp học máy, mạng nơ-ron nhân tạo (ANN) có lẽ được sử dụng rộng nhất trong mô hình lũ lụt [12,14,22] cũng như dự báo không gian về các mối nguy tự nhiên khác [1,6,7,13]. Phương pháp này có một khả năng lớn là phân tích dữ liệu phi tuyến và đa biến cũng như là khả năng mô hình hóa. Mặc dù có những ưu điểm như vậy nhưng việc ứng dụng ANN vào việc lập mô hình nguy cơ lũ quét dựa trên GIS còn nhiều hạn chế. Ngoài ra, những công trình

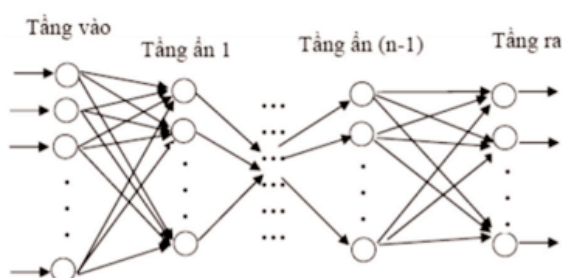
Ngày nhận bài: 07/04/2020, ngày chuyển phản biện: 11/04/2020, ngày chấp nhận phản biện: 17/04/2020, ngày chấp nhận đăng: 21/04/2020

nghiên cứu trước đây áp dụng ANN vào mô hình không gian nguy cơ tự nhiên thường dùng tới thuật toán Gradient với sự truyền ngược như là cách thông thường cho việc huấn luyện các mô hình. Cách tiếp cận thông thường này cập nhật trọng số của một mô hình ANN để tối giản những lỗi dự báo trong giai đoạn huấn luyện. Mặc dù thuật toán Gradient với sự truyền ngược rất nhanh chóng, phương pháp huấn luyện này có nguy cơ bị mắc bẫy tối thiểu cục bộ, đặc biệt là ở không gian lỗi đã phương thức [21]. Sự bất lợi này làm giảm đáng kể khả năng dự báo của các mô hình dự báo lũ quét dựa trên ANN.

2. Tổng quan về mạng nơ-ron nhân tạo đa lớp và kỹ thuật thống kê ROC trong nghiên cứu lũ quét

2.1. Tổng quan về mạng nơ-ron nhân tạo đa lớp

Mạng nơ-ron nhân tạo đa lớp (MLP - Multi Layer Preceptron Neural Networks) là mô hình mạng nhiều tầng truyền thẳng. Một mạng MLP tổng quát là mạng có n ($n \geq 2$) tầng. Thông thường tầng đầu vào không được tính đến, trong đó gồm một tầng đầu ra (tầng thứ n) và $(n-1)$ tầng ẩn.



Hình 1: Mạng Multi Layer Preceptron Neural Networks tổng quát

Kiến trúc của một mạng MLP tổng quát có thể mô tả như sau:

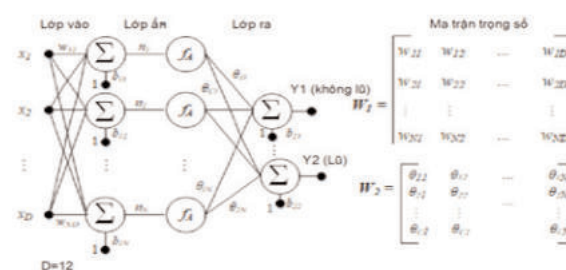
- Đầu vào là các vector (x_1, x_2, \dots, x_n) trong không gian n chiều, đầu ra là các vector (y_1, y_2, \dots, y_m) trong không gian m chiều. Đối với các bài toán phân loại, n chính là kích thước của mẫu đầu vào, m chính là số lớp cần phân loại.

Mỗi nơ-ron thuộc tầng sau liên kết với tất cả các nơ-ron thuộc tầng sau liên kết với tất cả các nơ-ron thuộc tầng liên kết trước đó.

- Đầu ra các nơ-ron tầng trước là đầu vào của nơ-ron thuộc tầng liền sau nó.

Hoạt động của mạng MLP: tại tầng đầu vào các nơ-ron nhận tín hiệu vào xử lý (tính tổng trọng số, gửi tới hàm truyền); kết quả này sẽ được truyền tới các nơ-ron thuộc tầng ẩn thứ hai..., quá trình tiếp tục cho đến khi các nơ-ron thuộc tầng ra cho kết quả.

Mạng trí tuệ nhân tạo đa lớp ANN là một thuật toán máy học giám sát mô phỏng những đặc điểm của các mạng trí tuệ sinh học thực tế khác. Một ANN có thể được huấn luyện với dữ liệu đầu vào (những bản đồ thành phần lũ quét) với nhãn sự thật (lũ quét và ko phải lũ quét); mô hình ANN được huấn luyện sau đó được sử dụng để dự báo các nhãn các lớp đầu ra của sự việc xảy ra lũ quét. Nhìn chung, cấu trúc của một ANN được phân thành ba lớp kết nối với nhau: lớp vào, lớp ẩn, và lớp ra. Lớp vào có những đặc điểm mô tả đặc điểm của 1 pixel trong bản đồ. Những lớp ẩn, bao gồm những nơ-ron riêng lẻ, thực hiện nhiệm vụ xử lý thông tin để tạo ra các nhãn loại của nguy cơ lũ trong lớp ra.



Hình 2: Cấu trúc của một mô hình ANN sử dụng phát hiện không gian lũ quét

2.2. Kỹ thuật thống kê đánh giá độ chính xác RMSE, MSE, ROC, AUC

Hiệu suất của các mô hình thu được được đánh giá bằng cách sử dụng sai số bình phương trung bình quân phương (RMSE), sai số tuyệt đối trung bình (MAE), và hệ số tương quan (r) [11].

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - t_i)^2}{n}} \quad (1)$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - t_i| \quad (2)$$

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})(t_i - \bar{t})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 (t_i - \bar{t})^2}} \quad (3)$$

trong đó: y_i và \bar{y} là giá trị dự báo của mẫu thứ i và giá trị trung bình dự báo của các mẫu từ các mô hình thu được tương ứng; t_i và \bar{t} là giá trị đích của mẫu thứ i và giá trị trung bình đích, tương ứng; n là tổng số mẫu.

Đường cong ROC [20] cũng được sử dụng để đánh giá hiệu suất của khả năng dự báo của mô hình. Đường cong ROC được tạo ra bằng cách vẽ tỷ lệ thực dương (TP) so với tỷ lệ dương tính giả (FP). Ngoài ra, khu vực dưới đường cong ROC (AUC) là thước đo thống kê tiêu chuẩn được tạo ra để xác nhận và so sánh các thuật toán học máy đã chọn được sử dụng trong nghiên cứu này [8]. Giá trị AUC cao hơn mô tả tốt hơn sự phù hợp của mô hình; và mô hình dự báo với giá trị AUC dao động từ 0,8 đến 0,9 cho thấy hiệu suất rất tốt [16]. Để đánh giá chi tiết chất lượng của mô hình dự báo, có các tham số thống kê gồm độ nhạy, độ đặc trưng, công suất dự báo dương (TPR) và công suất dự báo âm (TNR), Mức độ phù hợp của mô hình và bộ dữ liệu giá trị Kappa và độ chính xác phân loại (Classification Accuracy) [5,10,17] được sử dụng:

$$TPR = \frac{TP}{TP + FN} \quad (4)$$

$$TNR = \frac{TN}{TN + FP} \quad (5)$$

$$ACC = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (6)$$

$$Kappa \text{ index } (K) = \frac{CLA + P_{exp}}{1 - P_{exp}} \quad (7)$$

$$\text{Độ đặc trưng} = \frac{TP}{TP + FP} \quad (8)$$

$$\text{Độ nhạy} = \frac{TP}{TP + FN} \quad (9)$$

Trong đó, TP là dương thực; TN là âm thực; FP là dương giả; và FN là âm giả.

3. Phương pháp Viễn thám và GIS

Phương pháp này ngày càng được sử dụng rộng rãi và trở thành một phương pháp quan trọng trong nghiên cứu và đánh giá tai biến thiên nhiên trong đó có lũ quét. Các loại ảnh vệ tinh (LANDSAT, ảnh máy bay...), các loại bản đồ địa hình và các phần mềm GIS (Mapinfo, Arcview, ArcGIS...) để xây dựng DEM, phân tích tổ hợp, quản lý số liệu... Trong nghiên cứu lũ quét, ảnh viễn thám có vai trò như một dữ liệu đầu vào quan trọng cung cấp các thông tin về cấu trúc và các đơn vị địa hình, lớp phủ thực vật, mạng lưới sông suối. Công nghệ GIS góp phần quan trọng nâng cao độ tin cậy của ảnh viễn thám, xây dựng mô hình số độ cao DEM giúp chính xác hóa các dạng địa hình, yếu tố địa mạo.

Đối với GIS trong nghiên cứu lũ lụt và lũ quét nói riêng có vai trò là phân tích địa hình lưu vực, mạng lưới thủy văn, tích hợp các lớp thông tin đơn tính có liên quan đến sự hình thành và phát sinh tai biến lũ quét. Đây là công cụ quan trọng trong nghiên cứu tai biến lũ quét, lập bản đồ và đưa ra những quyết định trong công tác cảnh báo.

4. Tổng quan khu vực nghiên cứu

Tỉnh Yên Bái nằm ở vùng Tây Bắc tiếp giáp với Đông Bắc; Phía đông bắc giáp hai tỉnh Tuyên Quang và Hà Giang; Phía đông nam giáp tỉnh Phú Thọ; Phía tây nam giáp tỉnh Sơn La, phía tây bắc giáp hai tỉnh Lai Châu và Lào Cai. Toàn tỉnh có 9 đơn vị hành chính, gồm các huyện: Trạm Tấu, Mù Cang Chải, Văn Chấn, Văn Yên, Lục Yên, Trấn Yên, Yên Bình; thành phố Yên Bái; thị xã Nghĩa Lộ, với 180 xã, phường, thị trấn.

4.1. Đặc điểm địa hình

Yên Bái nằm ở vùng núi phía Bắc, có đặc điểm địa hình cao dần từ Đông Nam lên Tây Bắc

và được kiến tạo bởi 3 dãy núi lớn đều có hướng chạy Tây Bắc – Đông Nam: phía Tây có dãy Hoàng Liên Sơn – Pú Luông nằm kẹp giữa sông Hồng và sông Đà, tiếp đến là dãy núi cổ Con Voi nằm kẹp giữa sông Hồng và sông Chảy, phía Đông có dãy núi đá vôi nằm kẹp giữa sông Chảy và sông Lô. Địa hình khá phức tạp nhưng có thể chia thành 2 vùng lớn: vùng cao và vùng thấp. Vùng cao có độ cao trung bình 600 m trở lên, chiếm 67,56% diện tích toàn tỉnh.

4.2. Đặc điểm khí hậu, lượng mưa

Yên Bái nằm trong vùng khí hậu nhiệt đới gió mùa, nhiệt độ trung bình là $22 \div 23^{\circ}\text{C}$; (cao nhất từ $37-39^{\circ}\text{C}$, thấp nhất từ $2-4^{\circ}\text{C}$); lượng mưa trung bình $1.500 \div 2.200$ mm/năm; độ ẩm trung bình $83 \div 87\%$. Dựa trên yếu tố địa hình khí hậu, có thể chia Yên Bái thành 5 tiểu vùng khí hậu. Tiểu vùng Mù Cang Chải với độ cao trung bình 900 m, nhiệt độ trung bình $18 \div 20^{\circ}\text{C}$, có khi xuống dưới 0°C về mùa đông, thích hợp phát triển các loại động, thực vật vùng ôn đới. Tiểu vùng Văn Chấn – nam Văn Chấn, độ cao trung bình 800 m, nhiệt độ trung bình $18 \div 20^{\circ}\text{C}$, phía Bắc là tiểu vùng mưa nhiều, phía Nam là vùng mưa ít nhất tỉnh. Tiểu vùng Văn Chấn – Tú Lệ, độ cao trung bình $200 \div 400$ m, nhiệt độ trung bình $21 \div 32^{\circ}\text{C}$. Tiểu vùng nam Trấn Yên, Văn Yên, thành phố Yên Bái, Ba Khe, độ cao trung bình 70 m, nhiệt độ trung bình $23 \div 24^{\circ}\text{C}$, là vùng mưa phùn nhiều nhất tỉnh. Tiểu vùng Lục Yên – Yên Bình độ cao trung bình dưới 300 m, nhiệt độ trung bình $20 \div 23^{\circ}\text{C}$.

4.3. Đặc điểm thủy văn

Yên Bái có 3 hệ thống sông suối lớn: sông Hồng, sông Chảy và suối Nậm Kim với tổng chiều dài 320 km có diện tích lưu vực trên 3.400 km². Hệ thống chi lưu phân bố tương đối đồng đều trên toàn tỉnh. Do đặc điểm sông, suối đều bắt nguồn từ núi cao, có độ dốc lớn nên dồi dào.

4.4. Đặc điểm loại đất

Yên Bái có tổng diện tích đất tự nhiên là 6.887,67 km². Trong đó diện tích nhóm đất nông nghiệp là 588.094 ha, chiếm 85,40% diện tích

đất tự nhiên, diện tích nhóm đất phi nông nghiệp 54.478 ha chiếm 7,89%, diện tích đất chưa sử dụng là 46.195 ha chiếm 6,71%. Tỷ lệ che phủ của rừng đạt khoảng trên 62%, đứng thứ 2 trong cả nước. Tập trung vào các loại đất điển hình sau: Đất phù sa, chiếm 1,33% diện tích tự nhiên của tỉnh; đất xám, chiếm 82,57%; đất đỏ, chiếm 1,76%; đất mùn alít, chiếm 8,1%.

4.5. Đặc điểm thực phủ

Rừng và đất rừng là tài nguyên và tiềm năng của tỉnh. Với hệ thống thực vật rất phong phú và đa dạng, gồm nhiều loại, nhiều họ khác nhau, có đủ các lâm sản quý hiếm; các cây dược liệu quý, các cây lâm sản khác như tre, nứa, vầu. Theo số liệu thống kê đất đai đến năm 2017, diện tích đất lâm nghiệp của tỉnh có 466.603 ha, chiếm 67,76% diện tích tự nhiên.

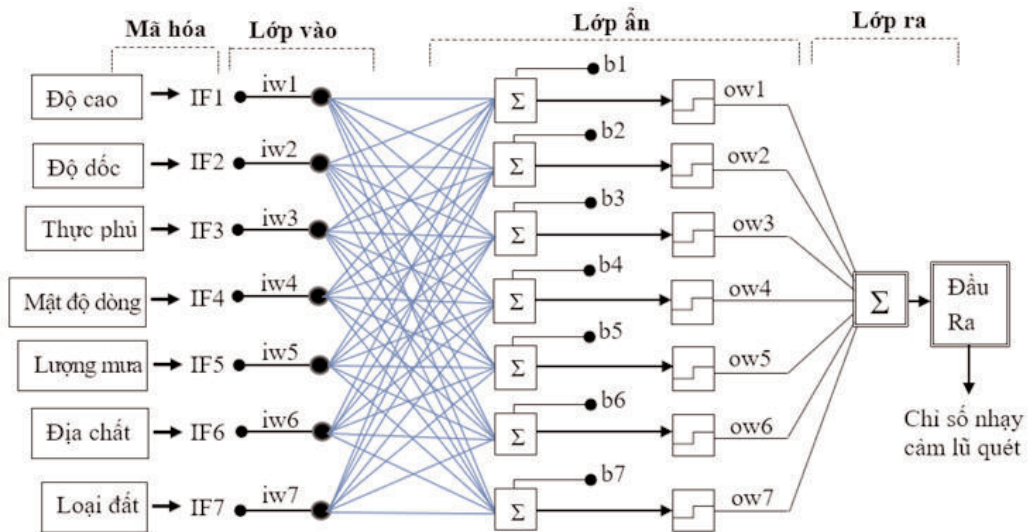
5. Thành lập mô hình phân vùng khu vực có nguy cơ lũ quét tỉnh Yên Bái

Cấu trúc mô hình MLP trong thành lập mô hình phân vùng lũ quét được thực hiện theo quy trình sau (Xem hình 3).

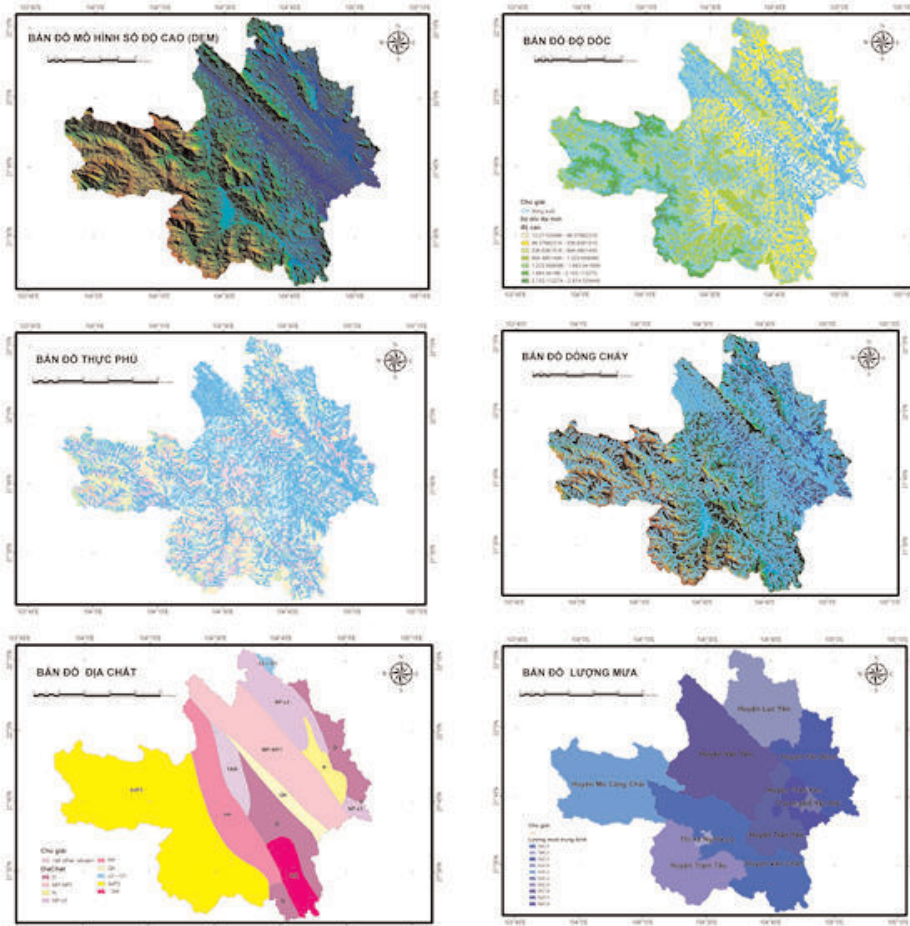
(trong đó: *iw*: ma trận trọng số đầu vào; *ow*: ma trận trọng số đầu ra; *IF*: chỉ số điều hòa; *b*: vector độ lệch)

5.1. Thành lập các bản đồ thành phần

Để xây dựng một mô hình dự đoán lũ, bên cạnh bản đồ thống kê lũ quét, điều quan trọng là cần phải xác định được những yếu tố ảnh hưởng lũ quét. Một chú ý quan trọng nữa là việc lựa chọn những yếu tố ảnh hưởng lũ thay đổi tùy theo các đặc điểm khác nhau các khu vực nghiên cứu và dữ liệu sẵn có. Theo đó, tổng số 6 yếu tố thành phần ảnh hưởng được lựa chọn trong nghiên cứu này gồm độ cao, hướng dốc, độ cong địa hình, địa chất, lượng mưa, chỉ số thực vật, độ dốc, năng lực dòng chảy, mật độ dòng chảy, năng lượng địa hình, chỉ số độ ẩm. Các bản đồ thành phần này được xây dựng từ dữ liệu ảnh viễn thám và dữ liệu bản đồ địa hình, lượng mưa thu thập được ở tỉnh và được xây dựng bằng phần mềm ArcGIS. (Xem hình 4)



Hình 3: Cấu trúc mô hình MLP sử dụng trong thành lập mô hình lũ quét tỉnh Yên Bái



Hình 4: Các bản đồ thành phần phục vụ xây dựng mô hình phân vùng lũ quét tỉnh Yên Bái

5.2. Thành lập bản đồ dự báo lũ quét

Khả năng xảy ra lũ quét sử dụng trong nghiên cứu gồm 7 yếu tố chính

- Bản đồ độ dốc I (S) - (Slope)
- Bản đồ độ cao (E) - (Elevation)
- Bản đồ địa chất đ (L) Lithology
- Lượng mưa ngày lớn nhất (X_{max}) (R) – (Raill)
- Bản đồ thực phủ T (NDVI) – (Normalized Diffence Vegetation Index)
- Bản đồ mật độ dòng chảy (SD) – (Stream density)
- Bản đồ loại đất (S) – Soil type

Trên cơ sở đó, tiến hành xác lập các cấp ảnh hưởng của từng yếu tố. Tuy nhiên, vấn đề chia cấp khả năng xảy ra lũ quét có tính tương đối vì:

- Phạm vi mỗi cấp có sự biến động tương đối rộng

- Nếu thay đổi 1 trong 7 yếu tố trên (X_{max} , T, I, Đ), đặc biệt là yếu tố “nhân sinh” ảnh hưởng lớn tới nguy cơ gây lũ như “Thảm phủ thực phủ” cả theo hướng tích cực lẫn tiêu cực thì cấp độ của lũ quét có thể thay đổi theo. Nghĩa là con người có thể làm giảm thiểu hay tăng khả năng xảy ra và mức độ của lũ quét.

- Tài liệu thu thập, đặc biệt là số liệu thực nghiệm rất có hạn nên sự lựa chọn tổ hợp theo các cấp khó tránh khỏi tính suy đoán.

- Có thể xác định cấp X_{max} theo tần suất xuất hiện hay chu kỳ lặp lại.

- Lượng mưa càng lớn thì khả năng sinh lũ quét càng cao. Theo đó, với lượng mưa lớn nhất xác định được trong khoảng thời gian xảy ra lũ quét tại khu vực nghiên cứu, kết hợp với 06 nguồn dữ liệu khác đã xác định được và cho vào mô hình MLP để huấn luyện và từ đó xác định được khu vực có xác suất xảy ra lũ quét trong khu vực nghiên cứu.

Kết quả mô hình cho phép thành lập được

bản đồ phân vùng lũ quét tỉnh Yên Bái với độ chính xác thống kê tiêu chuẩn ROC và giá trị AUC trình bày trong hình 5, 6.

6. Kết luận

Với các bản đồ thành phần được xây dựng trong nghiên cứu này đã đề xuất và đánh giá sử dụng phương pháp mạng nơ-ron nhân tạo đa lớp trong nghiên cứu xây dựng bản đồ phân vùng lũ quét tại khu vực miền núi Tây bắc Việt Nam, thực nghiệm tại tỉnh Yên Bái. Trong phương pháp mô hình hóa được đề xuất trên cơ sở dữ liệu địa không gian, kết quả thử nghiệm cho thấy mô hình MLP hoạt động tốt với cả bộ dữ liệu huấn luyện và kiểm tra. Mô hình được đánh giá là sát với thực tế xảy ra lũ tại khu vực Tây Bắc, Việt Nam.

Nghiên cứu có thể có thể đưa ra một số kết luận: (i) hiệu suất của mô hình tốt khi sử dụng MLP được đánh giá cao. (ii) bản đồ phân vùng lũ quét thành lập dựa vào phương pháp ứng dụng trí tuệ nhân tạo đa lớp cho độ chính xác thống kê tiêu chuẩn ROC = 0.960 và giá trị AUC = 0.951.○

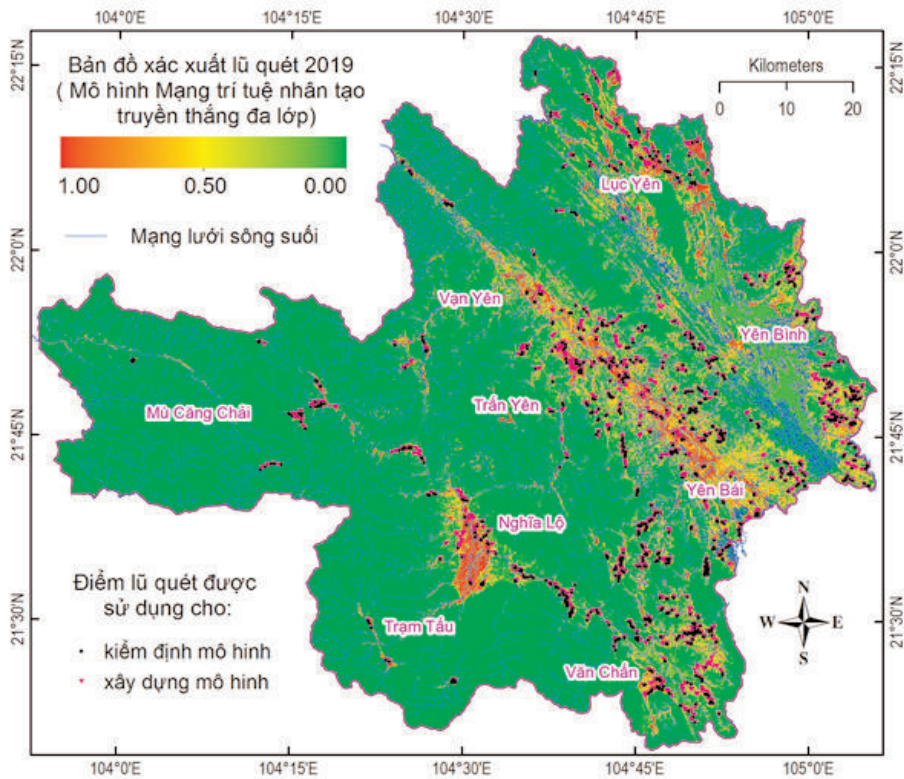
Lời cảm ơn

Để hoàn thành công trình này, tác giả nhận được sự hỗ trợ của đề tài “Nghiên cứu xây dựng bản đồ phân vùng và cảnh báo lũ quét độ phân giải cao cho một số tỉnh vùng Tây Bắc nhằm tăng cường khả năng ứng phó với thiên tai của cộng đồng phục vụ xây dựng nông thôn mới”. Thuộc Chương trình Khoa học và Công nghệ phục vụ xây dựng Nông thôn mới giai đoạn 2018-2020, Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn. (No-03/HD-KHCN-NTM).

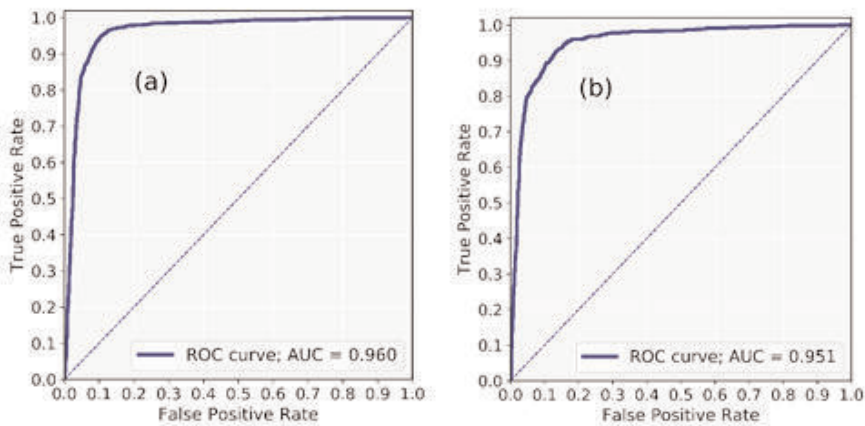
Tài liệu tham khảo

[1]. Aditian, A., T. Kubota, and Y. Shinohara, *Comparison of GIS-based landslide susceptibility models using frequency ratio, logistic regression, and artificial neural network in a tertiary region of Ambon, Indonesia*. *Geomorphology*, 2018. 318: p. 101-111.

[2]. Al-Abadi, A.M., *Mapping flood suscepti-*



Hình 5: Bản đồ phân vùng lũ quét tỉnh Yên Bái



Hình 6: Đường cong ROC và diện tích phía dưới đường cong (AUC) của mô hình Mạng trí tuệ nhân tạo truyền thẳng đa lớp: (a) Dữ liệu huấn luyện và (b) Dữ liệu kiểm tra

- bility in an arid region of southern Iraq using ensemble machine learning classifiers: a comparative study. *Arabian Journal of Geosciences*, 2018. 11(9): p. 218.
- [3]. Ahmed, N., et al. *Flood-Prediction Techniques Based on Geographical Information System Using Wireless Sensor Networks*. 2019. Singapore: Springer Singapore.
- [4]. Amitrano, D., et al., *Unsupervised Rapid Flood Mapping Using Sentinel-1 GRD SAR Images*. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 2018. 56(6): p. 3290-3299.
- [5]. Asencio-Cortés, G.; Martínez-Álvarez, F.; Troncoso, A.; Morales-Esteban, A. Medium-large earthquake magnitude prediction in Tokyo with artificial neural networks. *Neural Computing and Applications* 2017, 28, 1043-1055.
- [6]. Hoang, N.-D. and D. Tien Bui. *GIS-Based Landslide Spatial Modeling Using Batch-Training Back-propagation Artificial Neural Network: A Study of Model Parameters*. 2018. Cham: Springer International Publishing.
- [7]. Kalantar, B., et al., *Assessment of the effects of training data selection on the landslide susceptibility mapping: a comparison between support vector machine (SVM), logistic regression (LR) and artificial neural networks (ANN)*. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 2018. 9(1): p. 49-69.
- [8]. Khosravi, K., et al., *A comparative assessment of decision trees algorithms for flash flood susceptibility modeling at Haraz watershed, northern Iran*. *Science of The Total Environment*, 2018. 627: p. 744-755.
- [9]. Li, Y., et al., *An automatic change detection approach for rapid flood mapping in Sentinel-1 SAR data*. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2018. 73: p. 123-135.
- [10]. Martínez-Álvarez, F.; Reyes, J.; Morales-Esteban, A.; Rubio-Escudero, C. Determining the best set of seismicity indicators to predict earthquakes. Two case studies: Chile and the Iberian Peninsula. *Knowledge-Based Systems* 2013, 50, 198-210, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.knosys.2013.06.011.
- [11]. Mohammadzadeh, D., J.B. Bazaz, and A.H. Alavi, *An evolutionary computational approach for formulation of compression index of fine-grained soils*. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 2014. 33: p. 58-68.
- [12]. Viet-Nghia Nguyen, Dieu Tien Bui, Phuong-Thao Thi Ngo, Quoc-Phi Nguyen, Van Cam Nguyen, Nguyen Quoc Long, Inge Revhaug, *An Integration of Least Squares Support Vector Machines and Firefly Optimization Algorithm for Flood Susceptible Modeling Using GIS*, Springer: *Advances and Applications in Geospatial Technology and Earth Resources*, 52-64, 2018.
- [13]. Pham, B.T., et al., *Landslide susceptibility assessment in the Uttarakhand area (India) using GIS: a comparison study of prediction capability of naïve bayes, multilayer perceptron neural networks, and functional trees methods*. *Theoretical and Applied Climatology*, 2017. 128(1): p. 255-273.
- [14]. Sahoo, G.B., C. Ray, and E.H. De Carlo, *Use of neural network to predict flash flood and attendant water qualities of a mountainous stream on Oahu, Hawaii*. *Journal of Hydrology*, 2006. 327(3): p. 525-538.
- [15]. Tehrany, M.S., et al., *Flood susceptibility assessment using GIS-based support vector machine model with different kernel types*. *CATENA*, 2015. 125: p. 91-101.
- [16]. Tien Bui, D., et al., *Hybrid artificial intelligence approach based on neural fuzzy inference model and metaheuristic optimization for flood susceptibility modeling in a high-frequency tropical cyclone area using GIS*. *Journal of Hydrology*, 2016. 540: p. 317-330.
- [17]. Tien Bui, D.; Hoang, N.-D. A Bayesian

framework based on a Gaussian mixture model and radial-basis-function Fisher discriminant analysis (BayGmmKda V1. 1) for spatial prediction of floods. *Geoscientific Model Development* 2017, 10, 3391.

[18]. Trần Văn Tư (1999). Nghiên cứu cơ sở khoa học của sự hình thành và phát triển lũ lụt miền núi (trong đó có lũ quét) đề xuất các giải pháp cảnh báo, dự báo và giảm nhẹ cường độ thiên tai cùng các thiệt hại. Hà Nội, Viện Địa chất, Viện Hàn Lâm Khoa Học Việt Nam

[19]. Tzavella, K., A. Fekete, and F. Fiedrich, *Opportunities provided by geographic information systems and volunteered geographic information for a timely emergency response during flood events in Cologne, Germany*. Natural Hazards, 2018. 91(1): p. 29-57.

[20]. Van Erkel, A.R. and P.M.T. Pattynama, *Receiver operating characteristic (ROC) analysis: Basic principles and applications in radiology*. European Journal of Radiology, 1998. 27(2): p. 88-94.

[21]. Yaghini, M., M.M. Khoshraftar, and M. Fallahi, *A hybrid algorithm for artificial neural network training*. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2013. 26(1): p. 293-301.

[22]. Youssef, A.M., B. Pradhan, and A.M. Hassan, *Flash flood risk estimation along the St. Katherine road, southern Sinai, Egypt using GIS based morphometry and satellite imagery*. Environmental Earth Sciences, 2011. 62(3): p. 611-623.○

Summary

Application of multi-layer artificial neural network to establish flash flood zoning model in northwestern Vietnam: A case study of Yen Bai province

Nguyen Viet Nghia,

Faculty of Geomatics and Land Administration, Hanoi University of Mining and Geology, Vietnam

Nguyen Cao Cuong,

Tay Bac geological division

Flash flood is one of the dangerous devastating natural hazards occurring in almost mountainous river basins in the world and especially in Northwestern Vietnam. The multi-layer artificial neural network was applied to establish a flash flood zoning model: a case study of Yen Bai province, which has allowed to establish a flash flood zoning model with high-precision statistical indicators (ROC = 0.960 and AUC = 0.951). The results also allow establishing the flash flood zoning model in other areas of Vietnam, making a positive contribution to the planning and consolidation of the solutions, and responding to climate change.○