

# NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG BỘ DỮ LIỆU ĐẦU VÀO CHO MÔ HÌNH DỰ BÁO NGUY CƠ CHÁY RỪNG KHU VỰC PHÍA TÂY TỈNH NGHỆ AN TỪ DỮ LIỆU VIỄN THÁM VÀ GIS

ĐOÀN THỊ NAM PHƯƠNG<sup>(1)</sup>, TRỊNH LÊ HÙNG<sup>(2)</sup>  
NGUYỄN VĂN TRUNG<sup>(1)</sup>, LÊ THỊ THU HÀ<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Trường Đại học Mở - Địa chất

<sup>(2)</sup>Học viện Kỹ thuật quân sự, Hà Nội

## Tóm tắt:

Thời gian qua, do ảnh hưởng của biến đổi khí hậu và các hoạt động của con người, cháy rừng có xu hướng diễn biến phức tạp. Nhiều mô hình dự báo nguy cơ cháy rừng dựa trên dữ liệu viễn thám và GIS đã được đề xuất nhằm đánh giá nguy cơ xảy ra cháy rừng ở các khu vực khác nhau. Đối với các mô hình dự báo nguy cơ cháy rừng, bộ dữ liệu đầu vào có vai trò hết sức quan trọng, quyết định đến độ chính xác và hiệu suất của mô hình. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu xây dựng bộ dữ liệu đầu vào cho mô hình dự báo nguy cơ cháy rừng ở khu vực phía tây tỉnh Nghệ An. Các dữ liệu, số liệu về địa hình, lớp phủ, khí hậu-khí tượng, kinh tế-xã hội được thu thập và đánh giá mức độ quan trọng đến khả năng gây cháy rừng, từ đó lựa chọn bộ dữ liệu đầu vào cho các mô hình dự báo, bao gồm 9 lớp thông tin: (1) độ cao, (2) độ dốc, (3) hướng sườn, (4) mật độ che phủ thực vật, (5) mật độ dân cư, (6) nhiệt độ bề mặt, (7) độ bốc hơi nước bề mặt, (8) tốc độ gió, (9) lượng mưa trung bình tháng.

Từ khóa: Cháy rừng, Viễn thám, GIS, Mô hình dự báo nguy cơ cháy rừng, Tỉnh Nghệ An

## 1. Mở đầu

Cháy rừng là một trong những nguyên nhân quan trọng gây nên sự suy giảm diện tích và suy thoái chất lượng rừng ở Việt Nam [2]. Thời gian qua, do ảnh hưởng tiêu cực của biến đổi khí hậu và các hoạt động của con người, cháy rừng diễn ra ngày càng phức tạp, khó lường. Ứng dụng các công nghệ hiện đại trong xây dựng các mô hình dự báo nguy cơ cháy rừng là một vấn đề có tính cấp thiết hiện nay [2-4].

Nhiều nghiên cứu trên thế giới và ở Việt Nam đã đề xuất sử dụng các mô hình dự báo nguy cơ cháy rừng dựa trên các thông tin về đặc điểm địa hình, lớp phủ, khí hậu - khí tượng, điều kiện kinh tế - xã hội [2-4, 7-11]. Trong các mô hình này, bộ dữ liệu đầu vào có vai trò rất quan trọng đối với độ chính xác và hiệu suất của mô hình dự báo. Số lượng các lớp dữ liệu đầu vào của các mô hình dự báo nguy cơ cháy rừng là không giống nhau, phụ thuộc vào điều kiện tự nhiên - xã hội của khu vực thực nghiệm [5]. Từ bộ dữ liệu này, các

phương pháp khác nhau như phân tích thứ bậc (AHP) [12, 13, 15], các kỹ thuật học máy (Random Forest, Support Vector Machine, Artificial Neural Network, Classification and Regression Tree...) đã được áp dụng để xây dựng bản đồ dự báo nguy cơ cháy rừng [7-11].

Công nghệ địa không gian, trong đó chủ đạo là công nghệ viễn thám và hệ thống tin địa lý (GIS) đã được sử dụng rộng rãi trong xây dựng bộ dữ liệu đầu vào cho mô hình dự báo nguy cơ cháy rừng. Dữ liệu viễn thám cho phép chiết xuất nhanh các thông tin về lớp phủ, nhiệt độ bề mặt, độ bốc thoát hơi nước..., trong khi GIS với ưu điểm khả năng phân tích không gian mạnh có thể được sử dụng hiệu quả để xây dựng các lớp thông tin về địa hình, khí hậu, kinh tế - xã hội. Bài báo này trình bày kết quả xây dựng bộ dữ liệu đầu vào cho mô

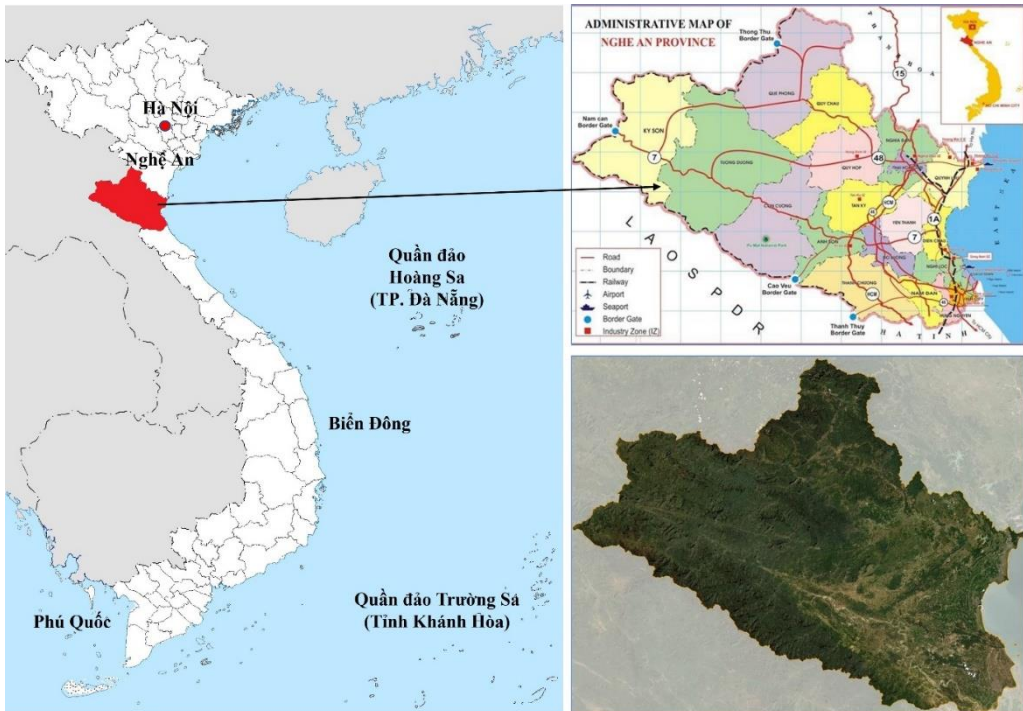
hình dự báo nguy cơ cháy rừng khu vực phía tây tỉnh Nghệ An từ dữ liệu viễn thám và GIS. Trên cơ sở phân tích đặc điểm khu vực thực nghiệm, trong nghiên cứu đã lựa chọn và xây dựng được bộ dữ liệu đầu vào bao gồm 9 lớp thông tin đại diện cho các yếu tố địa hình, lớp phủ, điều kiện tự nhiên - xã hội khu vực phía tây tỉnh Nghệ An.

## 2. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Dữ liệu và khu vực nghiên cứu

#### a) Khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu được lựa chọn là địa bàn phía tây tỉnh Nghệ An (Hình 1). Nghệ An có diện tích rừng và đất lâm nghiệp lớn nhất cả nước, chiếm gần 70% diện tích đất tự nhiên toàn tỉnh, tập trung chủ yếu ở khu vực phía tây. Mật độ che phủ rừng đạt 58,36% (theo báo cáo hiện trạng rừng Việt Nam năm 2022) [1].



Hình 1: Vị trí địa lý khu vực nghiên cứu

Độ che phủ rừng toàn tỉnh có xu hướng tăng nhưng phần lớn diện tích tăng là rừng trồng có giá trị đa dạng sinh học không cao. Diện tích rừng tự nhiên có sự suy giảm rõ rệt

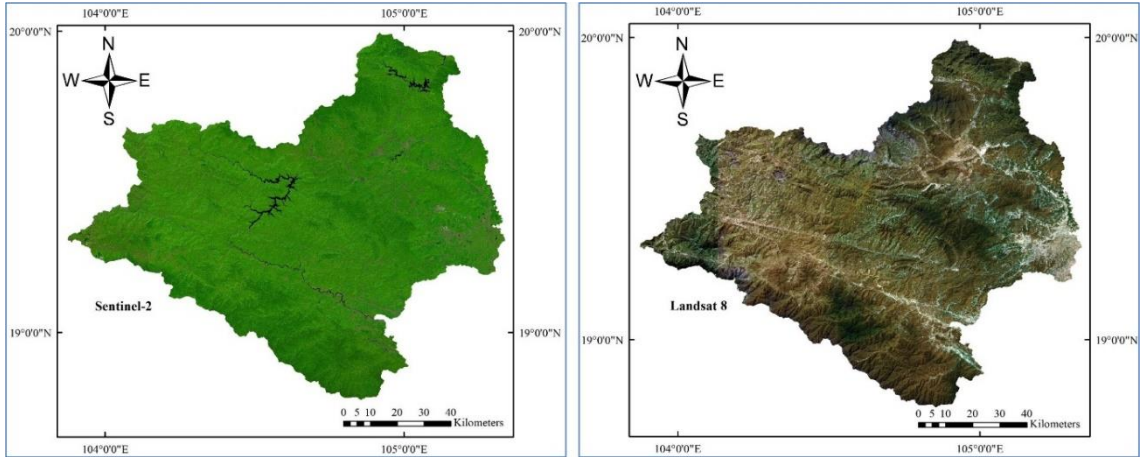
cả về chất lượng và diện tích. Theo Cục Kiểm lâm, Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, hàng năm vào mùa hè, Nghệ An là một trong

những tỉnh đứng đầu trên toàn quốc về nguy cơ cháy rừng ở cấp V, cấp cực kỳ nguy hiểm.

*b) Dữ liệu sử dụng*

65 cảnh ảnh Sentinel 2 MSI chụp giai đoạn từ 15/11/2021 đến 16/01/2022 được sử dụng để

tạo ảnh không mây nhằm xác định lớp dữ liệu về mật độ che phủ. Để xác định nhiệt độ bề mặt, trong bài báo sử dụng 15 cảnh ảnh vệ tinh quang học Landsat 8 chụp từ 15/11/2021 đến 16/01/2022. Kết quả tạo ảnh Sentinel 2 và Landsat 8 không mây được thể hiện trên hình 2.



Hình 2: Dữ liệu ảnh Sentinel 2 và Landsat 8 sử dụng trong nghiên cứu

Dữ liệu DEM toàn cầu SRTM với độ phân giải không gian 30 m cung cấp bởi Cơ quan Hàng không vũ trụ Mỹ (NASA) được sử dụng để chiết xuất thông tin các yếu tố địa hình như độ dốc, độ cao, hướng sườn. Dữ liệu về khí hậu và thời tiết, bao gồm: tốc độ gió, lượng mưa trung bình tháng, độ bốc thoát hơi nước được thu thập từ CSDL WorldClim (<https://www.worldclim.org/>). Lớp dữ liệu Mật độ dân cư được trích xuất qua CSDL nhân khẩu học WorldPop

(<https://data.worldpop.org/>).

Bộ dữ liệu điểm cháy trong quá khứ bao gồm 118 điểm cháy và 123 điểm không cháy được thu thập trong giai đoạn 2018 - 2023 dựa trên hồ sơ cháy của Cục Kiểm lâm (Bộ NN&PTNT) và dữ liệu hỏa hoạn từ hệ thống FIRMS (NASA).

**2.2. Phương pháp nghiên cứu**

Để lựa chọn và xây dựng bộ dữ liệu đầu vào cho mô hình dự báo nguy cơ cháy rừng khu vực phía tây tỉnh Nghệ An, trong nghiên

cứu tiến hành phân tích, đánh giá điều kiện tự nhiên - xã hội khu vực thực nghiệm nhằm xác định các yếu tố có ảnh hưởng đến khả năng phát sinh cháy rừng. Từ đặc điểm cháy rừng ở Nghệ An cho thấy, nguyên nhân chính của tình trạng này là do ảnh hưởng của các yếu tố tự nhiên (đặc điểm lớp phủ, các yếu tố thời tiết, khí hậu, địa hình) cũng như hoạt động của con người. Trên cơ sở hiện trạng dữ liệu khu vực nghiên cứu, trong bài báo đã lựa chọn 9 yếu tố bao gồm: (1) độ cao, (2) độ dốc, (3) hướng sườn, (4) mật độ che phủ thực vật, (5) mật độ dân cư, (6) nhiệt độ bề mặt, (7) độ bốc thoát hơi nước bề mặt, (8) tốc độ gió, (9) lượng mưa trung bình tháng để xây dựng bộ dữ liệu đầu vào cho mô hình dự báo nguy cơ cháy rừng.

Các lớp dữ liệu về địa hình (độ cao, độ dốc, hướng dốc) được xây dựng từ DEM SRTM thông qua chức năng phân tích không gian trong phần mềm ArcGIS. Các lớp thông tin về thời tiết, khí hậu, dân cư được thu thập

từ CSDL WorldClim và WorldPop, sau đó biên tập về độ phân giải không gian 10 m. Nhiệt độ bề mặt được xác định từ ảnh vệ tinh Landsat 8 theo phương pháp do NASA cung cấp [18]. Trong khi đó, mật độ che phủ được xác định thông qua chỉ số thực vật NDVI theo công thức sau [16]:

$$P_v = \frac{NDVI - NDVI_{\min}}{NDVI_{\max} - NDVI_{\min}} \quad (1)$$

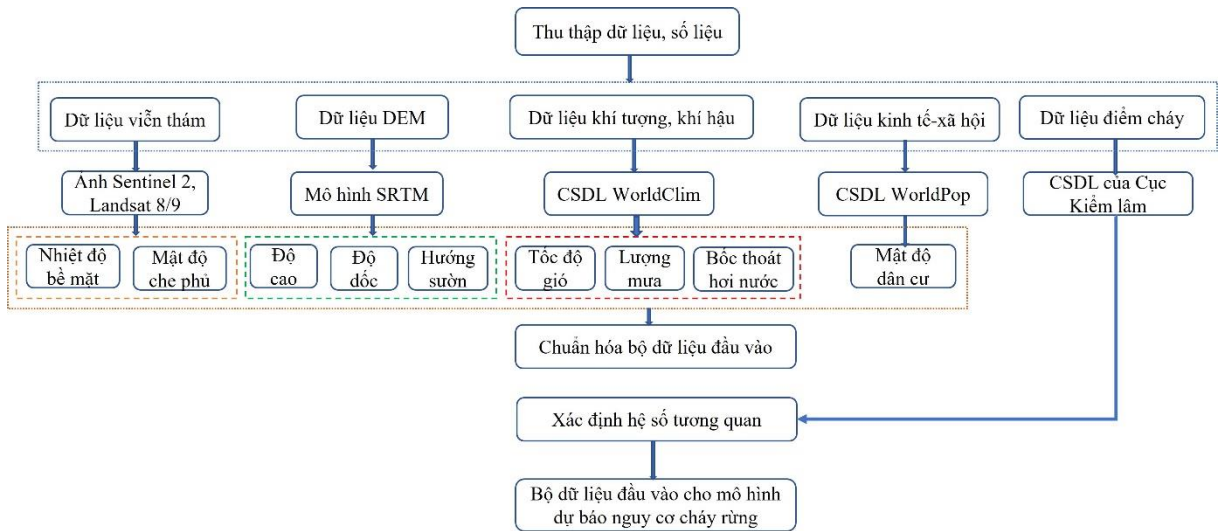
Do các lớp dữ liệu đầu vào được xây dựng từ các nguồn khác nhau với thang đo không thống nhất, để có thể đưa vào mô hình dự báo, tất cả các lớp dữ liệu này được chuyển đổi sang định dạng raster với độ phân giải 10 m (phù hợp với độ phân giải không gian của ảnh Sentinel 2 MSI). Tiếp theo, các lớp dữ liệu được chuẩn hóa về phạm vi [0 - 1] theo công thức sau [6]:

$$N_v = \frac{Fa_i - \text{Min}(Fa)}{\text{Max}(Fa) - \text{Min}(Fa)} \times [0.99 - 0.01] + 0.01 \quad (2)$$

trong đó  $Fa_i$  là giá trị của hệ số được xem xét,  $\text{Min}(Fa)$  và  $\text{Max}(Fa)$  là giá trị tối thiểu và giá trị tối đa của hệ số được xem xét và  $N_v$  là giá trị tính toán mới cho hệ số được xem xét.

Mức độ quan trọng của từng yếu tố đầu vào của mô hình dự báo nguy cơ cháy rừng được xác định trên cơ sở hệ số tương quan Pearson (hệ số  $r$ ) giữa các yếu tố này và bộ dữ liệu điểm cháy. Hệ số ( $r$ ) có giá trị trong khoảng từ -1 đến 1, trong đó giá trị  $r$  dương thể hiện tương quan thuận,  $r$  âm thể hiện tương quan nghịch. Trong nghiên cứu này, hệ số  $r$  được xác định bằng phần mềm QGIS 2.18.

Sơ đồ quy trình nghiên cứu được trình bày trên hình 3.



Hình 3: Sơ đồ quy trình xây dựng bộ dữ liệu đầu vào cho mô hình dự báo nguy cơ cháy rừng

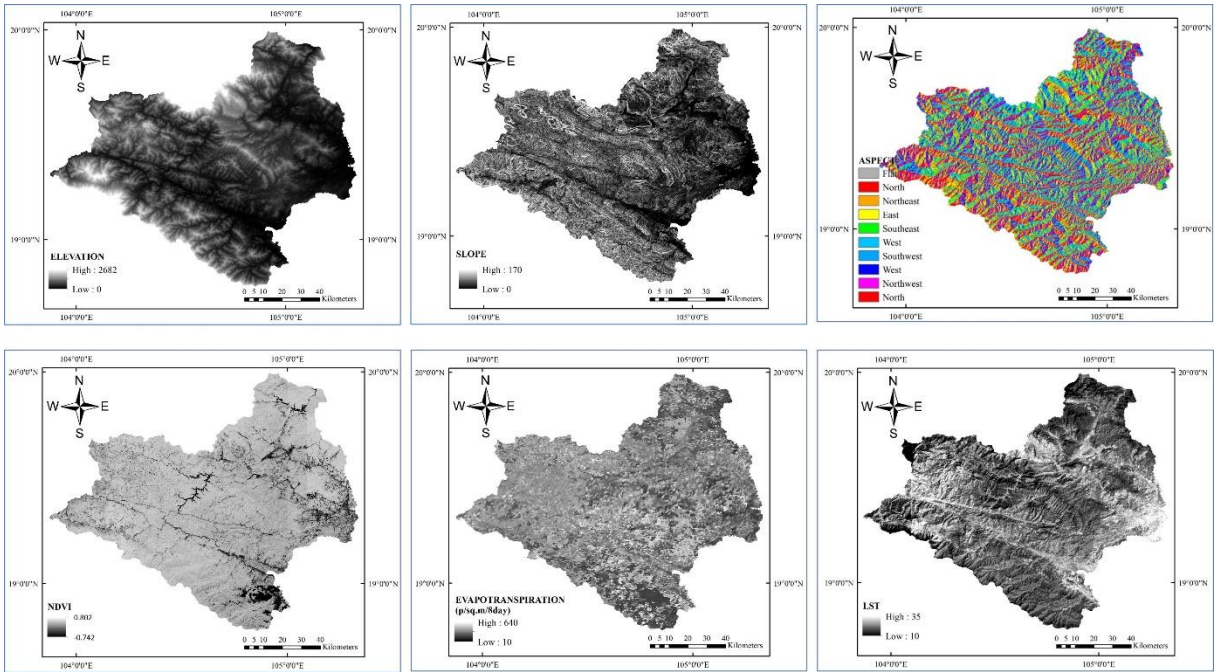
### 3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

Trên hình 4 trình bày kết quả xây dựng các lớp dữ liệu đầu vào của mô hình dự báo nguy cơ cháy rừng, bao gồm: độ cao, độ dốc, hướng sườn, mật độ che phủ, độ bốc thoát hơi nước bề mặt. Có thể nhận thấy, địa hình khu vực nghiên cứu có sự đa dạng lớn, với độ cao lớn nhất đạt 2682 m; độ dốc nằm trong khoảng

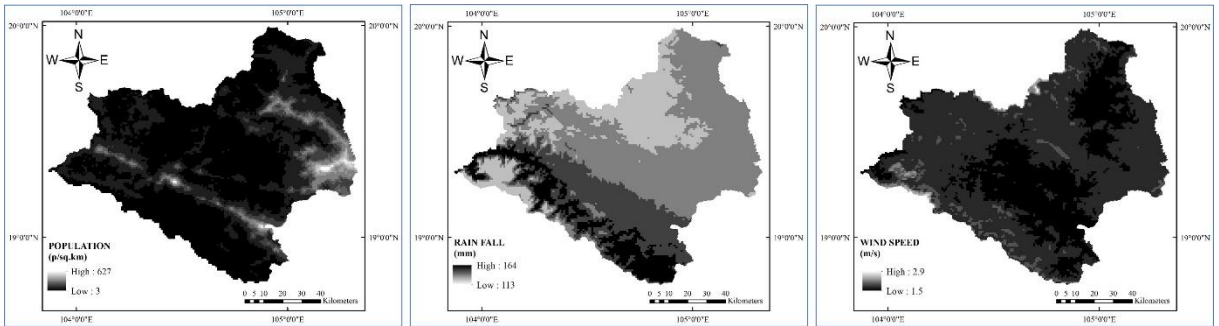
từ 0 đến 170%. Khu vực nghiên cứu cũng có mật độ che phủ của thực vật đạt cao do đây là địa bàn tập trung chủ yếu lớp phủ rừng ở tỉnh Nghệ An. Nhiệt độ bề mặt khu vực thực nghiệm nằm trong khoảng từ 10 đến 35°C, trong đó nhiệt độ cao tập trung ở khu vực phía đông với mật độ che phủ thưa.

Từ bộ CSDL WorldPop và WorldClim, trong nghiên cứu tiến hành xây dựng các lớp dữ liệu về mật độ dân cư, lượng mưa trung bình tháng và tốc độ gió (Hình 5). Với khu vực phía tây tỉnh Nghệ An, mật độ dân cư đạt thấp, nằm trong khoảng từ 3 đến 627 người/km<sup>2</sup>. Phần lớn khu vực nghiên cứu có mật độ dân cư thấp (dưới 25 người/km<sup>2</sup>), tập trung tại các khu vực vùng núi. Các khu vực có mật độ dân cư trên 100 người/km<sup>2</sup> tập trung chủ yếu ở phía đông và một phần phía nam khu vực

nghiên cứu. Lượng mưa trung bình tháng ở phía tây tỉnh Nghệ An nằm trong khoảng từ 113 mm/tháng đến 164 mm/tháng, không có sự chênh lệch nhiều. Vùng phía nam khu vực nghiên cứu có lượng mưa trung bình tháng cao hơn các khu vực khác. Phần lớn khu vực nghiên cứu có tốc độ gió nhỏ hơn 1,9 m/s. Các khu vực có tốc độ gió trên 2 m/s tập trung chủ yếu ở phần rìa phía nam khu vực thực nghiệm, cũng là nơi có lượng mưa trung bình tháng cao hơn so với các khu vực khác.



Hình 4: Các lớp dữ liệu về độ cao, độ dốc, hướng sườn, mật độ che phủ, độ bốc thoát hơi nước, nhiệt độ bề mặt khu vực nghiên cứu



Hình 5: Các lớp dữ liệu về mật độ dân cư, lượng mưa trung bình tháng, tốc độ gió

Các lớp dữ liệu đầu vào có độ phân giải không gian khác nhau, trong đó độ cao, độ

dốc, hướng sườn, nhiệt độ bề mặt có độ phân giải 30 m, mật độ che phủ của thực vật (10 m),

các lớp dữ liệu về khí hậu (độ bốc thoát hơi nước, tốc độ gió, lượng mưa trung bình tháng) và mật độ dân cư có độ phân giải 1.000 m. Các lớp dữ liệu này được đưa về cùng độ phân giải không gian 10 m và chuyển về thang giá trị [0 - 1] theo công thức (2).

Sau khi xây dựng các lớp thông tin đầu vào cho mô hình, trong nghiên cứu tiến hành xác định hệ số tương quan Pearson giữa các lớp dữ liệu đầu vào và bộ dữ liệu điểm cháy trong quá khứ. Kết quả xác định hệ số tương quan giữa 9 lớp dữ liệu đầu vào và dữ liệu cháy rừng được thể hiện trong bảng 1. Phân tích kết quả nhận được cho thấy, lớp dữ liệu nhiệt độ bề mặt có tương quan cao nhất với bộ dữ liệu điểm cháy, thể hiện qua hệ số tương

quan  $r$  đạt 0.754. Mật độ che phủ của thực vật, độ bốc thoát hơi nước bề mặt, độ dốc và lượng mưa trung bình tháng có tương quan ở mức trung bình với bộ dữ liệu điểm cháy, trong đó hệ số  $r$  nằm trong khoảng từ 0.2 đến trên 0.4. Trong khi đó, lớp dữ liệu về tốc độ gió, hướng dốc và mật độ dân cư có mức độ tương quan thấp hơn, thể hiện qua giá trị hệ số tương quan  $r$  xấp xỉ 0.1. Mặc dù có tương quan không cao với bộ dữ liệu điểm cháy trong quá khứ, tuy nhiên với đặc thù khu vực nghiên cứu có địa hình dốc, chịu ảnh hưởng của gió phơn Tây Nam (gió Lào) cũng như nhiều vụ cháy rừng ở khu vực phía tây tỉnh Nghệ An có nguyên nhân từ hoạt động của con người, các lớp dữ liệu trên vẫn được lựa chọn để đưa vào các mô hình dự báo nguy cơ cháy rừng.

Bảng 1: Giá trị tương quan so với dữ liệu dự báo cháy rừng

Lớp dữ liệu đầu vào	Giá trị hệ số tương quan
Hướng dốc	0.076
Mật độ dân cư	0.06
Độ cao	0.13
Tốc độ gió	0.021
Lượng mưa trung bình tháng	0.233
Độ dốc	0.341
Độ bốc thoát hơi nước bề mặt	0.402
Mật độ che phủ của thực vật	0.406
Nhiệt độ bề mặt	0.754

#### 4. Kết luận

Trong nghiên cứu này, trên cơ sở phân tích đặc điểm tự nhiên - xã hội và hiện trạng dữ liệu khu vực thực nghiệm đã lựa chọn và xây dựng được 9 lớp dữ liệu đầu vào cho các mô hình dự báo nguy cơ cháy rừng khu vực phía tây tỉnh Nghệ An, bao gồm: (1) độ cao, (2) độ dốc, (3) hướng sườn, (4) mật độ che phủ thực vật, (5) mật độ dân cư, (6) nhiệt độ bề

mặt, (7) độ bốc thoát hơi nước bề mặt, (8) tốc độ gió, (9) lượng mưa trung bình tháng. Các lớp thông tin đầu vào này được chiết xuất từ dữ liệu viễn thám và GIS, được chuẩn hóa trước khi đưa vào các mô hình dự báo. Kết quả nhận được trong nghiên cứu có thể sử dụng phục vụ huấn luyện các mô hình dự báo nguy cơ cháy rừng, cung cấp thông tin giúp các nhà quản lý trong theo dõi, ứng phó và giảm thiểu thiệt hại do cháy rừng gây ra. ○

**Lời cảm ơn**

Bài báo có sử dụng một phần số liệu và kết quả của đề tài KH&CN cấp cơ sở “Nghiên cứu mô hình dự báo nguy cơ cháy rừng bằng công nghệ Địa không gian, thử nghiệm cho khu vực phía Tây tỉnh Nghệ An”, mã số T23-38. Các tác giả xin chân thành cảm ơn Trường Đại học Mở Địa chất và Ban chủ nhiệm đề tài đã hỗ trợ nhóm nghiên cứu hoàn thành bài báo này.

**Tài liệu tham khảo**

[1]. Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn (2023). Quyết định số 2357/QĐ-BNN-KL ngày 14/6/2023 công bố hiện trạng rừng toàn quốc năm 2022.

[2]. Trần Quang Bảo (2017). Nghiên cứu sử dụng công nghệ không gian địa lý (RS, GIS, GPS) trong phát hiện cháy rừng và giám sát tài nguyên rừng, *Đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ*.

[3]. Phạm Minh Hải, Vũ Ngọc Phan (2018). Ứng dụng công nghệ viễn thám và GIS nghiên cứu vật liệu cháy trong các kiểu rừng phục vụ công tác phòng chống cháy rừng tại tỉnh Bắc Giang, *Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ*, số 35, trang 29 – 37.

[4]. Nguyễn Ngọc Thạch, Đặng Ngô Bảo Toàn, Phạm Xuân Cảnh (2017). Ứng dụng viễn thám và GIS thành lập bản đồ nguy cơ cháy rừng phục vụ phòng chống, giảm thiểu thiệt hại do cháy rừng tại tỉnh Sơn La, Việt Nam, *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường*, 33(3), 53-66.

[5]. Barmpoutis P., Papaioannou P., Dimitropoulos K., Grammalidis N. (2020). A review on early forest fire detection systems using optical remote sensing, *Sensors*, 20(22), 6442; <https://doi.org/10.3390/s20226442>

[6]. Dieu Tien Bui, Pradhan B., Lofman O., Revhaug I., Dick O.B. (2012). Spatial

prediction of landslide hazards in Hoa Binh province (Vietnam): A comparative assessment of the efficacy of evidential belief functions and fuzzy logic models. *CATENA* 96, 28-40.

[7]. Dieu Tien Bui, Quang Thanh Bui, Quoc Phi Nguyen, Pradhan B., Nampak H., Phan Trong Trinh (2017). A hybrid artificial intelligence approach using GIS-based neural-fuzzy inference system and particle swarm optimization for forest fire susceptibility modeling at a tropical area, *Agricultural and Forest Meteorology*, 233, 32 – 44.

[8]. Enoh M., Okeke U., Narinua N. (2021). Identification and modelling of forest fire severity and risk zones in the Cross – Niger transition forest with remotely sensed satellite data, *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 24(3), 879 – 887.

[9]. Gao C., Lin H., Hu H. (2023). Forest-fire-risk prediction based on Random Forest and backpropagation neural network of Heihe area in Heilongjiang province, China, *Forests* 14(2): 170. <https://doi.org/10.3390/f14020170>.

[10]. Hoang V.T., Chou T., Fang Y., Nguyen N.T., Nguyen Q.H., Pham X.C., Dang N.B.T., Nguyen X.L., Meadows M. (2020). Mapping forest fire risk and development of early warning system for NW Vietnam using AHP and MCA/GIS methods, *Applied Sciences*, 10(12), 4348.

[11]. Iban M., Sekertekin A. (2022). Machine learning based wildfire susceptibility mapping using remotely sensed fire data and GIS: A case study of Adana and Mersin provinces, Turkey, *Ecological Informatics*, 69, 101647.

[12]. Lamat R., Kumar M., Kundu A., Lai D. (2020). Forest fire risk mapping using

analytical hierarchy process (AHP) and earth observation datasets: a case study in the mountainous terrain of Northeast India, *SN Applied Sciences*, 3:425, <https://doi.org/10.1007/s42452-021-04391-0>.

[13]. Nasiri V., Sadeghi S., Bagherabadi R., Moradi F., Deljouei A., Borz S. (2022). Modeling wildfire risk in western Iran based on the integration of AHP and GIS, *Environmental Monitoring and Assessment*, 194, 644, <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10318-y>.

[14]. Ruano A., Jolly W., Freeborn P., Nieva D., Vega N., Herrera C., Rodrigues M. (2022). Spatial predictions of human and natural-caused wildfire likelihood across Montana (USA), *Remote Sensing*, 13(8), 1200.

[15]. Sivrikaya F., Kucuk O. (2022). Modeling forest fire risk based on GIS-based analytical hierarchy process and statistical analysis in Mediterranean region, *Ecological Informatics*, 68, 101537.

[16]. Zhang, Youshui, et al. (2013), "Assessment of land surface temperature in relation to landscape metrics and fractional vegetation cover in an urban/peri-urban region using Landsat data", *International Journal of Remote Sensing*. 34 (1), 168-189.

[17]. <http://watch.pcccr.vn/thongKe/diemChay>, truy cập ngày 20/11/2022.

[18]. Landsat Data User Handbooks, <https://www.usgs.gov/>, truy cập ngày 15/02/2023.○

## Summary

### **Application of remote sensing and GIS techniques for building input data sets of forest fire risk prediction model in the western region of Nghe An province**

*Doan Thi Nam Phuong, Nguyen Van Trung, Le Thi Thu Ha*

*Hanoi University of Mining and Geology, Hanoi, Vietnam*

*Trinh Le Hung*

*Le Quy Don Technical University, Hanoi, Vietnam*

Recently, due to the effects of climate change and human activities, forest fires tend to develop complicatedly. Many forest fire risk prediction models based on remote sensing and GIS data have been proposed to assess the risk of forest fires in different areas. The input data set plays a very important role, determining the accuracy and performance of the forest fire risk prediction model. This article presents the results of research on building an input data set for a forest fire risk prediction model in the western region of Nghe An province. Information on terrain, cover, climate-meteorology, and socio-economics is collected and evaluated for importance to the ability to cause forest fires, from which input data sets are selected for the models., including 9 layers : (1) elevation, (2) slope, (3) aspect, (4) vegetation cover density, (5) population density, (6) land surface temperature, (7) evapotranspiration, (8) wind speed, (9) average monthly rainfall.○

Keywords: Forest fire, Remote sensing, GIS, Forest fire risk prediction model, Nghe An province.