

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN**

-----

**ĐẶNG NGÔ BẢO TOÀN**

**NGHIÊN CỨU NGUY CƠ VÀ CẢNH BÁO  
CHÁY RỪNG TỈNH SƠN LA TRÊN CƠ SỞ  
ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ ĐỊA THÔNG TIN**

**Chuyên ngành: Bản đồ, viễn thám và hệ thống tin địa lí  
Mã số: 9440211.01**

**TÓM TẮT DỰ THẢO LUẬN ÁN TIẾN SĨ ĐỊA LÝ**

**Hà Nội- 2020**

Công trình được hoàn thành tại:

**Trường Đại học Khoa học Tự nhiên - Đại học Quốc gia Hà Nội**

Người hướng dẫn khoa học:

**1. GS.TS. Nguyễn Ngọc Thạch**, ĐH Khoa học tự nhiên-ĐHQGHN

**2. PGS.TS. Đinh Thị Bảo Hoa**, ĐH Khoa học tự nhiên-ĐHQGHN

Phản biện 1:

Phản biện 2:

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng cấp cơ sở chấm luận án tiến sĩ họp tại: Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQGHà Nội vào  
hồi:.....giờ, ngày.....tháng.....năm 2020.

Có thể tìm hiểu luận án tại:

- **Thư viện Quốc gia Việt Nam**

- **Trung tâm Thông tin - Thư viện, Đại học Quốc gia Hà Nội**

## MỞ ĐẦU

### 1. Tính cấp thiết của đề tài

Rừng là nguồn tài nguyên có vai trò quan trọng trong điều tiết thủy vực, được xem như “lá phổi xanh” của lãnh thổ Việt Nam. Hiện nay, sự suy giảm tài nguyên rừng không chỉ là vấn đề của riêng ở Việt Nam mà là vấn đề chung của toàn cầu. Một trong những vấn đề nghiêm trọng làm cho tài nguyên rừng suy giảm ngày càng nhanh đó chính là nạn cháy rừng. Theo thống kê của hàng năm của FAO, có khoảng 906 tỉ USD thiệt hại do cháy rừng trên Thế giới. Đồng thời, các nghiên cứu về biến đổi khí hậu cho thấy cháy rừng sẽ nhanh chóng trở thành vấn nạn của nhiều quốc gia vì khí hậu thay đổi dẫn đến En Ni-nô sẽ hoạt động thường xuyên hơn, cường độ mạnh hơn, do đó những đám cháy rừng sẽ xảy ra nhiều hơn.

Tỉnh Sơn La có vị trí địa lý từ 20<sup>0</sup>39’ đến 22<sup>0</sup>02’ vĩ độ Bắc và 103<sup>0</sup>11’ đến 105<sup>0</sup>02’ kinh độ Đông, là Tỉnh trung tâm của vùng Tây Bắc, cách Hà Nội 320 km về phía Tây Bắc; diện tích tự nhiên là 14.174 km<sup>2</sup>, chiếm 4,28% diện tích cả nước, đứng thứ 3 trong số 63 tỉnh, thành phố trong cả nước. Sơn La, hàng năm vào mùa khô (từ tháng XI đến tháng IV) là thời điểm thường xảy ra các vụ cháy rừng gây thiệt hại nghiêm trọng đến môi trường sinh thái và đời sống kinh tế. Theo thống kê, từ năm 1996-2015 cháy rừng đã thiêu hủy gần 7.586,6 ha rừng (chiếm 48,51% tổng diện tích bị cháy của vùng Tây Bắc). Các điểm cháy rừng xảy ra ở độ cao 1.400- 2.000 m và thường xảy ra ở những nơi có điều kiện giao thông khó khăn.

Nghiên cứu “*nguy cơ và cảnh báo cháy rừng (NCCBCR)*” là lĩnh vực thu hút được sự quan tâm đặc biệt của các nhà khoa học trong những năm gần đây với sự hỗ trợ đặc lực của các công nghệ hiện đại. Công nghệ Địa thông tin CNĐTT (*Geoinformation technology*) bao gồm công nghệ 3 hệ thống cơ bản đó là: Hệ thống định vị toàn cầu GPS (Global Positioning Systems), hệ thống viễn thám RS (Remote Sensing) và hệ thống thông tin địa lý GIS (Geographic Information Systems). CNĐTT thu thập, tổng hợp, phân tích, trình diễn, diễn giải, chia sẻ và quản lý các dữ liệu Địa thông tin không gian và các các dữ liệu thuộc tính có liên quan. Ứng dụng CNĐTT trên cơ sở kết hợp kiến thức chuyên gia, phương pháp phân tích đa tiêu chí MCA (*Multi Criteria Analysis*), trí tuệ nhân tạo AI (*Artificial Intelligence*) với việc sử dụng phương pháp học máy ML (*Machine Learning*) cho phép đánh giá, xác định các vùng nguy cơ và dự báo cháy rừng trong tương lai... một cách khoa học, kịp thời, chính xác và tiết kiệm chi phí mang lại hiệu quả thực tiễn cao.

Từ các luận giải như đã nêu trên, tác giả đã lựa chọn đề tài luận án: “Nghiên cứu nguy cơ và cảnh báo cháy rừng tỉnh Sơn La trên cơ sở ứng dụng công nghệ Địa thông tin”.

## **2. Mục tiêu nghiên cứu**

- Hoàn thiện cơ sở lý luận và khoa học cho việc xây dựng được mô hình nghiên cứu NCCBCR ở tỉnh Sơn La theo hướng ứng dụng CNĐTT.
- Xây dựng được mô hình ứng dụng CNĐTT trong nghiên cứu NCCBCR tỉnh Sơn La trên cơ sở kết hợp kiến thức chuyên gia, phương pháp MCA và AI.

## **3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu**

\*Đối tượng nghiên cứu: NCCBCR ở tỉnh Sơn La bằng CNĐTT.

\*Phạm vi không gian: Toàn Tỉnh Sơn La: gồm 11 huyện và 01 thành phố.

\*Phạm vi vấn đề: Luận án chỉ nghiên cứu về NCCBCR. Các nội dung khác như: các công trình phòng chống cháy rừng, phương pháp chữa cháy rừng và phương tiện chữa cháy rừng chưa được xem xét đến.

## **4. Những điểm mới của luận án**

1. Xác định được các nhóm nhân tố đặc trưng và thiết lập được các tiêu chí tham gia vào mô hình nghiên cứu NCCBCR trong điều kiện thực tiễn tỉnh Sơn La.

2. Có thể xác lập, kiểm định và kết hợp thông tin các điểm cháy thông qua việc ứng dụng CNĐTT xử lý các điểm hot spot được cung cấp bởi NASA và các điểm cháy rừng của Cục Kiểm lâm Việt Nam nhằm tăng cường độ chính xác cho các mô hình nghiên cứu về cháy rừng.

3. Ứng dụng CNĐTT trên cơ sở kết hợp kiến thức chuyên gia, phương pháp MCA và AI sử dụng phương pháp học máy bằng các thuật toán: RF (Random forest), SVM (Support vector machine) và MLP (Multi Layer Perceptron) và dữ liệu từ các Trạm thời tiết thông minh iMetos mặt đất góp phần nâng cao hiệu quả trong nghiên cứu NCCBCR ở tỉnh Sơn La.

## **5. Các luận điểm bảo vệ**

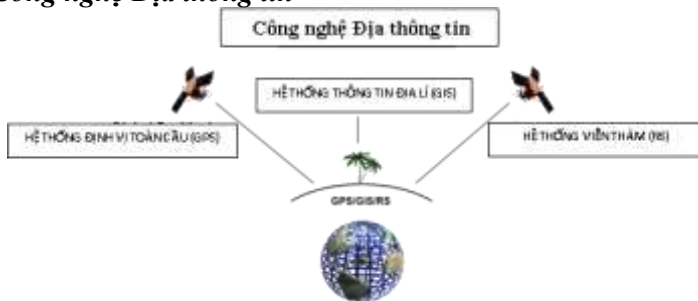
- **Luận điểm 1:** Xác lập mối liên hệ đặc trưng của các yếu tố trong tam giác cháy rừng (trên cơ sở các dữ liệu có thể thu thập được). Từ đó xác định được đặc trưng các nhóm nhân tố chính và xây dựng được các tiêu chí đầu vào cho mô hình NCCBCR tỉnh Sơn La

- **Luận điểm 2:** Mô hình ứng dụng công nghệ Địa thông tin trên cơ sở kết hợp với kiến thức chuyên gia, phương pháp MCA, AI và số liệu cập nhật từ các Trạm thời tiết thông minh iMetos trong nghiên cứu NCCBCR ở tỉnh Sơn La có thể đạt độ tin cậy cao trong thực tiễn và ứng dụng cụ thể cho huyện Thuận Châu thông qua WebGIS cảnh báo nguy cơ cháy rừng.

# CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN CƠ SỞ LÝ LUẬN VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU NGUY CƠ VÀ CẢNH BÁO CHÁY RỪNG TỈNH SƠN LA TRÊN CƠ SỞ ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ ĐỊA THÔNG TIN

## 1.1. Tổng quan về ứng dụng công nghệ Địa thông tin trong nghiên cứu nguy cơ và cảnh báo cháy rừng

### 1.1.1. Công nghệ Địa thông tin



Hình 1.1. Công nghệ Địa thông tin.

### 1.1.2. Tình hình ứng dụng công nghệ Địa thông tin trong nghiên cứu nguy cơ và cảnh báo cháy rừng

Trên Thế giới và Việt Nam hiện nay, các công nghệ được ứng dụng hiện nay trong nghiên cứu NCCBCR tập trung chủ yếu theo các nội như sau:

- Công nghệ phát hiện sớm cháy rừng gồm: Phát hiện cháy rừng bằng ảnh vệ tinh, phát hiện cháy rừng bằng cảm biến quang học và máy ảnh kỹ thuật số (từ trạm quan sát mặt đất) và phát hiện cháy rừng bằng Mạng cảm biến không dây.

- Công nghệ cảnh báo cháy rừng:

- + Nguồn dữ liệu đầu vào gồm 3 tham số: Nhiệt độ lúc 13h, độ ẩm, lượng mưa.

- + Sử dụng thuật toán Nesterop để tính toán đưa ra 5 cấp cảnh báo cháy rừng.

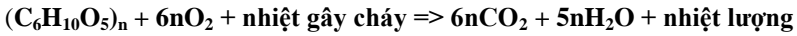
- Công nghệ theo dõi biến động rừng:

Tùy thuộc vào mục đích mà sử dụng ảnh vệ tinh có độ phân giải phù hợp. Nếu theo dõi biến độ rừng với phạm vi biến động nhỏ (dưới 1ha) thì dùng ảnh độ phân giải cao mới có thể nhận biết được phạm vi biến động và có thể lập được bản đồ hiện trạng ở mức tỷ lệ 1/10.000.

## 1.2. Cơ sở lý luận nghiên cứu NCCBCR tỉnh Sơn La trên cơ sở ứng dụng CNTT

### 1.2.1. Nguyên lý phát sinh cháy và cháy rừng

Cháy chỉ xuất hiện khi có 3 yếu tố kết hợp với nhau: nhiệt, oxy và năng lượng cháy cơ bản (nhiên liệu): 3 yếu tố này tạo thành 3 đỉnh của 1 tam giác, được gọi là tam giác cháy (hình 1.2).



**TAM GIÁC CHÁY**

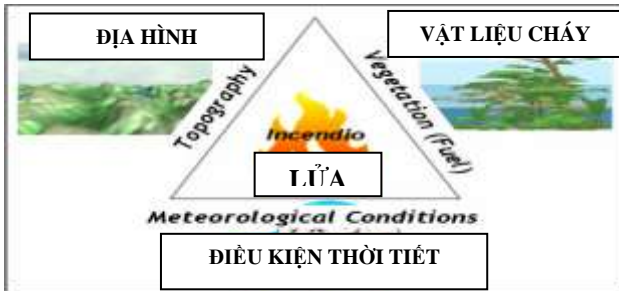


Hình 1.2. Tam giác cháy rừng.

Tam giác cháy đặt trong rừng được gọi là Tam giác cháy rừng (Hình 1.2). Điều kiện cần và đủ cho đám cháy rừng xảy ra là phải đảm bảo đủ 3 yếu tố: Ôxy (16% lượng oxi trong không khí), vật liệu cháy có độ ẩm  $\leq 25\%$  và nguồn nhiệt gây cháy đủ lớn ( $>220\text{-}250^{\circ}\text{C}$ ).

**1.2.2. Các nhân tố ảnh hưởng và nguyên nhân gây cháy rừng**

Cháy rừng là một sản phẩm tương tác giữa các yếu tố môi trường bao gồm: nhiên liệu, địa hình, thời tiết và lửa (Hình 1.3).



Hình 1.3. Tam giác môi trường cháy rừng.

**1.2.3. Phân loại cháy rừng**

1.2.3.1. Theo nguồn nhiệt gây cháy, cháy rừng được chia thành 2 dạng:

- Cháy tự nhiên: cháy phát sinh do các điều kiện tự nhiên như nắng, gió, sét...
- Cháy tiềm năng: cháy xuất hiện trong những vùng rừng tự nhiên có khả năng cháy cao như có than bùn, than lưu huỳnh ...

### 1.2.3.2. Theo tác nhân gây cháy

Cháy rừng được chia thành 3 loại: cháy tự nhiên, cháy theo chủ định của con người và cháy không chủ định do con người.

### 1.2.3.3. Theo VLC

Cháy dưới tán (cháy mặt đất), cháy tán rừng và cháy ngầm (cháy lớp thâm mục dày dưới mặt đất, cháy than bùn).

## 1.2.4. Nguy cơ cháy rừng và cảnh báo nguy cơ cháy rừng

### 1.2.4.1. Nguy cơ cháy rừng

Theo Tổ chức nông lương thế giới (FAO): “Cháy rừng là sự xuất hiện và lan truyền của những đám cháy trong rừng mà không nằm trong sự kiểm soát của con người, gây nên những tổn thất về nhiều mặt tài nguyên, của cải và môi trường”.



Hình 1.4. Quy ước cảnh báo nguy cơ cháy rừng theo chỉ số Nesterop..

“Nguy cơ cháy rừng” là thuật ngữ dùng để chỉ khả năng xảy ra cháy rừng. Ở Việt Nam hiện nay, cấp dự báo cháy rừng sử dụng gồm 5 cấp được quy định trong Quyết định số 127/2000/QĐ-BNN-KL của Bộ trưởng Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn (hình 1.4).

### 1.2.4.2. Cảnh báo nguy cơ cháy rừng

Cảnh báo nguy cơ cháy rừng là việc xác định cấp nguy cơ cháy cho các loại rừng.

- *Xác định mùa cháy rừng:*

Mùa cháy rừng là khoảng thời gian thường xảy ra cháy rừng trong năm. Mùa cháy rừng được xác định theo chỉ số khô hạn của Gaussel - Walter - Thái Văn Trùng (bảng 1.1).

Bảng 1.1. Chỉ số khô hạn các vùng sinh thái cả nước.

TT	Vùng sinh thái	Các tháng trong năm											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	Tây Bắc				■							■	■
2	Đông Bắc				■	■							
3	Đông bằng sông Hồng				■								■
4	Bắc Trung Bộ				■	■	■	■	■	■			
5	Duyên hải miền Trung	■	■					■	■	■			
6	Tây Nguyên	■	■									■	■
7	Đông Nam Bộ						■	■					
8	Đông bằng sông Cửu Long											■	■

■ Tháng hạn kiệt  
 ■ Tháng khô

- *Xác định thời gian cháy trong ngày:* Theo nghiên cứu của TS. Phạm Ngọc Hưng 87% số vụ cháy xảy ra trong ngày từ 10h sáng đến 17h chiều.

- *Xác định mức độ ảnh hưởng của các yếu tố điều kiện tự nhiên, KTXH:* Khu vực có nguy cơ cháy rừng cao là những vùng có đặc điểm khí hậu khô hạn, địa hình dốc, trạng thái rừng có khối vật liệu cháy lớn và chứa tinh dầu...

### 1.2.5. Các chỉ tiêu phân vùng nguy cơ cháy rừng và thành lập bản đồ phân vùng nguy cơ cháy rừng

Phạm Ngọc Hưng cho rằng: cháy rừng là quá trình phức tạp luôn chịu ảnh hưởng của nhiều nhân tố tự nhiên và xã hội được xem là những chỉ tiêu phân vùng nguy cơ cháy rừng, bao gồm:

- 1) Yếu tố đặc trưng của rừng: Cấu trúc lâm phần, kiểu rừng.
- 2) Yếu tố đặc trưng của kết cấu vật liệu cháy: Kích thước vật liệu, sự sắp xếp và phân bố của vật liệu, độ ẩm của vật liệu và khối lượng vật liệu cháy.
- 3) Yếu tố khí hậu và thời tiết: Nhiệt độ không khí, đặc biệt là nhiệt độ không khí ngày, độ ẩm tương đối của không khí, tốc độ gió, lượng mưa và thời gian mưa.
- 4) Yếu tố địa hình: độ dốc của địa hình; hướng sườn; vị trí tương đối theo sườn dốc.

Vì vậy, cơ sở quan trọng nhất để xây dựng bản đồ phân vùng trọng điểm cháy rừng là đặc điểm phân hoá khí hậu và phân bố của các trạng thái rừng dễ cháy của các địa phương. Theo GS.TS Vương Văn Quỳnh: “*Bản đồ phân vùng trọng điểm cháy rừng là bản đồ địa lý, trên đó lãnh thổ được chia thành những vùng có mức nghiêm trọng khác nhau về cháy rừng*”. Bản đồ phân vùng trọng điểm cháy rừng có thể được xây dựng cho từng tháng hoặc cả năm.



**1.2.6. Khả năng ứng dụng CNTT trong nghiên cứu NCCBCR trên cơ sở kết hợp kiến thức chuyên gia, phương pháp MCA và AI**

Trong những năm gần đây, mô hình nghiên cứu NCCBCR ứng dụng công nghệ địa thông tin trên cơ sở kết hợp kiến thức chuyên gia, phương pháp MCA và AI đã được sử dụng rộng rãi trong nghiên cứu như: MLP (Satir et al., 2015), SVM (Sakr et al., 2011), RF (Arpaci et al., 2014); (Oliveira et al., 2012), phân loại hồi quy logistic với chức năng Kernel (Tien Bui et al., 2016a) và thần kinh mờ NF (neural fuzzy) (Tien Bui et al., 2017b). Các nghiên cứu trên đã chứng minh mô hình học máy có khả năng mang lại kết quả nghiên cứu tốt hơn.

**1.3. Quan điểm, phương pháp và quy trình nghiên cứu**

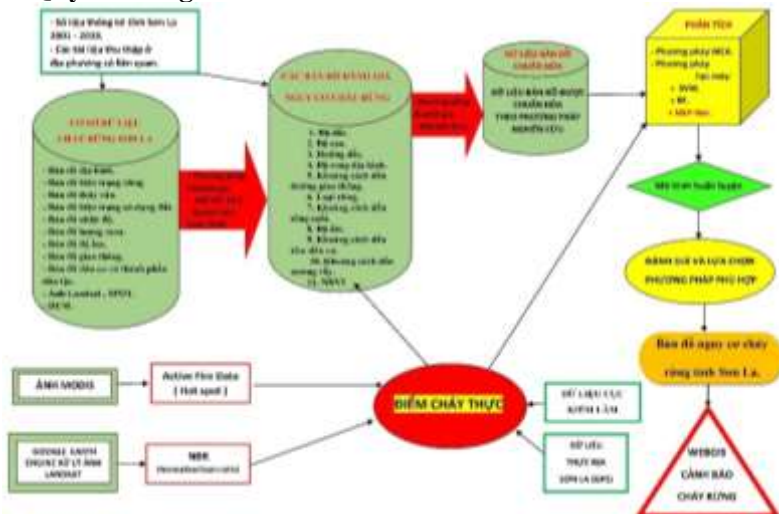
**1.3.1. Quan điểm nghiên cứu**

Quan điểm hệ thống, quan điểm tổng hợp và quan điểm lãnh thổ.

**1.3.2. Phương pháp nghiên cứu**

Luận án đã sử dụng các phương pháp nghiên cứu truyền thống của Địa lí học (là phương pháp nghiên cứu trong phòng kết hợp với phương pháp nghiên cứu ngoài thực địa) kết hợp với các phương pháp nghiên cứu cụ thể như sau: i) Phương pháp tổng hợp, kế thừa và phân tích tài liệu, ii) Phương pháp khảo sát thực địa, iii) Phương pháp chuyên gia, iv) Phương pháp bản đồ, v) Phương pháp Viễn thám, vi) Phương pháp GIS, viii) Phương pháp phân tích đa chỉ tiêu MCA (Multi Criteria Analysis), ix) Phương pháp học máy (Machine Learning): RF, SVM và MLP.

**1.3.3. Quy trình nghiên cứu**



## CHƯƠNG 2. PHÂN TÍCH ĐẶC ĐIỂM CÁC NHÂN TỐ ĐẶC TRƯNG GÂY CHÁY RỪNG TỈNH SON LA

### 2.1. Đặc điểm cháy rừng ở tỉnh Sơn La

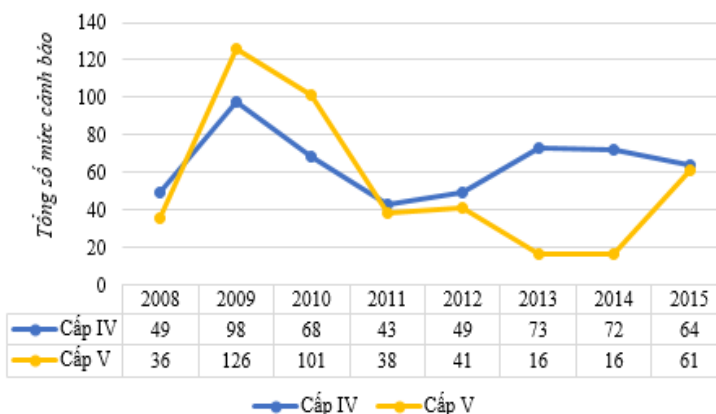
#### 2.1.1. Diễn biến cháy rừng và hiện trạng rừng

Theo thống kê, từ năm 2001-2010, toàn tỉnh Sơn La đã xảy ra 327 vụ cháy, diện tích cháy 1.005,9 ha.

*Bảng 2.1. Số vụ cháy rừng từ năm 2011-2015 tỉnh Sơn La.*

T T	Huyện	2011	2012	2013	2014	2015	Tổng	Diện tích nguy cơ mức IV, V (ha)
1	Mộc Châu	0	1	1	1	8	11	12.342,4
2	Vân Hồ	0	0	1	1	10	12	20.237,7
3	Bắc Yên	2	1	3	2	16	24	31.793,2
4	Sông Mã	0	1	1	1	4	7	8.310,3
5	Quỳnh Nai	1	0	1	2	8	12	21.423,5
6	Phù Yên	1	0	0	2	2	5	10.589,8
7	Yên Châu	0	2	1	1	3	7	15.604,9
8	Thuận Châu	2	3	0	2	10	16	28.339,2
9	TP. Sơn la	1	1	0	2	3	7	8.879,5
10	Sốp Cộp	1	1	2	3	8	15	16.699,2
11	Mường La	0	1	5	3	6	15	23.165,2
12	Mai Sơn	2	3	0	1	5	11	24.833,8

**Mức độ cảnh báo cháy của huyện Sơn La**



Hình 2.1. Tổng số mức độ cảnh báo cháy rừng tỉnh Sơn La (2008-2015).

Trong những ngày nắng nóng từ tháng 3 đến tháng 5/2013, trên địa bàn bản Hốc xã Nặm Păm thuộc huyện Mường La, Sơn La đã xảy ra cháy rừng ở khu vực Pù Nặm Minh.



*Hình 2.2. Cháy tại bản Hốc xã Nặm Păm thuộc huyện Mường La, do địa hình hiểm trở nên công tác chữa cháy gặp nhiều khó khăn.*

### **2.1.2. Nguyên nhân và hậu quả cháy rừng**

Có nhiều nguyên nhân gây cháy rừng nhưng nguyên nhân chính vẫn là do tập quán canh tác nương rẫy mà cháy rừng thường xuyên xuất hiện ở Sơn La vào mùa khô (từ tháng XI đến tháng IV).

### **2.1.3. Công tác PCCCR**

Hiện nay, Sơn La đã kiện toàn 215 đơn vị (Ban Chỉ huy BVR và PCCCR) từ huyện đến xã nhằm tăng cường vai trò của lực lượng chuyên trách và bán chuyên trách PCCCR của các cấp, các ngành, lực lượng vũ trang và các địa phương.

## **2.2. Đặc trưng của các nhân tố chính gây cháy rừng ở Sơn La**

Trên cơ sở những luận giải như đã nêu trên, luận án đã đề xuất chia thành 03 nhóm nhân tố chính liên quan trực tiếp đến nghiên cứu NCCBCR dựa trên các đặc trưng về điều kiện địa lí ở tỉnh Sơn La:

### **2.2.1. Nhóm các nhân tố điều kiện KTXH**

#### **2.2.1.1. Đặc điểm dân số**

Tình hình dân số phân bố trên địa bàn có rừng không đều, thực trạng phân bố dân cư có ảnh hưởng rất lớn đến việc tổ chức lực lượng cũng như triển khai công tác phòng cháy chữa cháy rừng, nhất là vùng núi cao, vùng sâu, vùng xa. Mặt khác tập quán sản xuất canh tác nương rẫy là tập quán lâu đời của đồng bào các dân tộc miền núi, ngoài các hoạt động săn bắt, đốt tổ ong, đốt than, đốt đồi cỏ để chăn nuôi gia súc là mối tiềm ẩn gây nên cháy rừng.

### 2.2.1.2. Đặc điểm hệ thống giao thông

Hệ thống giao thông vận tải đường bộ chưa đáp ứng nhu cầu phát triển kinh tế của Tỉnh. Đường mòn phục vụ các hoạt động đi rừng, đốt nương, làm rẫy của đa số dân tộc thiểu số tiềm ẩn nguy cơ cháy rừng cao.

### 2.2.1.3. Đặc điểm tình hình sử dụng đất

Quỹ đất của Tỉnh lớn (1.417.444 ha), đứng thứ 3 cả nước với mức bình quân khoảng 1,3 ha/người. Trong đó, đất nông nghiệp, chiếm 62,7%, đất chưa sử dụng chiếm 32,8 % và phi nông nghiệp chiếm 4,5%.

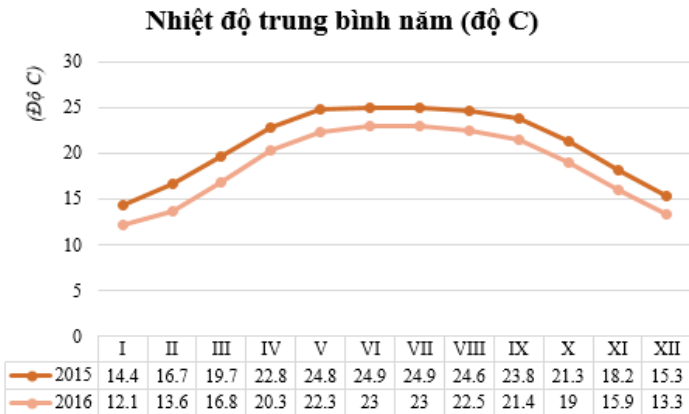
Tuy nhiên, bình quân đất sản xuất nông nghiệp/người lại thấp (khoảng 0,23 ha/người) và đa phần sản xuất nông nghiệp nằm trên độ dốc lớn, bị xói mòn, rửa trôi mạnh, gây trở ngại cho phát triển nông nghiệp và thiếu đất phát triển đô thị.

### 2.2.2. Nhóm các nhân tố thời tiết-khí hậu

Nằm trong vùng khí hậu **B1-Vùng khí hậu Tây Bắc**, thuộc **Tiểu vùng khí hậu Nam Tây Bắc (B1.2)**, khí hậu Sơn La mang sắc thái *nhật đới gió mùa có mùa đông lạnh của vùng núi và cao nguyên*-một trong những kiểu khí hậu nhiệt đới gió mùa khá đặc sắc ở nước ta.

#### 2.2.2.1. Chế độ nhiệt

Chế độ nhiệt cũng bị phân theo hai mùa (hình 2.4). Mùa đông lạnh khô kéo dài từ tháng X đến tháng III năm sau. Tháng I là tháng lạnh nhất. Mùa hè nóng ẩm, thường kéo dài từ tháng IV đến tháng IX. Nóng nhất là các tháng VI và VII.



Hình 2.3. Biểu đồ nhiệt độ trung bình tháng năm 2015 và 2016 (°C).

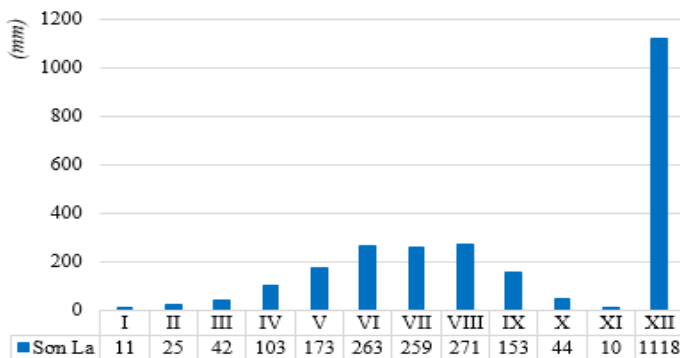
#### 2.2.2.2. Chế độ ẩm

Chế độ mưa - ẩm Sơn La phân thành hai mùa (hình 2.5):

- Mùa đông là mùa ít mưa, lượng mưa dưới 10% lượng cả năm, độ ẩm không khí thấp, xuống tới 75-76%. Tháng XII và tháng I là những tháng có lượng mưa nhỏ nhất.

- Mùa mưa, là thời kỳ mà lượng mưa tháng đạt trên 100mm thì ở Sơn La mùa mưa bắt đầu vào tháng V và kéo dài tới tháng IX. Trong mùa này lượng mưa chiếm tới 90% lượng mưa cả năm.

**Lượng mưa trung bình tháng (mm)**



*Hình 2.4. Biểu đồ lượng mưa trung bình tháng (mm).*

Sơn La còn có các hiện tượng thời tiết đặc biệt như: Mùa nóng là thời kỳ thịnh hành thời tiết nóng khô ở nhiều nơi, nhất là ở vùng thấp nam Sơn La (Yên Châu có tới 20 ngày nóng khô; những ngày này nhiệt độ lúc 13h trên 34°, độ ẩm dưới 65%). Sương muối: hàng năm ở Sơn La có từ 1 đến 3 ngày sương muối. Sương mù: Yên Châu là nơi có nhiều sương mù nhất, hàng năm có tới 111 ngày có sương mù. Diễn biến thời tiết phức tạp đã làm cho thảm thực vật rừng bị chết, gây đổ hàng loạt, tạo lớp vật liệu cháy không lồ trong rừng.

### **2.2.3. Nhóm các nhân tố điều kiện tự nhiên**

#### **2.2.3.1. Độ cao**

Những nơi địa hình cao thường khô hạn kéo dài, nắng nhiều và dao động nhiệt độ lớn hơn rất nhiều so với địa hình thấp. Các điều kiện địa hình tạo ra có ảnh hưởng trực tiếp đến điều kiện bốc hơi nước của vật liệu cháy hoặc chi phối quy mô, tốc độ lan rộng các đám cháy rừng. Ở vùng núi phía Bắc, từ độ cao 900 mét trở lên, có thể hay gặp băng giá làm chết khô lá và cây nên cũng là nơi có nguy cơ cháy cao.

Sơn La mang đặc điểm điển hình của vùng Tây Bắc với độ cao trung bình 600-700m so với mặt nước biển, địa hình bị chia cắt mạnh bởi sông Đà, sông Mã và các dãy núi cao.

Địa hình của Sơn La bị chia cắt và tạo thành ba vùng sinh thái : Vùng trục quốc lộ 6, vùng lòng hồ sông Đà và vùng cao biên giới. Riêng hai

cao nguyên lớn Mộc Châu và Nà Sản với độ cao hàng trăm mét đã tạo nên nét đặc trưng cho địa hình Sơn La.

### 2.2.3.2. Độ dốc

Độ dốc ảnh hưởng đến mức độ lan rộng của bề mặt cháy bằng cách thay đổi mức độ nóng sơ bộ của các nhiên liệu chưa cháy phía trước ngọn lửa. Ở độ dốc 15- 20° ngọn lửa được truyền đi gần như là liên tục. Ngược lại, nếu độ dốc giảm xuống thì mức độ lan rộng của đám cháy cũng giảm.

### 2.2.3.3. Hướng sườn

Hướng sườn của địa hình ảnh hưởng đến cháy thông qua các biến đổi tổng lượng bức xạ Mặt Trời và gió mà các hướng sườn nhận được. Ở phía Bắc bán cầu, các hướng dốc Nam, Tây Nam thuận lợi để bắt cháy và lan rộng do những hướng này nhận được nhiều ánh nắng Mặt Trời hơn, do đó có độ ẩm thấp và nhiệt độ nhiên liệu cao hơn hướng Bắc và hướng Đông.

### 2.2.3.4. Đặc điểm tài nguyên rừng

Tài nguyên rừng có liên quan trực tiếp tới nguồn vật liệu cháy, tính chất và khối lượng vật liệu cháy do đặc điểm của kiểu rừng và loại hình thực bì quyết định, từ đó dẫn đến tính bắt lửa và quy mô đám cháy.

Theo kết quả điều tra xây dựng bản đồ hiện trạng rừng và sử dụng đất, đến năm 2015, tổng diện tích đất có rừng của Sơn La là 515.952,47 ha, tương ứng với độ che phủ là 36,56%.

Những số liệu thống kê về diễn biến diện tích rừng toàn Tỉnh qua các năm (bảng 2.2) cụ thể như sau:

*Bảng 2.2. Diễn biến rừng Sơn La năm 2011-2015 [42]*

TT	Năm	Tổng DT tự nhiên (ha)	Tổng DT đất LN (ha)	Trong đó (ha)			Độ che phủ (%)
				Rừng tự nhiên	Rừng trồng	Đất trống	
1	<b>2011</b>	1.405.500	913.339,80	550.920,50	20.148,20	324.271,10	40,60
2	<b>2012</b>	1.412.500	930.184,15	561.125,84	21.802,97	347.255,34	41,17
3	<b>2013</b>	1.412.500	929.721,50	560.440,20	22.589,40	346.691,90	41,20
4	<b>2014</b>	1.412.500	929.042,60	559.896,20	23.597,40	345.549,40	41,20
5	<b>2015</b>	1.417.440	929.047,80	562.860,10	24.109,60	342.078,10	41,30
So sánh năm (2011-2015)		<b>Tăng 11.940</b>	<b>Tăng 15.708</b>	<b>Tăng 11.939,6</b>	<b>Tăng 3.961,4</b>	<b>Giảm 193</b>	<b>Tăng 0,7</b>

### 2.3.2.5. Hệ thống sông ngòi

Sơn La có hệ thống thủy văn phong phú, khá dày với 2 hệ thống chính là sông Đà và sông Mã.

### 2.3. Lựa chọn bộ chỉ tiêu cho nghiên cứu NCCBCR

Trên cơ sở kế thừa các nghiên cứu, ý kiến của các chuyên gia và phân tích các nhóm nhân tố chính ảnh hưởng trực tiếp đến nghiên cứu NCCBCR ở tỉnh Sơn La.

*Bảng 2.3. Bộ chỉ tiêu cho xây dựng mô hình nghiên cứu NCCBCR tỉnh Sơn La.*

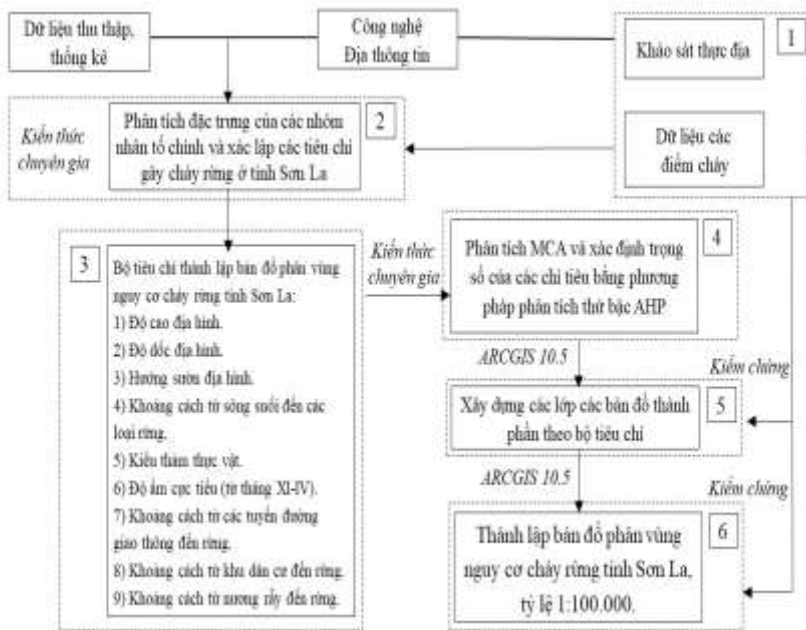
<b>Nhóm các nhân tố</b>	<b>Chỉ tiêu lựa chọn</b>	<b>Nguồn dữ liệu đầu vào</b>
Điều kiện tự nhiên	1) Kiểu thảm thực vật rừng.	Bản đồ phân loại thảm thực vật rừng, ảnh viễn thám.
	2) Chỉ số phân loại thực vật NDVI.	Ảnh viễn thám.
	3) Độ cao của địa hình.	Mô hình số độ cao.
	4) Độ dốc của địa hình.	Mô hình số độ cao.
	5) Hướng sườn địa hình.	Mô hình số độ cao.
	6) Khoảng cách từ sông suối đến các khu rừng.	Nội suy từ bản đồ thủy văn.
Điều kiện KTXH	7) Khoảng cách từ các khu dân cư đến các khu rừng.	Nội suy từ bản đồ hiện trạng sử dụng đất.
	8) Khoảng cách từ đất canh tác nương rẫy đến các khu rừng.	Nội suy từ bản đồ hiện trạng sử dụng đất.
	9) Khoảng cách từ các tuyến đường giao thông đến các khu rừng.	Nội suy từ bản đồ giao thông.
	10) Hiện trạng sử dụng đất.	Nội suy từ bản đồ hiện trạng sử dụng đất
Điều kiện thời tiết-khí hậu	11) Nhiệt độ trung bình ngày các tháng mùa khô (từ tháng XI đến tháng IV năm sau).	Số liệu quan trắc của các Trạm Khí tượng Thủy văn.
	12) Lượng mưa trung bình tháng (tháng XI đến tháng IV năm sau).	Số liệu quan trắc của các Trạm Khí tượng Thủy văn.
	13) Độ ẩm cực tiểu (từ tháng XI đến tháng IV năm sau).	Số liệu quan trắc của các Trạm Khí tượng Thủy văn.

# CHƯƠNG 3. ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ ĐỊA THÔNG TIN TRONG NGHIÊN CỨU NGUY CƠ VÀ CẢNH BÁO CHÁY RỪNG TỈNH SƠN LA

## 3.1. Nghiên cứu thành lập bản đồ NCCBCR tỉnh Sơn La

### 3.1.1. Thành lập bản đồ nguy cơ cháy rừng tỉnh Sơn La theo phương pháp phân tích đa chỉ tiêu MCA (Multi Criteria Analysis)

#### 3.1.1.1. Quy trình thực hiện



Hình 3.1. Quy trình nghiên cứu thành lập bản đồ cháy rừng tỉnh Sơn La.  
a/ Tạo cơ sở dữ liệu về cháy rừng

Từ các dữ liệu thu thập được xây dựng các lớp thông tin bản đồ: độ cao, độ dốc, nhiệt độ, hướng dốc, rừng, sông suối, độ ẩm cực tiểu, khoảng cách đến khu dân cư, khoảng cách tới nương rẫy, khoảng cách tới đường giao thông.

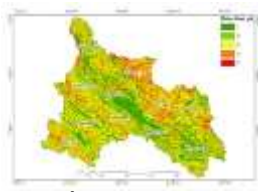
Đây là các bản đồ cơ sở để xây dựng các bản đồ đánh giá theo các tiêu chí của mô hình nghiên cứu NCCBCR.



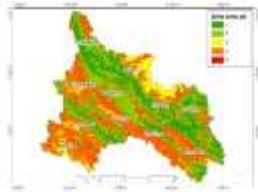
b/ Đánh giá các lớp thông tin cho nguy cơ cháy rừng

Bảng 3.1. Bảng đánh giá nguy cơ cháy cho lớp thông tin rừng.

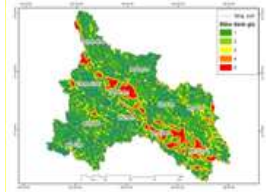
Mức độ đánh giá	Độ dốc	Độ cao (m)	KC tới giao thông (km)	Hướng dốc	Loại rừng	KC tới sông suối (m)	Độ ẩm %	KC tới Khu dân cư (km)	KC tới nương rẫy (m)
1	0-8°	1600- =<1900	<0.5	Bắc Đông Nam	ĐK, DC, IIIa1, IIIa3, NN, ONT, TC, Ivb, Chè	<200	60- 100	1-1.5	>=400
2	8°- 15°	1300- =<1600	0.5-1	Đông Bắc	Ia	200-400	55- =<60	1.5-=<2	350-=<400
3	15°- 25°	1100- =<1300	1-1.5	Đông Nam	HG, Ic, Iia, IIa2, Iib, Nương rẫy, Thông	400-600	50- =<55	2-=<2,5	300-=<350
4	25°- 45°	1100- =<120	1.5-2	Tây Nam Tây Bắc	Ib, Nứa, Tre	600-800	45- =<50	2.5-=<3	200-=<300
5	>45°	1200- =<1300	>2	Tây	Loi, NR, RT	>800	<45	>=3	0-=<200



Bản đồ đánh giá theo độ dốc



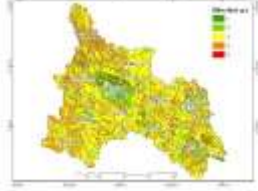
Bản đồ đánh giá theo độ cao



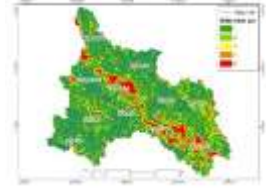
Bản đồ đánh giá theo KC tới đường giao thông



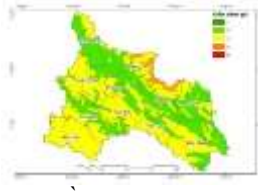
Bản đồ đánh giá theo hướng dốc



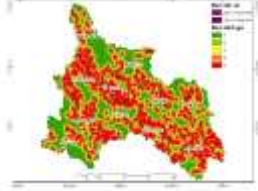
Bản đồ đánh giá theo loại rừng



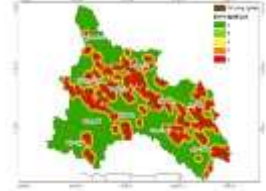
Bản đồ đánh giá theo KC tới sông suối



Bản đồ đánh giá theo độ ẩm cực tiểu



Bản đồ đánh giá theo KC tới khu dân cư



Bản đồ đánh giá theo KC tới nương rẫy

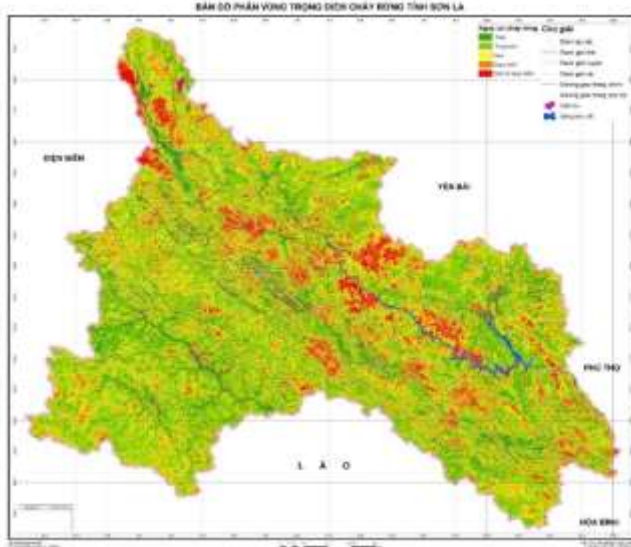
Hình 3.2. Các lớp thông tin đánh giá cho bản đồ nguy cơ cháy rừng  
c/ Xác định trọng số của các hợp phần

Bảng 3.2. Ma trận tính trọng số các chỉ tiêu phân vùng trọng điểm cháy

Chỉ tiêu	R	ĐA	ĐC	GT	ĐD	SS	HD	NR	ĐC	Tổng	Trọng số
<b>R</b>	0.34	0.43	0.22	0.18	0.25	0.18	0.41	0.25	0.20	2.46	0.27
<b>ĐA</b>	0.17	0.22	0.20	0.18	0.20	0.18	0.27	0.19	0.27	1.86	0.21
<b>ĐC</b>	0.04	0.03	0.02	0.42	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.56	0.06
<b>GT</b>	0.11	0.07	0.00	0.06	0.14	0.14	0.07	0.19	0.20	0.98	0.11
<b>ĐD</b>	0.04	0.03	0.10	0.01	0.03	0.07	0.02	0.02	0.01	0.33	0.04
<b>SS</b>	0.04	0.03	0.07	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.22	0.02
<b>HD</b>	0.11	0.11	0.20	0.12	0.17	0.18	0.14	0.22	0.20	1.44	0.16
<b>NR</b>	0.04	0.04	0.07	0.01	0.06	0.07	0.02	0.03	0.02	0.36	0.04
<b>ĐC</b>	0.11	0.05	0.10	0.02	0.14	0.16	0.05	0.09	0.07	0.79	0.09

$CR = CI / RI = 0.095 / 1.46 = 0.065 < 0.1$  (đảm bảo độ tin cậy)

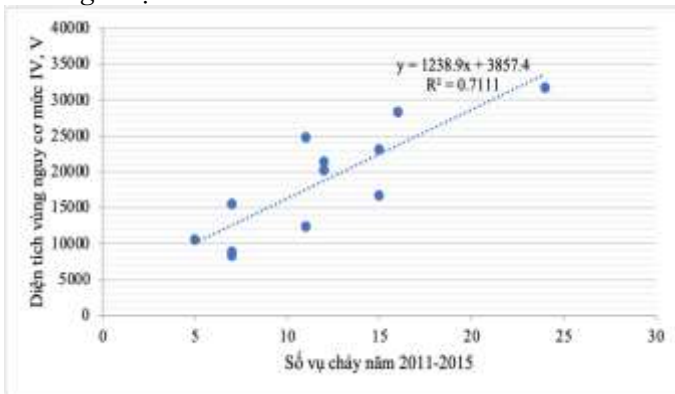
d/ Phương trình tích hợp nguy cơ cháy rừng và bản đồ kết quả



Hình 3.3. Bản đồ phân vùng trọng điểm cháy rừng tỉnh Sơn La.

Sau khi tính toán, so sánh cặp để tìm trọng số, hàm tính nguy cơ cháy với 9 tham số cụ thể như sau:  $CR = R*0.27 + ĐA*0.21 + ĐC*0.06 + GT*0.11 + ĐD*0.04 + SS*0.02 + HD*0.16 + NR*0.04 + DC*0.09$

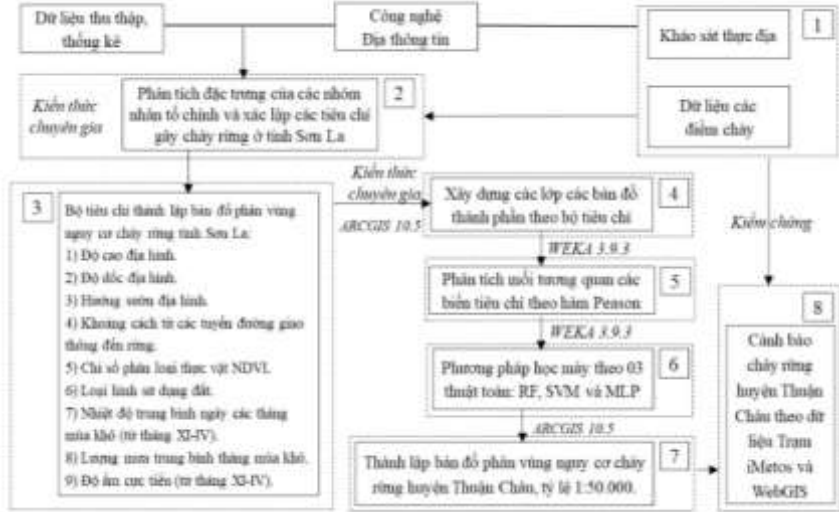
3.1.1.2. Đánh giá độ chính xác của mô hình



Hình 3.4. Quan hệ giữa số điểm cháy thực tế và diện tích khu vực có nguy cơ cao (cảnh báo cấp IV, V) trên bản đồ phân vùng cháy rừng.

Hệ số tương quan cho thấy kết quả đánh giá độ chính xác của mô hình là phù hợp cho nghiên cứu.

### 3.1.2. Thành lập bản đồ cảnh báo cháy rừng tỉnh Sơn La theo phương pháp học máy (áp dụng cho huyện Thuận Châu)



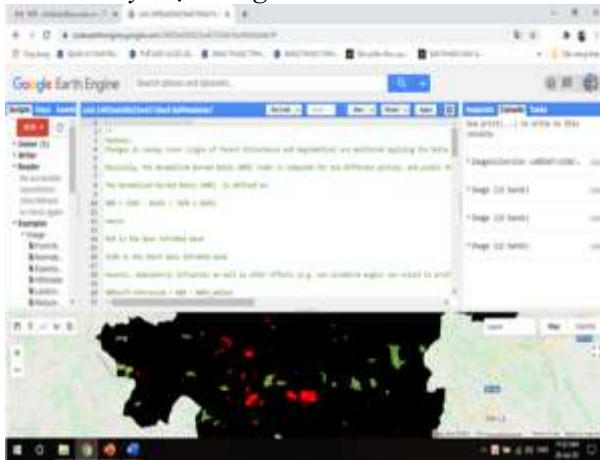
Hình 3.5. Quy trình nghiên cứu thành lập bản đồ cảnh báo cháy rừng ở huyện Thuận Châu.

#### 3.1.2.1. Xác định và kiểm chứng các điểm cháy

##### a/ Xác định các điểm cháy

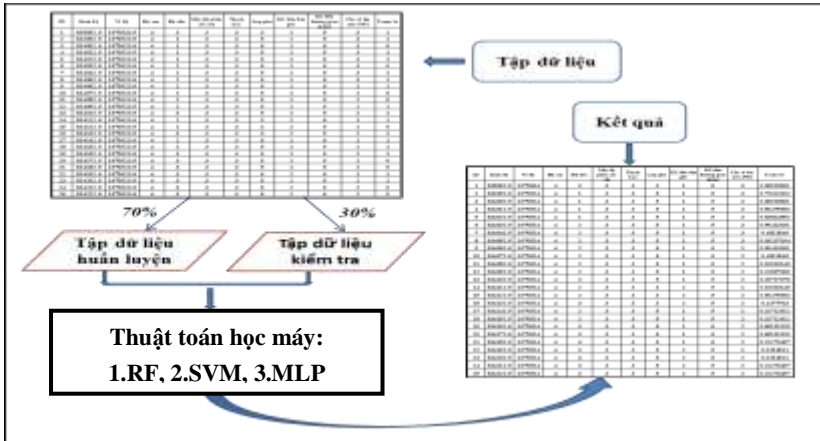
Dựa vào dữ liệu các điểm **Hot spot** thu thập được từ NASA.

##### b/ Xác nhận các điểm cháy thực bằng ảnh viễn thám



Hình 3.6. Cấp giá trị NBR và hiển thị kiểm tra điểm cháy trên ảnh Landsat 8

### 3.1.2.2. Xây dựng dữ liệu mô hình



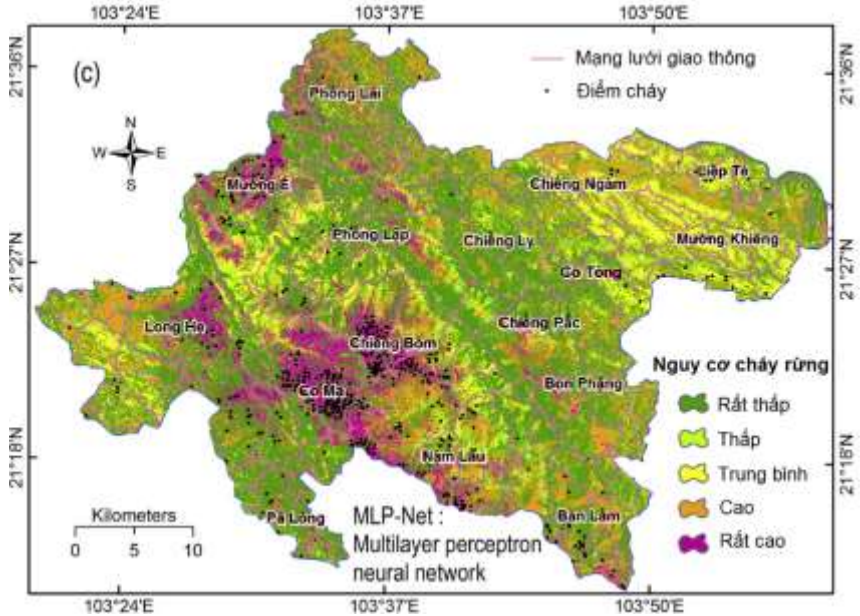
Hình 3.7. Mô hình dữ liệu học máy

### 3.1.2.3. Đánh giá độ chính xác của mô hình

Bảng 3.3. Kết quả thống kê độ chính xác 03 thuật toán

STT	Chỉ số thống kê	SVM	RF	MLP
1	TP Đúng tích cực	297	276	330
2	TN Âm tính thật	311	334	329
3	FP Sai dương tính	96	117	63
4	FN Sai âm tính	82	59	64
5	PPAKhả năng dự đoán tích cực (%)	75.6	70.2	84.0
6	NPAKhả năng dự đoán tiêu cực (%)	79.1	85.0	83.7
7	SENSĐộ nhạy (%)	78.4	82.4	83.8
8	SPECĐặc biệt (%)	76.4	74.1	83.9
9	ACCĐộ chính xác phân loại (%)	77.4	77.6	83.8
10	Chỉ số Kappa	0.547	0.552	0.679
11	AUC Diện tích dưới đường cong	0.844	0.844	0.904

### 3.1.2.4. Xây dựng bản đồ theo mô hình



Hình 3.8. Bản đồ phân vùng nguy cơ cháy rừng huyện Thuận Châu theo thuật toán MLP.

Bảng 3.4. Phân cấp nguy cơ cháy rừng huyện Thuận Châu.

Diện tích (km <sup>2</sup> )	Mật độ cháy			Nguy cơ cháy rừng	Tỷ lệ cháy (%)
	MLP	RF	SVM		
106,3	5,1	3,6	4,3	Rất cao	90-100
106,3	0,4	2,0	1,4	Cao	80-90
159,5	0,3	0,1	1,1	Trung bình	65-80
265,8	0,9	1,3	0,6	Thấp	40-65
425,4	0,4	0,1	0,2	Rất thấp	0-40

AUC của mô hình MLP, SVM và RF hỗ trợ lần lượt là: 0,925; 0,867 và 0,883 trong đó độ chính xác của MLP là cao nhất.

## 3.2. Xây dựng mô hình cảnh báo sớm cháy rừng (áp dụng thí điểm cho huyện Thuận Châu)

### 3.2.1. Nguyên lý thực hiện mô hình

Cảnh báo nguy cơ cháy là cung cấp thông tin về cháy rừng ở cấp cao nhất, gần đến mức phản ứng cháy có thể phát sinh. Thông tin cảnh báo

kip thời có thể ngăn cản cháy rừng xảy ra hoặc dập tắt đám cháy khi xảy ra cháy. Cảnh báo nguy cơ cháy căn cứ vào kết quả phân tích đặc điểm thời tiết từ Trạm thời tiết thông minh iMetos ở huyện Thuận Châu và đặc điểm trạng thái rừng để dự báo nguy cơ cháy rừng. Có thể phân cấp nhiệt độ về nguy cơ cháy và độ ẩm không khí như sau: (bảng 3.4)

Bảng 3.4. Phân cấp nguy cơ cháy theo nhiệt độ và độ ẩm.

Cấp nguy cơ	Nhiệt độ 0°	Độ ẩm không khí sát mặt đất (%)	Mô tả
0	< 36	> = 80	Không có cháy rừng
I	36 - <37	70 - <80	Khả năng cháy rất thấp
II	37 - <38	60 - <70	Khả năng cháy trung bình
III	38 - <39	50 - <60	Khả năng cháy cao
IV	39 - <40	40 - <50	Khả năng cháy rất cao
V	≥ 40	=< 40	Khả năng cháy cực kỳ cao

Bản đồ cảnh báo cháy rừng (hình 3.11) theo hàm tính sau:

$$CBCR = \sqrt{\frac{NCCR * (T + Hm)}{2}}$$

Trong đó: CBCR - bản đồ cảnh báo cháy rừng.

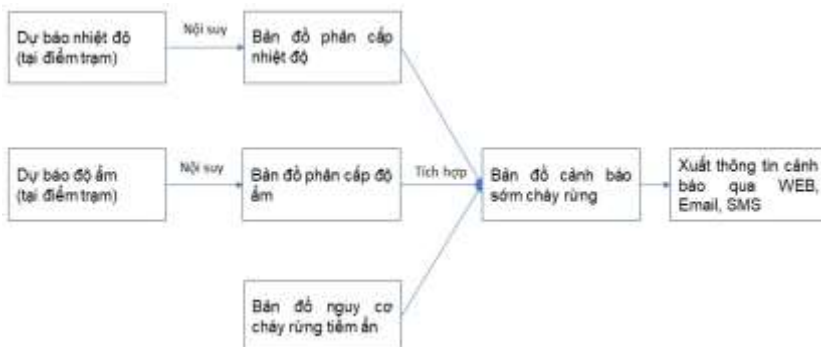
NCCR - bản đồ nguy cơ cháy rừng.

T - bản đồ nhiệt độ dự báo đã phân cấp.

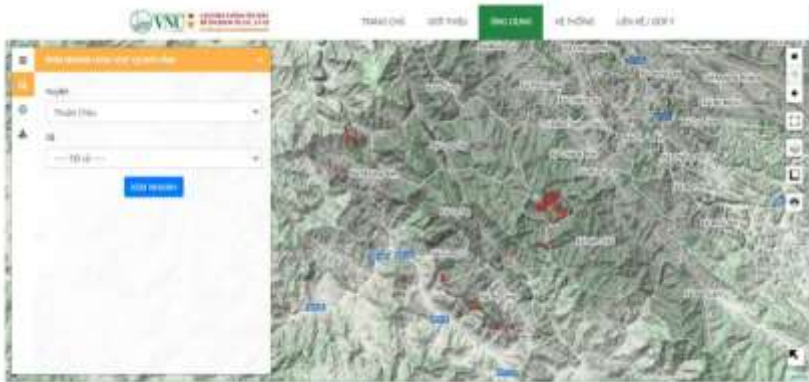
Hm - bản đồ độ ẩm không khí đã phân cấp.

Bản đồ cảnh báo sẽ được chia 5 cấp phục vụ cho cảnh báo:

- Cấp I < 1.837270559
- Cấp II từ 1.837270559-2.353460976
- Cấp 3 từ 2.353460976-2.814111919
- Cấp IV từ 2.814111919-3.274762861
- Cấp V > 3.274762861

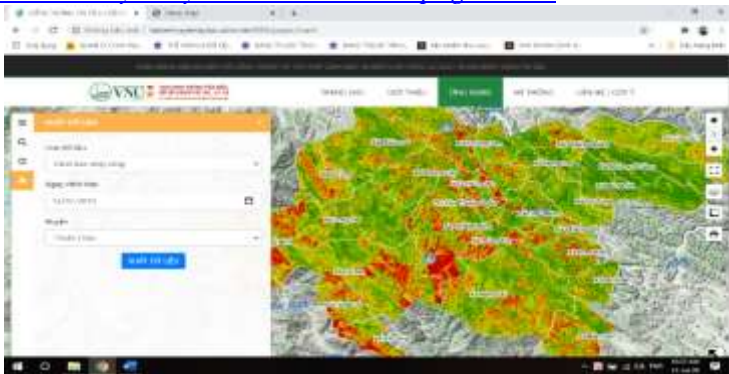


Hình 3.9. Sơ đồ hệ thống tích hợp cảnh báo nguy cơ cháy rừng



Hình 3.10. Giao diện WebGIS cảnh báo sớm nguy cơ cháy rừng tại Thuận Châu ngày 22-04-2109 (Theo bản tin ngày 20-04-2019).

3.2.2. Tích hợp kết quả nghiên cứu vào WebGIS trong dự báo cháy rừng <http://taibienhuyentaybac.ddns.net:8088/pages/intro>



Hình 3.11. Giao diện WebGIS trong dự báo cháy rừng Thuận Châu.



## KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

### 1. Kết luận

1) Tiếp cận về phản ứng cháy và tam giác cháy trong nghiên cứu NCCBCR là cơ sở khoa học của luận án. Trên cơ sở đó, luận án đã phân tích đặc điểm chính của các điều kiện tự nhiên và KTXH của tỉnh Sơn La theo hướng liên quan đến cháy rừng. Từ đó, luận án đã xác định được 03 nhóm nhân tố chính tác động trực tiếp đến cháy rừng tỉnh Sơn La bao gồm: 1) Nhóm các nhân tố điều kiện KTXH, 2) Nhóm các nhân tố thời tiết khí hậu và 3) Nhóm các nhân tố điều kiện tự nhiên.

2) Luận án đã xây dựng được bộ các tiêu chí tham gia vào mô hình nghiên cứu NCCBCR tỉnh Sơn La trên cơ sở của 03 nhóm nhân tố chính như đã nêu trên. Mô hình nghiên cứu NCCBCR tỉnh Sơn La chính là cụ thể hóa các tham số của tam giác cháy. Tùy theo tỉ lệ nghiên cứu mà số lượng và mức độ chi tiết của các tiêu chí có thể khác nhau. Độ chính xác của bản đồ phân vùng nguy cơ cháy sẽ phụ thuộc vào số lượng và mức độ chi tiết của các bản đồ tham gia mô hình được xây dựng từ các tiêu chí được lựa chọn.

3) Luận án đã áp dụng nhiều phương pháp khác nhau trong xây dựng mô hình nghiên cứu NCCBCR tỉnh Sơn La như: phương pháp MCA với trọng số tính theo AHP, phương pháp ML với các thuật toán: RF, SVM và MLP. Phương pháp phân tích đa chỉ tiêu MCA và đánh giá theo AHP cho phép giải quyết nhanh các bài toán phân tích nhiều tiêu chí giúp cho các nhà quản lý đưa ra giải pháp nhanh chóng và kịp thời. Phương pháp ML có hiệu quả trong phân tích dữ liệu khách quan và chi tiết hơn thông qua việc đào tạo dữ liệu, trong đó thuật toán MLP tỏ ra là có hiệu quả trong nghiên cứu. Tuy nhiên độ chính xác của kết quả vẫn phụ thuộc rất nhiều vào việc lựa chọn các thông tin đầu vào và kiến thức chuyên gia.

4) Việc ứng dụng CNTT trên cơ sở kết hợp kiến thức chuyên gia, phân tích đa chỉ tiêu MCA, AHP và ML trong nghiên cứu NCCBCR tuy không trực tiếp ngăn chặn việc cháy rừng xảy ra nhưng có khả năng vạch ra các khu vực có nguy cơ cháy rừng cao và đánh giá mức độ nguy hiểm của vùng dự báo. Đồng thời với việc kết hợp các số liệu cập nhật về lượng mưa và nhiệt độ của các Trạm thời tiết thông minh iMetos đã cung

cấp thông tin cần thiết cho việc dự báo khả năng xảy ra cháy rừng trong thời gian thực. Thông tin dự báo về cháy rừng được tích hợp trong WebGIS sẽ là địa chỉ tin cậy cung cấp cho các nhà quản lý và người dân các thông tin cảnh báo kịp thời và hiệu quả về cháy rừng ở tỉnh Sơn La.

5) Cơ sở dữ liệu để đưa vào mô hình đánh giá đa chỉ tiêu MCA có thể khai thác từ nhiều nguồn, trong đó viễn thám với nhiều tư liệu khác nhau: MODIS, Landsat... có thể cung cấp nhiều thông tin mới làm gia tăng độ chính xác của mô hình và kết quả tích hợp thông tin. Đặc biệt, với ứng dụng Google Earth Engine cho phép phân tích và xử lý một khối lượng lớn ảnh viễn thám theo các mục đích được lập trình rút ngắn được thời gian xử lý các dữ liệu ảnh và cung cấp được các thông tin kiểm chứng về NBR, hình ảnh điểm cháy cho luận án.

6) Các nguyên nhân cháy rừng chủ yếu ở Sơn La là do các hoạt động của con người. Vì vậy, để giảm thiểu hậu quả của cháy rừng cần tuyên truyền, nâng cao năng lực quản lý của chính quyền địa phương và ý thức của người dân.

7) Kết quả luận án có thể được xem như một tài liệu tham khảo cho một phương pháp thử nghiệm mô hình cảnh báo cháy kết hợp dữ liệu Trạm thời tiết thông minh iMetos và WebGIS được áp dụng thí điểm cho tỉnh Sơn La.

## **2. Kiến nghị**

1) Tăng cường khả năng loại bỏ các điểm nóng (Hot spot) sai.

2) Kết hợp kiến thức chuyên gia về địa lý, Lâm nghiệp cũng như khí tượng thủy văn, phân tích xã hội trong việc phân loại và xác định các tiêu chí, trọng số và phân ngưỡng từng tiêu chí của các nhóm nhân tố gây cháy rừng.

3) Tích hợp dữ liệu theo các tiêu chí đủ và cập nhật cho MCA, AHP và các thuật toán AI cần được xem xét và cân nhắc kỹ trước khi đưa vào mô hình, cần có kiến thức chuyên gia.

## DANH MỤC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC CỦA TÁC GIẢ ĐÃ CÔNG BỐ LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN

1. Nguyễn Ngọc Thạch, Phạm Xuân Cảnh, Đoàn Thu Phương, Hà Thị Bích Phương, **Đặng Ngô Bảo Toàn** (2015), “Ứng dụng GIS xây dựng bản đồ nguy cơ cháy rừng cấp xã phục vụ công tác quản lý phòng chống cháy rừng tại tỉnh Sơn La”, *Hội thảo GIS toàn quốc*, tr.174-180, Đại học Khoa học tự nhiên-ĐHQGHN.
2. **Đặng Ngô Bảo Toàn**, Nguyễn Ngọc Thạch, 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”, *Hội thảo GIS toàn quốc*, tr.252-261, Đại học Quy Nhơn.
3. **Đặng Ngô Bảo Toàn**, Phạm Văn Mạnh, Nguyễn Ngọc Thạch, Phạm Công Sơn Hải, Phạm Ngọc Hải, Lê Ngọc Trà (2017), “Ước tính sinh khối mặt đất và tích lũy cacbon rừng sử dụng ảnh SENTINEL-1A huyện Thuận Châu, tỉnh Sơn La”, *Hội thảo GIS toàn quốc*, tr.192-201, Đại học Quy Nhơn.
4. 4. Ngọc Thạch Nguyen, **Bao-Toan Ngo Dang**, Xuan-Canh Pham, Hong-Thi Nguyen, Hang Thi Bui, Nhat-Duc Hoang, Dieu Tien Bui (2018), “Spatial pattern asesment of tropical forest fire danger at Thuan Chau area (Vietnam) using GIS-based advanced machine learning algorithms: A comparative study”, *Ecological Informatics*, vol.46, pp.74-85.
5. Nguyễn Ngọc Thạch, Phạm Xuân Cảnh, Nguyễn Quốc Huy, Lại Tuấn Anh, **Đặng Ngô Bảo Toàn** (2019), “Xây dựng hệ thống cảnh báo sớm đa tai biến chi tiết đến cấp xã ở vùng núi Tây Bắc trên cơ sở tích hợp Địa thông tin và công nghệ đa phương tiện”, *Hội nghị Địa lý toàn quốc*, tr.892-908, Đại học Huế.
6. Thanh Van Hoang, Tien Yin Chou, Yao Min Fang, Ngọc Thạch Nguyen, Quoc Huy Nguyen, Pham Xuan Canh, **Dang Ngo Bao Toan**, Xuan Linh Nguyen and Michael E. Meadows (2020), “Mapping Forest Fire Risk and Development of Early Warning System for NW Vietnam Using AHP and MCA/GIS Methods” *Appl.Sci.*, vol.10(12), pp.4348-4367.