

**BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ PTNT**

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO**

**TRƯỜNG ĐẠI HỌC LÂM NGHIỆP**

-----



**LÊ NGỌC HOÀN**

**NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ KHÔNG GIAN  
ĐỊA LÝ (VIỄN THÁM, GIS, GPS) TRONG PHÁT HIỆN  
CHÁY RỪNG Ở VIỆT NAM**

**LUẬN ÁN TIẾN SĨ LÂM NGHIỆP**

**HÀ NỘI - 2018**

**BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ PTNT**

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO**

**TRƯỜNG ĐẠI HỌC LÂM NGHIỆP**



**LÊ NGỌC HOÀN**

**NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ KHÔNG GIAN  
ĐỊA LÝ (VIỄN THÁM, GIS, GPS) TRONG PHÁT HIỆN  
CHÁY RỪNG Ở VIỆT NAM**

**Ngành: Lâm sinh**

**Mã số: 9.62.02.05**

**LUẬN ÁN TIẾN SĨ LÂM NGHIỆP**

**Người hướng dẫn:**

**PGS. TS. TRẦN QUANG BẢO**

**HÀ NỘI - 2018**

## **LỜI CAM ĐOAN**

Tôi xin cam đoan các kết quả nghiên cứu, thực nghiệm được trình bày trong Luận án này do tôi thực hiện dưới sự hướng dẫn của PGS.TS. Trần Quang Bảo.

Tôi xin cam đoan số liệu cũng như kết quả nghiên cứu trong Luận án là hoàn toàn trung thực và chưa được công bố trong bất kỳ công trình nào khác dưới mọi hình thức.

Tôi xin cam đoan tất cả những tham khảo từ các nghiên cứu liên quan đều được nêu nguồn gốc một cách rõ ràng từ danh mục tài liệu tham khảo của luận án. Trong luận án, không có việc sao chép tài liệu, công trình nghiên cứu của người khác mà không chỉ rõ về tài liệu tham khảo.

Tôi xin chịu trách nhiệm trước Hội đồng bảo vệ luận án tiến sĩ về lời cam đoan của bản thân.

*Hà Nội, ngày 20 tháng 5 năm 2018*

**Tác giả luận án**

**Lê Ngọc Hoàn**

## LỜI CẢM ƠN

Luận án tiến sĩ “*Nghiên cứu ứng dụng công nghệ không gian địa lý (Viễn thám, GIS, GPS) trong phát hiện cháy rừng ở Việt Nam*” thuộc chuyên ngành Lâm sinh, mã số 9.62.02.05 là công trình nghiên cứu thuộc lĩnh vực địa không gian trên cơ sở ứng dụng hệ thống thông tin địa lý (GIS), Viễn thám (RS), hệ thống định vị toàn cầu (GPS) và công nghệ thông tin (IT) để nâng cao hiệu quả của công tác bảo vệ và phát triển rừng. Trong quá trình thực hiện, với sự nỗ lực của bản thân và sự giúp đỡ tận tình của các nhà khoa học, các đồng nghiệp và gia đình, đến nay luận án đã được hoàn thành.

Nhân dịp này, tôi xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc đến thầy giáo hướng dẫn Luận án là PGS. Trần Quang Bảo; cùng các chuyên gia GS. Vương Văn Quỳnh, (Đại học Lâm nghiệp), PGS. Nguyễn Ngọc Thạch (Đại học QG Hà Nội), TS. Đoàn Hoài Nam, TS. Đỗ Xuân Lâm (Bộ NN&PTNT) đã tận tình hướng dẫn và đóng góp nhiều ý kiến quý báu để tôi hoàn thành Luận án.

Xin chân thành cảm ơn Đảng ủy, Ban Giám hiệu, cùng các đơn vị trong Trường Đại học Lâm nghiệp, Đặc biệt là Phòng Đào tạo Sau đại học, Bộ môn Lâm sinh, Viện Sinh thái rừng và Môi trường... đã tạo điều kiện và giúp đỡ tôi trong quá trình thực hiện Luận án.

Xin chân thành cảm ơn Lãnh đạo Cục Kiểm lâm, Ban Giám đốc và CBVC Vườn Quốc gia U Minh Thượng, Vườn Quốc gia Ba Vì, Ban QLR Phòng hộ - Đặc dụng Hà Nội đã tạo điều kiện và giúp đỡ tôi trong quá trình triển khai thử nghiệm mô hình nghiên cứu.

Cuối cùng, xin bày tỏ lòng biết ơn tới toàn thể gia đình cũng như những người thân đã động viên, tạo điều kiện thuận lợi về vật chất, tinh thần trong suốt quá trình tôi thực hiện luận án./.

*Hà Nội, ngày 20 tháng 5 năm 2018*

**Tác giả luận án**

**Lê Ngọc Hoàn**

# MỤC LỤC

	<b>Trang</b>
MỞ ĐẦU .....	1
1. Sự cần thiết của luận án .....	1
2. Mục tiêu nghiên cứu .....	3
2.1. Mục tiêu tổng quát.....	3
2.2. Mục tiêu cụ thể.....	3
3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu.....	4
3.1. Đối tượng nghiên cứu.....	4
3.2. Phạm vi nghiên cứu.....	4
4. Những đóng góp mới của luận án.....	5
4.1. Về phương pháp nghiên cứu .....	5
4.2. Về cơ sở lý luận và khoa học .....	5
4.2. Về thực tiễn .....	6
5. Kết cấu của luận án .....	6
CHƯƠNG 1 .....	7
TỔNG QUAN VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU .....	7
1.1. Công nghệ địa không gian (RS, GIS và GPS).....	7
1.1.1. Công nghệ địa không gian.....	7
1.1.2. Công nghệ viễn thám (RS).....	7
1.1.3. Hệ thống thông tin địa lý (GIS) .....	8
1.1.4. Hệ thống định vị toàn cầu .....	10
1.2. Tổng quan các nghiên cứu dự báo cháy rừng .....	11
1.2.1. Nghiên cứu về dự báo cháy rừng trên thế giới.....	11
1.2.2. Các nghiên cứu về dự báo cháy rừng ở Việt Nam .....	12
1.3. Nghiên cứu về biện pháp phòng và chữa cháy rừng .....	15
1.3.1. Nghiên cứu về biện pháp phòng và chữa cháy rừng trên thế giới .....	15
1.3.2. Nghiên cứu biện pháp phòng cháy chữa cháy rừng ở Việt Nam.....	16
1.4. Tổng quan về phương pháp phát hiện cháy rừng .....	17
1.4.1. Phương pháp phát hiện cháy rừng từ ảnh vệ tinh .....	17
1.4.1.1 Phương pháp phát hiện điểm cháy/điểm nóng .....	17

1.4.1.2. Các phương pháp phát hiện vùng rừng bị cháy.....	19
1.4.2. Phương pháp phát hiện cháy rừng từ thiết bị giám sát mặt đất .....	21
1.5. Tổng quan về mô hình phát hiện cháy rừng.....	25
1.5.1. Mô hình phát hiện cháy rừng bằng ảnh vệ tinh.....	25
1.5.2. Mô hình phát hiện cháy rừng bằng thiết bị giám sát mặt đất.....	29
1.6. Nhận xét đánh giá và định hướng nghiên cứu .....	33
1.6.1. Hệ thống giám sát bằng ảnh vệ tinh .....	33
1.6.2. Hệ thống giám sát bằng máy ảnh và cảm biến quang học .....	35
1.6.3. Đối với hệ thống giám sát bằng mạng cảm biến không dây .....	35
1.6.4. Đề xuất hướng nghiên cứu cho luận án.....	36
CHƯƠNG 2 .....	37
NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU .....	38
2.1. Nội dung nghiên cứu.....	38
2.1.1. Nghiên cứu khả năng phát hiện cháy rừng từ ảnh vệ tinh .....	38
2.1.2. Nghiên cứu khả năng phát hiện cháy rừng từ thiết bị giám sát mặt đất.....	38
2.1.3. Đề xuất giải pháp kỹ thuật trong phát hiện cháy rừng từ ảnh vệ tinh và thiết bị giám sát mặt đất. ....	38
2.2. Phương pháp nghiên cứu.....	38
2.2.1. Phương pháp luận .....	38
2.2.2. Phương pháp nghiên cứu cụ thể .....	40
2.2.2.1. Phương pháp nghiên cứu khả năng phát hiện cháy rừng từ ảnh vệ tinh .....	40
2.2.2.2. Phương pháp phát hiện cháy rừng từ thiết bị giám sát mặt đất.....	48
CHƯƠNG 3 .....	57
KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN.....	57
3.1. Nghiên cứu khả năng phát hiện cháy rừng từ ảnh vệ tinh .....	57
3.1.1. Kết quả lựa chọn tư liệu ảnh viễn thám thích hợp .....	57
3.1.2. Kết quả ứng dụng thuật toán để trích xuất các điểm dị thường nhiệt .....	69
3.1.3. Mối quan hệ giữa giá trị cấp độ sáng với độ tin cậy .....	79
3.1.4. Kết quả kiểm chứng khả năng phát hiện cháy rừng từ ảnh vệ tinh MODIS.....	81
3.1.4.1. Kiểm chứng khả năng phát hiện cháy rừng từ ảnh vệ tinh MODIS .....	82
3.1.4.2. Kết quả xác định ngưỡng cấp độ sáng (Brightness <sub>T4</sub> ) và giá trị $\Delta T$ theo các vụ cháy rừng trong quá khứ.....	85

3.1.5. Kết quả loại trừ điểm dị thường nhiệt không nằm trong rừng.....	87
3.1.6. Giải pháp kỹ thuật về phát hiện và truyền tin cảnh báo cháy rừng từ ảnh vệ tinh.....	96
3.1.6.1. Giải pháp kỹ thuật về phát hiện cháy rừng.....	96
3.1.6.3. Giải pháp về cấu trúc hệ thống.....	99
3.1.6.4. Giải pháp về cơ sở dữ liệu.....	100
3.1.6.5. Ưu nhược điểm và điều kiện áp dụng .....	100
3.2. Kết quả khả năng phát hiện cháy rừng từ thiết bị giám sát mặt đất.....	101
3.2.1. Thử nghiệm thuật toán với khung hình Video .....	101
3.2.2. Kết quả thử nghiệm thuật toán đối với khung hình từ máy ảnh kỹ thuật số....	104
3.2.3. Kết quả đốt thử nghiệm mô hình phát hiện cháy rừng bằng thiết bị quan sát mặt đất.....	106
3.2.3.1. Kết quả đốt thử tại VQG U Minh Thượng.....	106
3.2.3.2. Kết quả đốt thử tại Ban Quản lý rừng Phòng hộ - Đặc dụng Hà Nội .....	109
3.2.3.3. Kết quả đốt thử nghiệm tại Vườn Quốc gia Ba Vì.....	112
3.2.3.4. Kết quả phân tích ảnh hưởng chiều cao và khoảng cách của thiết bị giám sát mặt đất đến đám cháy .....	114
3.2.4. Giải pháp kỹ thuật phát hiện và truyền tin cháy rừng từ thiết bị giám sát mặt đất .....	116
3.2.4.1. Giải pháp kỹ thuật phát hiện cháy rừng từ thiết bị giám sát mặt đất .....	116
3.2.4.2. Giải pháp về truyền tin cảnh báo cháy rừng từ thiết bị giám sát mặt đất ....	116
3.2.4.3. Giải pháp cấu trúc thiết bị phát hiện cháy rừng .....	118
3.2.4.4. Giải pháp về cơ sở dữ liệu.....	119
3.5.2.5. Ưu nhược điểm và điều kiện ứng dụng.....	119
KẾT LUẬN, TỒN TẠI VÀ KHUYẾN NGHỊ.....	121
1. Kết luận.....	121
2. Tồn tại.....	123
3. Khuyến nghị .....	123
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	125
PHỤ LỤC	

## DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT

TT	Viết tắt	Nội dung
1	AVHRR	Advanced Very High Resolution Radiometer - Thiết bị thu nhận có độ phân giải cao của vệ tinh NOAA
2	DCT	Discrete Cosine Transform - Biến đổi cô sin rời rạc
3	EFFIS	European Forest Fire Information System - Hệ thống thông tin cháy rừng châu Âu
4	VQG	Vườn Quốc gia
5	EOS	Earth Observing System - Hệ thống quan sát Trái đất
6	FIRMS	Fire Information for Resource Management - Hệ thống quản lý tài nguyên thông tin cháy rừng
7	GFMC	Global Fire Monitoring Center - Trung tâm giám sát lửa toàn cầu.
8	GIS	Geographic information system - Hệ thống thông tin địa lý
9	IP	Internet Protocol mạng - Giao thức liên mạng
10	JPEG	Joint Photographic Experts Group - Một loại định dạng ảnh
11	MODIS	Moderate Resolution Spectroradiometer - Một loại cảm biến có độ phân giải trung bình đặt trên vệ tinh Terra và Aqua.
12	NASA	National Aeronautics and Space Administration - Cơ quan hàng không vũ trụ Mỹ.
13	NDVI	Normalized Difference Vegetation Index - Chỉ số thực vật
14	NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration - Vệ tinh khí tượng NOAA
15	PTLN	Phát triển lâm nghiệp
16	RGB	Red-Green-Blue, tổ hợp gam màu
17	RS	Remote Sensing - Viễn thám
18	SPOT	Système Pour l'Observation de la Terre - Trung tâm nghiên cứu không gian Pháp.
19	UNDP	United Nations Development Programme - Chương trình phát triển Liên hợp quốc
20	YcbCr	Y: Luminance; Cb: Chrominance-Blue; and Cr: Chrominance-Red
21	CCTV	Closed circuit television, Truyền hình mạch kín
22	MNN	Multilayer neural network: Mạng đa lớp
23	FFSS	Hệ thống cảnh báo cháy rừng
24	MCF	Chi phí chuyển tiếp tối thiểu



## DANH MỤC CÁC BẢNG

TT	Tên bảng	Trang
2.1	Kênh MODIS sử dụng phát hiện đặc tính và hoạt động của lửa	42
2.2	Bảng cấu trúc dữ liệu các điểm dị thường nhiệt	46
2.3	Nội dung Video và thông số kỹ thuật dùng kiểm chứng thuật toán	52
2.4	Bố trí các đám cháy đốt thử nghiệm thuật toán	53
2.5	Mô tả thiết bị lựa chọn lắp đặt thiết bị quan sát	54
2.6	Bố trí vị trí đám cháy đốt thử nghiệm kiểm chứng mô hình	55
3.1	Tổng hợp một số ảnh vệ tinh	58
3.2	Thông số các kênh và ứng dụng của ảnh AVHRR	60
3.3	Thông số các kênh phổ bộ cảm ASTER	61
3.4	Thông số các kênh ảnh Landsat 8	62
3.5	Độ phân giải phổ của ảnh nguồn các vệ tinh SPOT từ 1 - 5	63
3.6	Thuộc tính kỹ thuật của vệ tinh SPOT 6 và SPOT 7	64
3.7	Các thông số kỹ thuật của ảnh MODIS	67
3.8	Kết quả tổng hợp phân bố điểm dị thường nhiệt theo tỉnh/TP từ năm 2010 đến 2015 ở Việt Nam	70
3.9	Phân bố các điểm dị thường nhiệt theo vùng địa lý	73
3.10	Phân bố các điểm dị thường nhiệt theo thời gian (năm 2010 - 2016) trong toàn quốc	75
3.11	Tổng hợp phân bố điểm dị thường nhiệt theo thời gian	77
3.12	Kết quả các tham số và hệ số tương quan giữa cấp độ sáng (brightness) với độ tin cậy (confidence)	80
3.13	Danh mục các điểm cháy rừng thực tế có điểm dị thường nhiệt	83
3.14	Bảng mô tả giá trị cấp độ sáng và giá trị $\Delta T$ vụ cháy trong quá khứ	86
3.15	Kết quả lọc điểm dị thường nhiệt theo hiện trạng rừng	88
3.16	Kết quả thử nghiệm của thuật toán với các khung hình Video	103
3.17	Kết quả đốt thử nghiệm tại Vườn Quốc gia U Minh Thượng	107
3.18	Kết quả đốt thử nghiệm tại rừng phòng Sóc Sơn, thuộc BQL rừng phòng hộ - đặc dụng Hà Nội	110
3.19	Kết quả đốt thử nghiệm tại Vườn Quốc gia Ba Vì	113
3.20	Kết quả ước lượng các tham số của hồi quy logistic	114
3.21	Tổng hệ số ảnh hưởng trực tiếp và gián tiếp của mô hình	115
3.22	Kết quả hệ số đường ảnh hưởng của các nhân tố	115

## DANH MỤC CÁC HÌNH

TT	Tên hình	Trang
1.1	Công nghệ địa không gian	7
1.2	Công nghệ viễn thám	8
1.3	Hệ thống thông tin địa lý GIS	9
1.4	Thành phần cơ bản của hệ thống định vị toàn cầu (GPS)	10
1.5	Sơ đồ thu nhận và xử lý dữ Modis tại trạm thu Cục Kiểm lâm	27
1.6	Sơ đồ thu nhận, xử lý và thông tin điểm cháy từ dữ liệu MODIS	28
1.7	Các điểm cháy ngày 3 tháng 6 năm 2017	28
1.8	Mô hình FireWxNet	32
1.9	Tổng quan về hệ thống FileWatch	33
2.1	Sơ đồ nghiên cứu khả năng phát hiện cháy rừng từ ảnh vệ tinh	40
2.2	Ảnh vệ tinh MODIS chứa toàn bộ lãnh thổ Việt Nam	45
2.3	Sơ đồ phương nghiên cứu pháp phát hiện cháy rừng từ thiết bị giám sát mặt đất.	48
2.4	Xử lý hình ảnh thu được từ Camera bằng thuật toán lựa chọn.	52
3.1	Một số ứng dụng chính của ảnh vệ tinh.	57
3.2	Cảm biến MODIS được gắn trên vệ tinh Terra và Aqua.	65
3.3	Ảnh vệ tinh MODIS.	66
3.4	Bản đồ phân bố điểm dị thường nhiệt theo không gian từ năm 2010 đến năm 2015 trên phạm vi toàn quốc.	72
3.5	Biểu đồ mô tả phân bố điểm dị thường nhiệt theo không gian	73
3.6	Biểu đồ mô tả phân bố điểm dị thường nhiệt theo vùng địa lý.	74
3.7	Biểu đồ phân bố điểm dị thường nhiệt theo thời gian trong toàn quốc.	75
3.8	Biểu đồ phân bố điểm dị thường nhiệt ở vùng địa lý theo thời gian.	78
3.9	Diễn biến nguy cơ cháy rừng trung bình trên cả nước trong những thời kỳ khác nhau.	79
3.10	Biểu đồ mô tả tương quan giữa cấp độ sáng (brightness) với độ tin cậy (confidence).	80
3.11	Vụ cháy rừng ngày 20/2/2010 tại xã Tả Van, VQG Hoàng Liên lúc 12h10.	82
3.12	Vụ cháy rừng ngày 4/8/2016 tại xã Thượng Lộc và Đồng Lộc, huyện Can Lộc, Hà Tĩnh.	82
3.13	a) Bản đồ mô tả điểm cháy rừng tế và b) điểm cháy thực tế có điểm dị thường nhiệt tại, VQG Hoàng Liên, tỉnh Lào Cai.	83

3.14	a) Bản đồ mô tả điểm cháy rừng tế và b) điểm cháy thực tế có điểm dị thường nhiệt tại tỉnh Hòa Bình.	83
3.15	a) Bản đồ mô tả điểm cháy rừng tế và b) điểm cháy thực tế có điểm dị thường nhiệt tại tỉnh Hà Tĩnh.	84
3.16	a) Bản đồ mô tả điểm cháy rừng tế và b) điểm cháy thực tế có điểm dị thường nhiệt tại TP. Đà Nẵng.	84
3.17	Cảnh ảnh cháy VQG Hoàng Liên ngày 8/2/2010.	85
3.18	Biểu đồ mô tả ngưỡng cấp độ sáng (Brightness_T <sub>4</sub> ) và giá trị $\Delta T$	86
3.19	a) Phân bố số điểm dị thường nhiệt và b) Phân bố điểm dị thường nhiệt nằm trong và ngoài đất LN từ năm 2010-2015.	90
3.20	a) Phân bố số điểm dị thường nhiệt nằm trong đất LN và b) Phân bố điểm dị thường nhiệt nằm ngoài đất LN từ năm 2010-2015.	90
3.21	Bản đồ vị trí bốn tỉnh lựa chọn để mô tả mức độ phân bố điểm dị thường nhiệt nằm trong và ngoài diện tích đất lâm nghiệp.	92
3.22	a) Phân bố số điểm dị thường nhiệt và b) Phân bố điểm dị thường nhiệt nằm trong và ngoài đất lâm nghiệp từ năm 2010-2015 tỉnh Lai Châu.	93
3.23	a) Phân bố số điểm dị thường nhiệt nằm trong đất LN và b) Phân bố điểm dị thường nhiệt nằm ngoài đất LN từ năm 2010-2015 tỉnh Lai Châu.	93
3.24	Hình 3.24. a) Phân bố số điểm dị thường nhiệt và b) Phân bố điểm dị thường nhiệt nằm trong và ngoài đất LN từ năm 2010-2015 tỉnh Kon Tum.	93
3.25	a) Phân bố số điểm dị thường nhiệt nằm trong đất LN và b) Phân bố điểm dị thường nhiệt nằm ngoài đất LN từ năm 2010-2015 tỉnh Kon Tum.	94
3.26	a) Phân bố số điểm dị thường nhiệt và b) Phân bố điểm dị thường nhiệt nằm trong và ngoài đất LN từ năm 2010-2015 tỉnh Hải Dương.	94
3.27	a) Phân bố số điểm dị thường nhiệt nằm trong đất LN và b) Phân bố điểm dị thường nhiệt nằm ngoài đất LN từ năm 2010-2015 tỉnh Hải Dương.	94
3.28	a) Phân bố số điểm dị thường nhiệt và b) Phân bố điểm dị thường nhiệt nằm trong và ngoài đất LN từ năm 2010-2015 tỉnh Kiên Giang.	95
3.29	a) Phân bố số điểm dị thường nhiệt nằm trong đất LN và b) Phân bố điểm dị thường nhiệt nằm ngoài đất LN từ năm 2010-2015 tỉnh Kiên Giang.	95
3.30	Các điểm dị thường nhiệt được đưa lên bản đồ googlemaps.	97
3.31	Thông tin về tọa độ của điểm dị thường nhiệt.	97
3.32	Quy trình truyền tin cháy rừng từ ảnh vệ tinh.	98

3.33	Thông tin cảnh báo cháy rừng: a) thông qua email, và b) thông qua tin nhắn SMS.	99
3.34	Thông tin điểm dị thường nhiệt được cập nhật lên trang theo dõi cháy rừng trực tuyến.	99
3.35	Sơ đồ hệ thống phát hiện và truyền tin cháy rừng từ ảnh vệ tinh Modis.	100
3.36	Khối khói thử nghiệm; (a <sub>i</sub> , b <sub>i</sub> ) khung hình liên tiếp; (c <sub>i</sub> ) hình ảnh sau xử lý.	105
3.37	Sự phát hiện của khối màu lửa thử nghiệm; (a, b) khung hình liên tiếp; (b) hình ảnh sau xử lý.	105
3.38	Sơ đồ vị trí lắp đặt thiết bị giám sát và vị trí các điểm đốt thử nghiệm tại VQG U Minh Thượng.	107
3.39	a) b) c) đốt thử có kiểm soát, d) e) hình ảnh thu được từ thiết bị quan sát mặt đất tại VQG U Minh Thượng.	109
3.40	Vị trí lắp đặt thiết bị giám sát mặt đất và vị trí đốt thử tại rừng phòng hộ Sóc Sơn, thuộc BQL rừng phòng hộ - đặc dụng Hà Nội.	110
3.41	a), b) Đốt thử có kiểm soát và c), d) hình ảnh thu được từ thiết bị quan sát tại Sóc Sơn - Hà Nội.	111
3.42	Vị trí lắp đặt thiết bị giám sát mặt đất và vị trí đốt thử tại VQG Ba Vì.	112
3.43	a) Hiện tượng mây và sương mù bao phủ, b) Hình ảnh đốt thử quan sát từ vị trí đặt thiết bị quan sát.	113
3.44	Sơ đồ quy trình phát hiện cháy rừng từ thiết bị giám sát mặt đất.	116
3.45	Thông tin đám cháy được thiết bị giám sát gửi về cho quản trị viên.	118
3.46	Thông tin về đám cháy được cảnh báo đến địa chỉ email và trích xuất lên bản đồ sau khi quản trị viên xác nhận đám cháy.	118
3.47	Sơ đồ cấu trúc thiết bị quan sát mặt đất.	119

## MỞ ĐẦU

### 1. Sự cần thiết của luận án

Rừng là tài nguyên quý và có giá trị về nhiều mặt. Vấn đề quản lý bảo vệ và phát triển rừng là trách nhiệm và nghĩa vụ của các cấp, các ngành và của toàn xã hội. Tuy nhiên, khả năng tự phục hồi hoặc tái tạo rừng đang còn quá chậm so với tốc độ mất rừng, mà một trong những nguyên nhân gây ra mất rừng chính là cháy rừng.

Cháy rừng là thảm họa, làm tổn hại đến tính mạng và tài sản của con người, phá vỡ cảnh quan, tác động xấu đến an ninh quốc phòng và đặc biệt là làm giảm tính đa dạng sinh học. Ảnh hưởng của nó không những tác động đến một quốc gia mà còn ảnh hưởng đến cả khu vực và toàn cầu. Trong thực tế, cháy rừng thường chỉ được quan sát thấy khi nó đã lan ra trên một diện tích rộng, dẫn đến khó khăn trong việc kiểm soát và ngăn chặn và thậm chí là bất khả thi. Kết quả là nó mang lại các tổn thất nặng nề và thiệt hại không thể bù đắp với môi trường và khí quyển, ngoài ra nó còn gây tổn thương hệ sinh thái. Những hậu quả khủng khiếp khác của cháy rừng có tác động xấu và lâu dài bao gồm các kiểu thời tiết địa phương, nóng lên toàn cầu, và sự tuyệt chủng các loài quý hiếm của hệ thực vật và động vật. Cháy rừng thường xảy ra trên diện rộng tại những vùng có địa hình rừng núi phức tạp khó đi lại, do đó việc quan trắc phát hiện cháy rừng bằng các phương pháp truyền thống thường rất khó khăn.

Ở Việt Nam, cháy rừng là một hiểm họa thường xuyên xảy ra. Tuy nhiên, hoạt động quản lý, phòng và chữa cháy rừng ở Việt Nam đã được phân cấp cụ thể cho các chủ rừng, các cơ quan quản lý từ trung ương đến địa phương. Tuy nhiên, do mức độ đầu tư và quan tâm chỉ đạo quản lý ở các địa phương là khác nhau. Ở hầu hết các địa phương vào mùa cháy rừng thường duy trì chế độ trực cháy, nhưng do hạn chế về nhân lực và các trang thiết bị, việc phát hiện sớm cháy rừng thường không kịp thời và hạn chế về tầm bao quát không gian. Trong nhiều trường hợp, chỉ khi cháy rừng đã xảy ra một thời gian dài và lan rộng trên một diện tích lớn mới phát hiện được, thông tin không được gửi kịp thời đến cơ quan quản lý các cấp dẫn đến hiệu quả chữa cháy thường thấp, gây

hiều thiệt hại về tài sản và tài nguyên rừng, đặc biệt là đối với những khu văn hóa, lịch sử kết hợp tham quan du lịch, khu vực dễ cháy vào mùa khô.

Theo số liệu của Cục Kiểm lâm, tính đến ngày 31/12/2016, diện tích rừng toàn quốc hiện có 14.377.682ha, trong đó rừng tự nhiên là 10.242.141ha và rừng trồng là 4.135.541ha. Diện tích rừng đủ tiêu chuẩn để tính độ che phủ toàn quốc là 13.631.934ha, độ che phủ tương ứng là 41,19%. Trong đó, có trên 50% là diện tích rừng có nguy cơ cháy cao, chủ yếu là rừng: thông, tràm, tre nứa, keo, bạch đàn, rừng khộp, rừng non khoanh nuôi tái sinh tự nhiên [6].

Ngày nay, công nghệ không gian địa lý hay còn gọi là công nghệ địa không gian (Geotechnology) đã và đang là một trong những công nghệ thu hút sự quan tâm lớn nhất trên thế giới bởi những công dụng và tính năng vượt trội của nó phục vụ quá trình phát triển kinh tế-xã hội, nhất là lĩnh vực quản lý tài nguyên thiên nhiên, quản lý lưu vực và an ninh quốc phòng của mỗi quốc gia [13]. Thông thường, công nghệ địa không gian bao gồm 3 hệ thống cơ bản đó là Hệ thống định vị toàn cầu (GPS), Hệ thống viễn thám (RS) và Hệ thống thông tin địa lý (GIS). Mặc dù, khi xét về bản chất ứng dụng trong thực tiễn, ba hệ thống cơ bản đó có tính độc lập tương đối nhưng chúng có mối liên hệ chặt chẽ và bổ sung cho nhau, tùy theo từng ứng dụng trong mỗi trường hợp nhất định [2].

Với sự phát triển mạnh mẽ của khoa học và công nghệ đã cho ra đời các thiết bị tiên tiến cho phép thu thập dữ liệu ảnh vệ tinh bề mặt Trái đất giúp con người quản lý tốt hơn các nguồn tài nguyên. Dữ liệu ảnh vệ tinh có khả năng cung cấp ảnh đa thời gian, trên một diện rộng, tiết kiệm được thời gian và chi phí giúp cho các hoạt động nghiên cứu về cháy rừng trở nên hiệu quả và có tính ứng dụng cao. Đặc biệt là những cảnh ảnh vệ tinh được cung cấp từ cơ quan vũ trụ và hàng không quốc gia Hoa Kỳ (NASA), có độ phủ rộng và độ phân giải không gian và thời gian. Tuy nhiên, việc ứng dụng ảnh vệ tinh vẫn có một số hạn chế nhất định về độ phân giải thời gian, nhiều khi đám cháy xảy ra trong một thời gian dài mới phát hiện được. Do vậy, để phát hiện đám cháy một cách kịp thời và có hiệu quả, trên thế giới đã có nhiều nhà khoa học

nghiên cứu sử dụng hình ảnh và video để phát hiện đám cháy, kết quả này đã hỗ trợ và đem lại hiệu quả cho công tác phòng và chữa cháy kịp thời [2].

Trong lĩnh vực lâm nghiệp, công nghệ địa không gian đã và đang ngày càng được ứng dụng rộng rãi cả trên thế giới và trong nước, nhất là trong việc xác định diện tích, phân bố không gian của các loại rừng, dự báo và cảnh báo cháy rừng, giám sát diễn biến tài nguyên rừng ở cả hai khía cạnh cần quan tâm đó là: mất rừng và suy thoái rừng [2].

Vì vậy, việc nghiên cứu ứng dụng công nghệ địa không gian trong phát hiện cháy rừng hiện nay là việc làm hết sức cần thiết, đặc biệt trong bối cảnh biến đổi khí hậu ngày càng diễn biến phức tạp. Đồng thời giúp cho các chủ thể quản lý rừng và đất rừng có các giải pháp phòng và chữa cháy rừng thích hợp để giảm thiểu thiệt hại do cháy rừng gây ra. Với những lý do đó, NCS đã tiến hành thực hiện luận án ***“Nghiên cứu ứng dụng công nghệ không gian địa lý (RS, GIS, GPS) trong phát hiện cháy rừng ở Việt Nam”***.

## **2. Mục tiêu nghiên cứu**

### ***2.1. Mục tiêu tổng quát***

Ứng dụng hiệu quả công nghệ không gian địa lý để nâng cao chất lượng công tác quản lý tài nguyên rừng, đặc biệt là công tác quản lý và phát hiện cháy rừng ở Việt Nam.

### ***2.2. Mục tiêu cụ thể***

1. Ứng dụng thuật toán phát hiện cháy rừng từ ảnh vệ tinh MODIS kết hợp dữ liệu kiểm kê rừng toàn quốc để nâng cao chất lượng phát hiện cháy rừng ở Việt Nam.

2. Phát triển mô hình phát hiện cháy rừng từ thiết bị giám sát mặt đất để phát hiện kịp thời các đám cháy rừng, giảm thiểu thiệt hại do cháy rừng gây ra.

3. Đề xuất giải pháp kỹ thuật tự động phát hiện cháy rừng từ ảnh vệ tinh và thiết bị giám sát mặt đất.

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

Đây là một nghiên cứu mang tính ứng dụng cao; do vậy, ngoài việc nghiên cứu nghiên cứu sâu về mặt lý thuyết thì cần phải có những thử nghiệm và kiểm chứng cụ thể, trong khi việc triển khai các hoạt động về thử nghiệm là rất phức tạp và khó khăn cả về nhân lực cũng như vật lực. Vì vậy, để triển khai được nghiên cứu này tác giả đã tiến hành tham vấn chuyên gia cũng như khảo sát thực tế, từ đó xác định được đối tượng và phạm vi nghiên cứu của luận án như sau:

#### **3.1. Đối tượng nghiên cứu**

- Ảnh vệ tinh có khả năng phát hiện cháy rừng, trên cơ sở phân tích về độ phân giải không gian và thời gian cũng như mức độ sẵn có của ảnh.
- Các vụ cháy rừng đã xảy ra trong giai đoạn 5 năm.
- Hiện trạng rừng mới nhất theo số liệu kiểm kê rừng toàn quốc.
- Thuật toán trích xuất điểm dị thường nhiệt từ ảnh vệ tinh và phân tích video từ thiết bị giám sát để phát hiện cháy rừng.

#### **3.2. Phạm vi nghiên cứu**

(1) Về không gian:

- Tư liệu ảnh vệ tinh sử dụng để trích xuất điểm dị thường nhiệt trong phạm vi toàn quốc.

- Sử dụng dữ liệu điểm dị thường nhiệt của tỉnh Lai Châu, Hải Dương, Kon Tum và Kiên Giang chồng ghép lên bản đồ kiểm kê rừng toàn quốc để xác định các điểm dị thường nhiệt nằm trong diện tích đất lâm nghiệp.

- Kiểm chứng khả năng phát hiện các điểm dị thường nhiệt với các vụ cháy rừng đã xảy ra trong quá khứ tại tỉnh Lào Cai, Hòa Bình, Hà Tĩnh và TP. Đà Nẵng.

- Địa điểm đốt thử nghiệm để kiểm chứng thiết bị giám sát mặt đất được thực hiện tại: Vườn Quốc gia U Minh Thượng, Vườn Quốc gia Ba Vì, Ban Quản lý rừng phòng hộ Hà Nội và Trường Đại học Lâm nghiệp.

(2) Về thời gian:



- Với dữ liệu ảnh vệ tinh Modis: luận án sử dụng tư liệu ảnh từ năm 2010 đến 2015 được download từ Website của NASA (<https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov>);

- Dữ liệu vụ cháy rừng trong quá khứ được thu thập từ năm 2010 đến năm 2015 tại Cục Kiểm lâm.

(3) Nội dung: Luận án tập trung nghiên cứu một số nội dung chính như sau:

- Lựa chọn thuật toán,
- Thử nghiệm và kiểm chứng,
- Đề xuất giải pháp kỹ thuật phát hiện cháy rừng ở Việt Nam.

(4) Về tư liệu:

- Với dữ liệu về một số vụ cháy thực tế: tham khảo 100 vụ cháy thực tế đã xảy ra trong quá khứ tại Cục Kiểm lâm thuộc 4 tỉnh thành là: Tỉnh Lào Cai (5 vụ cháy rừng điển hình tại VQG Hoàng Liên), Tỉnh Hòa Bình, Tỉnh Hà Tĩnh và Tp. Đà Nẵng.

- Với dữ liệu về tư liệu ảnh vệ tinh được kế thừa và download từ Website của NASA (<https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov>);

- Tư liệu về thuật toán, phương pháp phát hiện cháy được tham khảo từ những công trình nghiên cứu và bài báo khoa học trong và ngoài nước.

#### **4. Những đóng góp mới của luận án**

##### ***4.1. Về phương pháp nghiên cứu***

Luận án là công trình nghiên cứu về ứng dụng công nghệ không gian địa lý trong phát hiện cháy rừng bằng phương pháp lựa chọn, ứng dụng thuật toán, thử nghiệm, truyền tin và nâng cao chất lượng thông tin cảnh báo, đặc biệt là phương pháp ứng dụng thuật toán phát hiện cháy rừng từ thiết bị giám sát mặt đất.

##### ***4.2. Về cơ sở lý luận và khoa học***

- Ứng dụng công nghệ địa không gian để thu thập nhiều dữ liệu ảnh với diện rộng và đa thời gian để nghiên cứu phát hiện cháy rừng trong công tác quản lý tài nguyên rừng của nước ta hiện nay.

- Phát triển thuật toán tự động phân tích video, trích xuất điểm cháy rừng từ thiết bị giám sát mặt đất để xây dựng thiết bị tự động phát hiện cháy rừng có khả năng ứng dụng hiệu quả ở Việt Nam.

## **4.2. Về thực tiễn**

- Xác định khả năng tự động phát hiện cháy rừng từ ảnh vệ tinh Modis.
- Phát triển thiết bị giám sát mặt đất tự động phát hiện cháy rừng cho các khu vực có nguy cơ cháy rừng cao.
- Đề xuất hệ thống giải pháp tiên tiến để tự động phát hiện sớm cháy rừng, góp phần nâng cao chất lượng của các hoạt động quản lý phòng và chữa cháy rừng ở nước ta hiện nay.

## **5. Kết cấu của luận án**

Nội dung chính của luận án bao gồm 124 trang và được kết cấu như sau:

Mở đầu	6 trang
Chương 1 - Tổng quan vấn đề nghiên cứu	31 trang
Chương 2 - Nội dung, đối tượng và phương pháp nghiên cứu	19 trang
Chương 3 - Kết quả nghiên cứu và thảo luận	64 trang
Kết luận và khuyến nghị	4 trang

TÀI LIỆU THAM KHẢO

PHỤ LỤC

# CHƯƠNG 1

## TỔNG QUAN VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU

### 1.1. Công nghệ địa không gian (RS, GIS và GPS)

#### 1.1.1. Công nghệ địa không gian



Hình 1.1. Công nghệ địa không gian

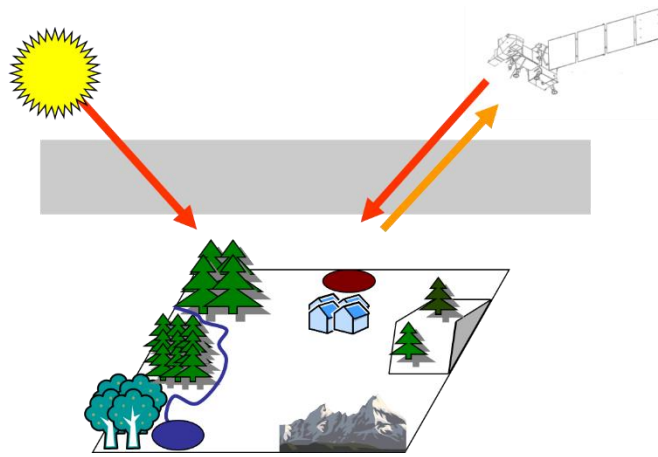
Công nghệ không gian địa lý hay còn gọi là công nghệ địa không gian (Geotechnology) có thể được hiểu là công nghệ thu thập, tổng hợp, phân tích, trình diễn, diễn giải, chia sẻ và quản lý các dữ liệu không gian và các dữ liệu thuộc tính có liên quan. Thông thường, công nghệ không gian địa lý bao gồm 3 hệ thống cơ bản đó là Hệ thống định vị toàn cầu (GPS), Hệ thống viễn thám (RS) và Hệ thống thông tin địa lý (GIS). Mặc dù, khi xét về bản chất ứng dụng trong thực tiễn, ba hệ thống cơ bản đó có tính độc lập tương đối nhưng chúng có mối liên hệ chặt chẽ và bổ sung cho nhau, tùy theo từng ứng dụng trong mỗi trường hợp nhất định [2],[13].

Hiện nay, công nghệ địa không gian đã và đang là một trong những công nghệ thu hút sự quan tâm lớn nhất trên thế giới, bởi những công dụng và tính năng vượt trội của nó phục vụ quá trình phát triển kinh tế - xã hội, nhất là lĩnh vực quản lý tài nguyên thiên nhiên, quản lý lưu vực và an ninh quốc phòng của mỗi quốc gia [2],[13].

#### 1.1.2. Công nghệ viễn thám (RS)

##### 1.1.2.1. Khái niệm công nghệ viễn thám

Viễn thám được hiểu là một khoa học và nghệ thuật để thu nhận thông tin về một đối tượng, một khu vực hoặc một hiện tượng thông qua việc phân tích tư liệu thu nhận được bằng các phương tiện. Những phương tiện này không có sự tiếp xúc trực tiếp với đối tượng, khu vực hoặc với hiện tượng được nghiên cứu [1],[21].



Hình 1.2. Công nghệ viễn thám

Công nghệ viễn thám, một trong những thành tựu khoa học vũ trụ đã đạt đến trình độ cao và đã trở thành kỹ thuật phổ biến được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực kinh tế xã hội ở nhiều nước trên thế giới. Nhu cầu ứng dụng công nghệ viễn thám trong lĩnh vực điều tra nghiên cứu, khai thác, sử dụng, quản lý tài nguyên thiên nhiên và môi trường ngày càng gia tăng nhanh chóng không những trong phạm vi Quốc gia, mà cả phạm vi Quốc tế. Những kết quả thu được từ công nghệ viễn thám giúp các nhà khoa học và các nhà hoạch định chính sách các phương án lựa chọn có tính chiến lược về sử dụng và quản lý tài nguyên thiên nhiên và môi trường. Vì vậy viễn thám được sử dụng như là một công nghệ đi đầu rất có ưu thế hiện nay [1],[2].

#### *1.1.2.2. Ứng dụng của công nghệ viễn thám*

Hiện nay, viễn thám được ứng dụng rộng rãi trong nhiều ngành, nhiều lĩnh vực khác nhau, trong đó bao gồm [1]: (1) Nghiên cứu địa chất, (2) Nghiên cứu môi trường, (3) Nghiên cứu khí hậu và quyển khí (đặc điểm tầng ozon, mây, mưa, nhiệt độ, quyển khí), dự báo bão và nghiên cứu khí hậu qua dữ liệu thu từ vệ tinh khí tượng, (4) Nghiên cứu thực vật, rừng, (5) Nghiên cứu thủy văn, (6) Nghiên cứu các hành tinh khác [1],[2].

#### **1.1.3. Hệ thống thông tin địa lý (GIS)**

##### *1.1.3.1. Khái niệm hệ thống thông tin địa lý:*

Hệ thống thông tin địa lý - Geographic Information System (GIS) là một nhánh của công nghệ thông tin, đã hình thành từ những năm 60 của thế kỷ trước và phát triển rất mạnh trong những năm gần đây [1].

GIS được sử dụng nhằm xử lý đồng bộ các lớp thông tin không gian (bản đồ) gắn với các thông tin thuộc tính, phục vụ nghiên cứu, quy hoạch và quản lý các hoạt động theo lãnh thổ.

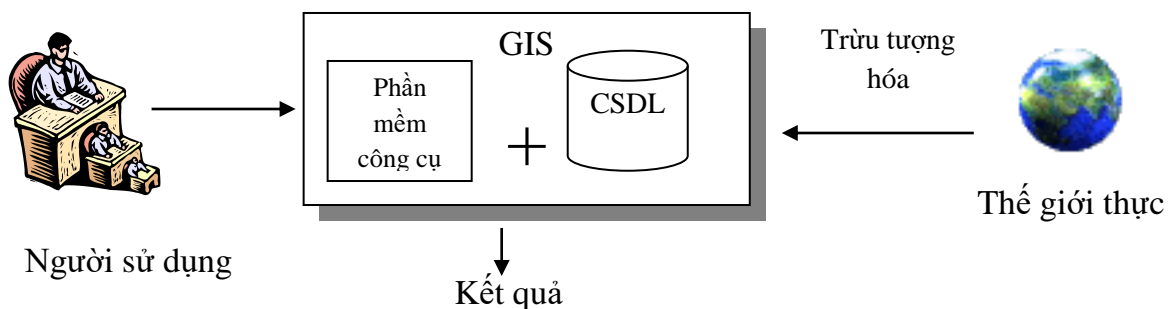
Có nhiều định nghĩa về GIS, nhưng nói chung đã thống nhất quan niệm chung: *GIS là một hệ thống kết hợp giữa con người và hệ thống máy tính cùng các thiết bị ngoại vi để lưu trữ, xử lý, phân tích, hiển thị các thông tin địa lý để phục vụ một mục đích nghiên cứu, quản lý nhất định* [1].

Xét dưới góc độ là công cụ, GIS dùng để thu thập, lưu trữ, biến đổi, hiển thị các thông tin không gian nhằm thực hiện các mục đích cụ thể.

Xét dưới góc độ là phần mềm, GIS làm việc với các thông tin không gian, phi không gian, thiết lập quan hệ không gian giữa các đối tượng. Có thể nói các chức năng phân tích không gian đã tạo ra diện mạo riêng cho GIS.

Xét dưới góc độ ứng dụng trong quản lý nhà nước, GIS có thể được hiểu như là một công nghệ xử lý các dữ liệu có tọa độ để biến chúng thành các thông tin trợ giúp quyết định phục vụ các nhà quản lý.

Xét dưới góc độ hệ thống, GIS là hệ thống gồm các hợp phần: Phần cứng, Phần mềm, Cơ sở dữ liệu và Cơ sở tri thức chuyên gia.



Hình 1.3. Hệ thống thông tin địa lý [2]

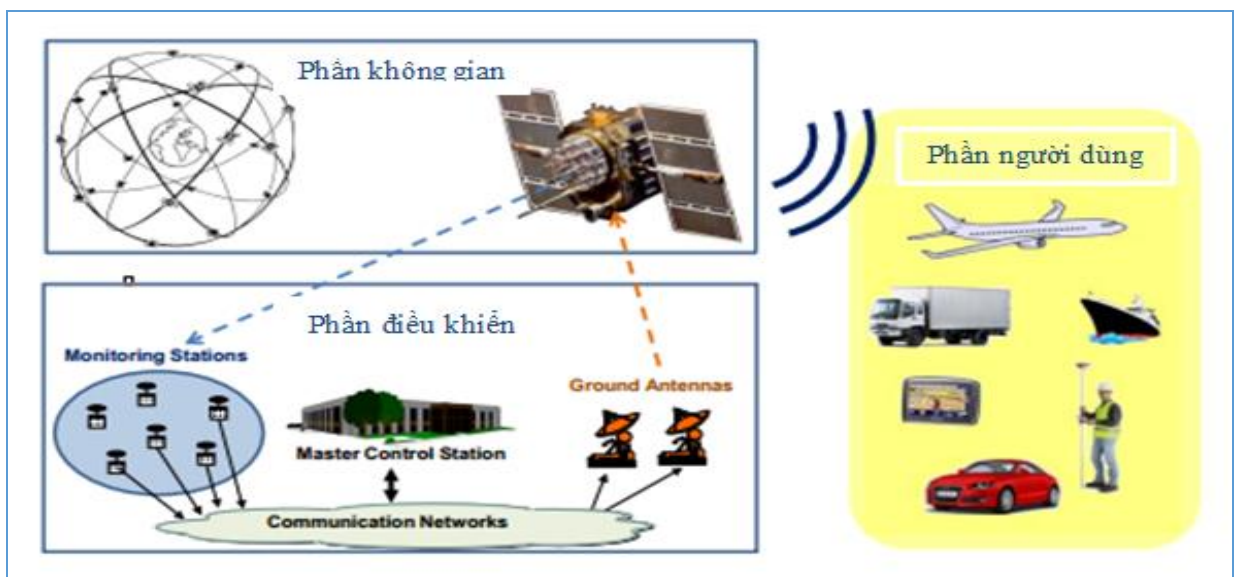
**1.1.3.2. Các công cụ của GIS:** GIS là CSDL số chuyên dụng trong đó hệ trục tọa độ không gian là phương tiện tham chiếu chính. GIS bao gồm các công cụ để thực hiện các công việc sau đây: (1) Nhập dữ liệu từ bản đồ giấy, ảnh vệ tinh, ảnh máy bay, số liệu điều tra và các nguồn khác, (2) Lưu trữ dữ liệu, khai thác, truy vấn CSDL, (3) Biến đổi dữ liệu, phân tích, mô hình hóa, bao gồm các dữ liệu thống kê và dữ liệu không gian, (4) Lập báo cáo, bao gồm các bản đồ chuyên đề, các bảng biểu, biểu đồ và kế hoạch [1].

Ý nghĩa chủ yếu của tin học hóa thông tin địa lý là khả năng tích hợp các kiểu và nguồn dữ liệu khác biệt. Mục tiêu của GIS là cung cấp cấu trúc một cách hệ thống để quản lý các thông tin địa lý khác nhau và phức tạp, đồng thời cung cấp các công cụ, các thao tác hiển thị, truy vấn, mô phỏng... Cái GIS cung cấp là cách thức suy nghĩ mới về không gian. Phân tích không gian không chỉ là truy cập mà còn cho phép khai thác các quan hệ và tiến trình biến đổi của chúng. GIS lưu trữ thông tin thế giới thực thành các tầng bản đồ chuyên đề mà chúng có khả năng liên kết địa lý với nhau [1],[2].

#### 1.1.4. Hệ thống định vị toàn cầu

##### 1.1.4.1. Khái niệm hệ thống định vị toàn cầu (GPS)

Hệ thống định vị toàn cầu (GPS) là hệ thống xác định vị trí dựa trên vị trí của các vệ tinh nhân tạo, do Bộ Quốc Phòng Hoa Kỳ thiết kế, xây dựng, vận hành và quản lý. Trong cùng một thời điểm, ở cùng một vị trí trên mặt đất nếu xác định được khoảng cách đến ba vệ tinh (tối thiểu) thì sẽ tính được tọa độ của vị trí đó [2],[9],[23].



Hình 1.4. Thành phần cơ bản của hệ thống định vị toàn cầu [9]

Ngày nay, hệ thống định vị toàn cầu được sử dụng cho nhiều mục đích khác nhau như điều tra nguồn tài nguyên, lập các loại bản đồ, giao thông, xây dựng... Đặc biệt từ sau khi Bộ quốc phòng Mỹ bỏ sai số cố ý gây nhiễu thì độ chính xác của các dữ liệu thu thập được là rất cao, đáp ứng được nhiều mục đích sử dụng.

#### *1.1.4.2. Ứng dụng của GPS:*

Dựa trên các nguyên lý hoạt động và các chức năng cơ bản của hệ thống GPS cho thấy khả năng ứng dụng thiết bị GPS ngày càng được ứng dụng rộng rãi trên thế giới với nhiều mục đích khác nhau [9]:

- (1) Ứng dụng trong lĩnh vực quân sự.
- (2) Ứng dụng trong lĩnh vực giao thông.
- (3) Ứng dụng trong dịch vụ, thương mại.
- (4) Ứng dụng trong lĩnh vực nghiên cứu khoa học; giải trí.

(5) Đối với lĩnh vực Quản lý tài nguyên thiên nhiên, công nghệ GPS chứng tỏ được tính cần thiết và hữu hiệu nhờ vào khả năng định vị tọa độ các điểm, dẫn đường... làm tăng hiệu suất lao động; giảm chi phí; nâng cao chất lượng sản phẩm. Theo Phùng Văn Khoa và Đỗ Xuân Lâm (2013) [13] ứng dụng của GPS trong quản lý tài nguyên và môi trường lưu vực, chẳng hạn như có thể dung thiết bị này để:

+ Xác định vị trí và độ cao tuyệt đối của điểm đầu ra của lưu vực, các điểm ô nhiễm môi trường, các khu vực hay xảy ra tai biến môi trường, cháy rừng... Ngoài ra, trong những điều kiện nhất định, nếu sử dụng GPS có độ chính xác cao có thể xác định được độ sâu của mặt nước thuộc một khu vực nào đó trên cơ sở kết hợp với bản đồ đường đồng mức.

+ Xác định các điểm điều tra mẫu, xây dựng khóa giải đoán ảnh viễn thám phục vụ công tác phân loại bề mặt thảm phủ và đánh giá độ chính xác của kết quả đó trên hiện trường.

+ Khoanh vẽ và xây dựng bản đồ dưới dạng điểm, đường và vùng cho các đối tượng quan tâm, chẳng hạn như chiều dài của sông, suối, diện tích và ranh giới của lưu vực trong thực tiễn...

## **1.2. Tổng quan các nghiên cứu dự báo cháy rừng**

### *1.2.1. Nghiên cứu về dự báo cháy rừng trên thế giới*

Nghiên cứu về dự báo cháy rừng trên thế giới được tập trung vào thế kỷ 20. Thời kỳ đầu chủ yếu tập trung ở các nước có nền kinh tế phát triển như Mỹ, Nga, Đức, Thụy điển, Canada, Pháp, Úc v.v.... Sau đó là ở hầu hết các nước có hoạt động lâm nghiệp. Người ta phân chia 5 lĩnh vực chính của nghiên cứu

phòng cháy chữa cháy rừng: bản chất của cháy rừng, phương pháp dự báo nguy cơ cháy rừng, các công trình phòng cháy chữa cháy rừng, phương pháp chữa cháy rừng và phương tiện chữa cháy rừng.

Các kết quả nghiên cứu đều khẳng định mối liên hệ chặt giữa điều kiện thời tiết, mà quan trọng nhất là lượng mưa, nhiệt độ và độ ẩm không khí với độ ẩm vật liệu và khả năng xuất hiện cháy rừng. Vì vậy, hầu hết các phương pháp dự báo nguy cơ cháy rừng đều tính đến đặc điểm diễn biến hàng ngày của lượng mưa, nhiệt độ và độ ẩm không khí [20],[29]. Ở một số nước, khi dự báo nguy cơ cháy rừng ngoài căn cứ vào yếu tố khí tượng người ta còn căn cứ vào một số yếu tố khác, chẳng hạn ở Đức và Mỹ người ta sử dụng thêm độ ẩm của vật liệu cháy [30], ở Pháp người ta tính thêm lượng nước hữu hiệu trong đất và độ ẩm vật liệu cháy, ở Trung Quốc có bổ sung thêm cả tốc độ gió, số ngày không mưa và lượng bốc hơi v.v... Cũng có sự khác biệt nhất định khi sử dụng các yếu tố khí tượng để dự báo nguy cơ cháy rừng, chẳng hạn ở Thụy Điển và một số nước ở bán đảo Scandinavia người ta sử dụng độ ẩm không khí thấp nhất và nhiệt độ không khí cao nhất trong ngày, trong khi đó ở Nga và một số nước khác lại dùng nhiệt độ và độ ẩm không khí lúc 13 giờ. Những năm gần đây, ở Trung Quốc đã nghiên cứu phương pháp cho điểm các yếu tố ảnh hưởng đến nguy cơ cháy rừng, trong đó có cả những yếu tố kinh tế xã hội, và nguy cơ cháy rừng được tính theo tổng số điểm của các yếu tố. Mặc dù có những nét giống nhau nhưng cho đến nay vẫn không có phương pháp dự báo cháy rừng chung cho cả thế giới, mà ở mỗi quốc gia, thậm chí mỗi địa phương người ta vẫn nghiên cứu xây dựng phương pháp riêng. Ngoài ra, vẫn còn rất ít phương pháp dự báo nguy cơ cháy rừng có tính đến yếu tố kinh tế xã hội và loại rừng. Đây có thể là một trong những nguyên nhân làm giảm hiệu quả của phòng cháy chữa cháy rừng ngay cả ở những nước phát triển.

### ***1.2.2. Các nghiên cứu về dự báo cháy rừng ở Việt Nam***

Dự báo nguy cơ cháy rừng ở Việt Nam được bắt đầu từ năm 1981. Tuy nhiên trong thời gian đầu người ta chủ yếu áp dụng phương pháp dự báo của Nesterop [16],[20]. Đây là phương pháp đơn giản, cấp nguy hiểm của cháy



rừng được xác định theo giá trị P bằng tổng các tích số giữa nhiệt độ và độ thiếu hụt bão hoà của không khí lúc 13 giờ hàng ngày kể từ ngày cuối cùng có lượng mưa lớn hơn 3mm. Đến năm 1988 nghiên cứu của Phạm Ngọc Hưng đã cho thấy phương pháp của Nesterop có độ chính xác cao hơn nếu tính giá trị P kể từ ngày cuối cùng có lượng mưa lớn hơn 5mm. Ngoài ra, trên cơ sở phát hiện liên hệ chặt chẽ giữa số ngày liên tục có lượng mưa dưới 5 mm hay còn gọi là số ngày khô hạn liên tục (H) với chỉ số P, Phạm Ngọc Hưng đã đưa ra phương pháp dự báo nguy cơ cháy rừng theo số ngày khô hạn liên tục [16]. Ông xây dựng một bảng tra cấp nguy hiểm của cháy rừng căn cứ vào số ngày khô hạn liên tục cho các mùa khí hậu trong năm. Khi nghiên cứu về tính thích hợp của một số phương pháp dự báo nguy cơ cháy rừng ở Miền Bắc Việt Nam, Bé Minh Châu (2001) [7] đã khẳng định phương pháp dự báo nguy cơ cháy rừng theo chỉ tiêu P và H có độ chính xác không cao ở những vùng có sự luân phiên thường xuyên của các khối không khí biển và lục địa hoặc vào các thời gian chuyển mùa. Trong những trường hợp như vậy, thì mức độ liên hệ của chỉ số P hoặc H với độ ẩm vật liệu dưới rừng và tần suất xuất hiện của cháy rừng thấp.

Từ 1989- 1991 Dự án tăng cường khả năng phòng cháy chữa cháy rừng cho Việt Nam của UNDP đã nghiên cứu, soạn thảo phương pháp dự báo nguy cơ cháy rừng theo chỉ tiêu khí tượng tổng hợp P của Nesterop nhưng thêm yếu tố gió (Cooper, 1991). Chỉ tiêu P của Nesterop được nhân với hệ số là 1.0, 1.5, 2.0, và 3.0 nếu có tốc độ gió tương ứng là 0- 4, 5- 15, 16- 25, và lớn hơn 25 km/giờ. Năm 1993, Võ Đình Tiến [22] đã đưa ra phương pháp dự báo nguy cơ cháy rừng của từng tháng ở Bình Thuận theo 6 yếu tố: nhiệt độ không khí trung bình, lượng mưa trung bình, độ ẩm không khí trung bình, vận tốc gió trung bình, số vụ cháy rừng trung bình, lượng người vào rừng trung bình. Tác giả đã xác định được cấp nguy hiểm với cháy rừng của từng tháng trong cả mùa cháy. Đây là chỉ tiêu có tính đến cả yếu tố thời tiết và yếu tố kinh tế xã hội liên quan đến nguy cơ cháy rừng. Tuy nhiên, vì căn cứ vào số liệu khí tượng trung bình nhiều năm nên cấp dự báo của Võ Đình Tiến chỉ thay đổi theo thời gian của

lich mà không thay đổi theo thời tiết hàng ngày. Vì vậy, nó mang ý nghĩa của phương pháp xác định mùa cháy nhiều hơn là dự báo nguy cơ cháy rừng.

Trong nghiên cứu giải pháp phòng chống và khắc phục hậu quả cháy rừng cho vùng U Minh và Tây Nguyên của GS Vương Văn Quỳnh và cộng sự [19] đã căn cứ vào quy luật liên hệ giữa điều kiện thời tiết, trạng thái rừng và độ ẩm vật liệu cháy để xây dựng phương pháp dự báo lửa rừng. Ở khu vực U Minh dự báo lửa rừng được thực hiện với 3 nhóm yếu tố là điều kiện thời tiết, kiểu trạng thái rừng và mực nước ngầm. Phương pháp dự báo này đã được vận dụng trong Quy trình phòng cháy chữa cháy rừng trầm hiện nay. Ở Tây Nguyên dự báo lửa rừng được thực hiện với 2 nhóm yếu tố là thời tiết và kiểu trạng thái rừng. Khi tính chỉ số khí tượng tổng hợp  $P_i$ , hệ số  $K_i$  nhận các giá trị thay đổi như một hàm số của lượng mưa ngày thứ  $i$ ,  $K_i = 0$  khi lượng mưa ngày thứ  $i$  lớn hơn hoặc bằng 7mm,  $K_i = (7 - R_i)/7$  khi lượng mưa ngày thứ  $i$  lớn hơn 0 và nhỏ hơn 7mm,  $K_i = 1$  khi lượng mưa ngày thứ  $i$  bằng không. Còn các ngưỡng của chỉ số  $P_i$  dùng để xác định 5 cấp nguy cơ cháy rừng là  $P_i = 0-2000$ ,  $P_i = 2000-4000$ ,  $P_i = 4000-7000$ ,  $P_i = 7000-10000$  và  $P_i > 10000$ . Đặc điểm của phương pháp dự báo nguy cơ cháy rừng mới đã tính đến được cả điều kiện thời tiết và kiểu rừng, cũng như sự phân hoá của điều kiện thời tiết trên toàn lãnh thổ [19],[20].

Năm 2003 “Phần mềm cảnh báo lửa rừng” được xây dựng do Cục kiểm lâm cộng tác với nhóm nghiên cứu thuộc đề tài KC.08.24 của Trường Đại học Lâm nghiệp; phần mềm này cho phép liên kết được phương tiện hiện đại vào công tác dự báo và truyền tin về nguy cơ cháy rừng. Có thể mô tả tóm tắt như sau: Hàng ngày vào khoảng 14 giờ Cục kiểm lâm và Đài truyền hình Việt Nam đồng thời nhận được một thư điện tử từ Tổng cục khí tượng thuỷ văn có chứa thông tin về điều kiện thời tiết có ảnh hưởng đến nguy cơ cháy rừng của 95 trạm khí tượng đại diện cho 95 vùng khác nhau trong cả nước. Sử dụng công thức dự báo lửa rừng và các thông tin về diễn biến thời tiết được tích lũy liên tục trong thời gian dài “Phần mềm cảnh báo lửa rừng” tính được cấp nguy cơ cháy rừng cho các địa phương và thể hiện chúng lên bản đồ lãnh thổ [2],[20].

Ngoài ra "Phần mềm cảnh báo lửa rừng" còn có chức năng cung cấp đầy đủ thông tin về quá trình diễn biến thời tiết và cấp nguy cơ cháy rừng tất cả 95 vùng trong cả nước. Bằng công nghệ và phần mềm này, từ năm 2003 Việt Nam lần đầu tiên đã chuyển tải được thông tin dự báo lửa rừng hàng ngày lên phương tiện thông tin đại chúng. Đây là một trong những nhân tố góp phần tích cực vào nâng cao nhận thức về phòng cháy chữa cháy rừng của cán bộ và nhân dân, thúc đẩy chính quyền các cấp ủng hộ tích cực cho công tác phòng cháy chữa cháy rừng và góp phần điều chỉnh hành vi của cộng đồng theo hướng giảm thiểu nguy cơ cháy rừng [2], [20].

Bê Minh Châu (2010) đã căn cứ vào kết quả của đề tài KC.08.24, nghiên cứu bổ sung và phát triển thành phần mềm cảnh báo nguy cơ cháy rừng cho cả nước. Lần đầu tiên đề tài đã phân loại các trạng thái rừng theo nguy cơ cháy và xây dựng phương pháp dự báo nguy cơ cháy rừng trên cơ sở tính đến cả điều kiện thời tiết và kiểu trạng thái rừng [8], [20].

Mặc dù có những nghiên cứu trên quy mô vùng hoặc quốc gia nhưng mỗi tỉnh thường có những đặc điểm rừng, đặc điểm tiểu khí hậu khác nhau. Do đó để nâng cao hiệu quả của công tác phòng cháy chữa cháy rừng nhiều tỉnh đã tổ chức nghiên cứu về đặc điểm khí hậu và rừng có liên quan đến nguy cơ cháy và xây dựng những phương pháp phòng cháy chữa cháy rừng riêng [20]. Các tác giả đã xây dựng được phương pháp dự báo nguy cơ cháy rừng cho các tỉnh như Quảng Ninh, Phú Thọ, Thanh Hoá, Nghệ An, Bình Định, Ninh Thuận, Bình Thuận, Kiên Giang, Cà Mau, Lâm Đồng và TP Hà Nội v.v... Một số tỉnh đã xây dựng phần mềm cảnh báo nguy cơ cháy rừng riêng cho địa phương [20].

### **1.3. Nghiên cứu về biện pháp phòng và chữa cháy rừng**

#### ***1.3.1. Nghiên cứu về biện pháp phòng và chữa cháy rừng trên thế giới***

Khi nghiên cứu các biện pháp phòng cháy chữa cháy rừng người ta chủ yếu hướng vào làm suy giảm 3 thành phần của tam giác lửa: (1)- Giảm nguồn lửa bằng cách tuyên truyền không mang lửa vào rừng, dập tắt tàn than sau khi dùng lửa, thực hiện các biện pháp dọn vật liệu cháy trên mặt đất thành băng, đào rãnh sâu, hoặc chặt cây theo dải để ngăn cách đám cháy với phần rừng còn

lại; (2)- Đốt trước một phần vật liệu cháy vào đầu mùa khô khi chúng còn ẩm để giảm khối lượng vật liệu cháy vào thời kỳ khô hạn nhất, hoặc đốt theo hướng ngược với hướng lan tràn của đám cháy để cô lập đám cháy; (3)- Dùng chất dập cháy để giảm nhiệt lượng của đám cháy hoặc ngăn cách vật liệu cháy với ôxy không khí (nước, đất, cát, hoá chất dập cháy v.v...)[20].

### ***1.3.2. Nghiên cứu biện pháp phòng cháy chữa cháy rừng ở Việt Nam***

Các nghiên cứu về biện pháp phòng cháy chữa cháy rừng ở Việt Nam chủ yếu hướng vào thử nghiệm và phân tích hiệu quả của giải pháp đốt trước nhằm giảm khối lượng vật liệu cháy. Phó Đức Đình (1993) [20] đã thử nghiệm đốt trước vật liệu cháy dưới rừng thông non 2 tuổi tại Đà Lạt. Theo tác giả ở rừng thông non nhất thiết phải gom vật liệu cháy vào giữa các hàng cây hoặc nơi trống để đốt, chọn thời tiết đốt để ngọn lửa âm ỉ, không cao quá 0.5 m có thể gây cháy tán cây. Phan Thanh Ngọc thử nghiệm đốt trước vật liệu cháy dưới rừng thông 8 tuổi ở Đà Lạt [17], [20]. Tác giả cho rằng với rừng thông lớn tuổi không cần phải gom vật liệu trước khi đốt mà chỉ cần tuân thủ những nguyên tắc về chọn thời điểm và thời tiết thích hợp để đốt. Tác giả cho rằng có thể áp dụng đốt trước vật liệu cháy cho một số loại rừng ở địa phương khác, trong đó có rừng khộp ở Đắk Lắk và Gia Lai.

Ngoài ra, đã có một số tác giả đề cập đến giải pháp xã hội cho phòng cháy chữa cháy rừng [10],[16],[20]. Các tác giả đã khẳng định rằng việc tuyên truyền về tác hại của cháy rừng, quy hoạch vùng sản xuất nương rẫy, hướng dẫn về phương pháp dự báo, cảnh báo, xây dựng các công trình phòng cháy chữa cháy rừng, tổ chức lực lượng phòng cháy chữa cháy rừng, quy định về dùng lửa trong dọn đất canh tác, săn bắn, du lịch, quy định về nghĩa vụ và quyền lợi của công dân v.v... là những giải pháp xã hội quan trọng trong phòng cháy chữa cháy rừng. Tuy nhiên, phần lớn những kết luận đều dựa vào nhận thức của các tác giả là chính. Còn rất ít những nghiên cứu mang tính hệ thống về ảnh hưởng của các yếu tố kinh tế xã hội đến cháy rừng.

## 1.4. Tổng quan về phương pháp phát hiện cháy rừng

### 1.4.1. Phương pháp phát hiện cháy rừng từ ảnh vệ tinh trên thế giới

#### 1.4.1.1 Phương pháp phát hiện điểm cháy/điểm nóng

Bắt đầu từ những năm 1980 đã có nhiều thuật toán được đề xuất để phát hiện cháy rừng. Hầu hết các thuật toán đều được áp dụng cho dữ liệu từ các vệ tinh địa tĩnh và vệ tinh quỹ đạo cực [2].

Vệ tinh viễn thám NOAA và MODIS có những đặc trưng của bộ cảm biến rất phù hợp cho các ứng dụng liên quan đến phát hiện và theo dõi đám cháy. Vệ tinh NOAA/AVHRR có hai lợi ích chính khi sử dụng cho việc theo dõi cháy: (i) cung cấp độ bao phủ theo ngày của toàn bộ trái đất với độ phân giải ~1km, đây là vấn đề quan trọng để quan sát hoạt động cháy ở phạm vi toàn cầu. (ii) có độ bao phủ phổ rộng vùng nhìn thấy, near-infrared, mid-infrared, và phổ sóng nhiệt. Tất cả những kênh này đều có thuộc tính về cháy, nhưng lại chứa đựng nhiều thông tin khác nhau [2], [66].

Những thuật toán phát hiện cháy từ ảnh vệ tinh MODIS dựa trên những thuật toán đã được phát triển cho ảnh vệ tinh AVHRR,. Trong thiết kế ảnh vệ tinh MODIS, kênh 3.75  $\mu\text{m}$  được chuyển thành 3.95  $\mu\text{m}$  để loại bỏ hiện tượng hấp thụ hơi nước nhằm giảm phát xạ mặt trời 40% [54]. Kênh nhìn thấy và các kênh IR (0.66 và 0.86  $\mu\text{m}$ ) đều có độ phân giải 250m rất có ích cho việc phát hiện thảm thực vật cũng như khu vực sau cháy. Ảnh vệ tinh MODIS cũng có kênh 1.65  $\mu\text{m}$  với độ phân giải 500m rất nhạy cảm với khu vực sau cháy [2], [37].

Các thuật toán phát hiện điểm nóng/điểm cháy dựa trên AVHRR có thể được phân làm ba loại: (1) Các thuật toán đơn kênh, (2) Các thuật toán đa kênh, (3) Các thuật toán đa kênh cảm ngữ cảnh [2].

#### **\* Thuật toán đơn kênh:**

Theo Setzer, A.W. and M.C. Pereira, các thuật toán này chủ yếu sử dụng kênh 3 (kênh mid-infrared) của AVHRR. Tuy vệ tinh AVHRR không được thiết kế với mục tiêu giám sát cháy, nhưng kênh 3 vẫn được sử dụng cho việc phát hiện đám cháy một cách hiệu quả cho những môi trường hoặc vùng có nhiệt độ thấp và có độ phản xạ ánh sáng mặt trời thấp [2],[75]. Thuật toán

ngưỡng đơn kênh hữu dụng nhất đối với các vệ tinh quan sát đêm, nơi mà năng lượng phản xạ ánh sáng mặt trời là tối thiểu [2],[62],[70].

Tuy nhiên, một nhiệm vụ khó khăn trong việc sử dụng kênh 3 để phát hiện cháy trong khoảng thời gian ban ngày là giải quyết ảnh hưởng của sự phản xạ ánh sáng mặt trời từ mây và từ bề mặt sáng trong giới hạn bão hòa thấp của kênh 3. Ví dụ, bề mặt đất có nhiệt độ 300k và phản xạ 0.28 có thể làm bão hòa kênh 3 mặc dù không hề có cháy [2],[47]. Có thể thấy rằng phản xạ ánh sáng mặt trời đóng vai trò rất quan trọng khi nhiệt độ bề mặt giảm. Phản xạ ánh sáng mặt trời chủ yếu phụ thuộc vào tia sáng tới và xuất phản xạ. Xuất phản xạ trên 40% làm cho kênh 3 bão hòa; xuất phản xạ trên 20% tác động xấu tới tất cả các thuật toán phát hiện cháy. Nếu xuất phản xạ là 5% thì nó không bao giờ làm cho kênh 3 bão hòa nếu không có sự xuất hiện của cháy. Điều này đặc biệt hữu dụng khi áp dụng cho những thảm thực vật hoặc rừng nơi mà xuất phản xạ là 5% [2],[47],[56].

#### **\* Thuật toán đa kênh:**

Các thuật toán đa kênh đã được sử dụng để khắc phục những tồn tại khi khi sử dụng thuật toán đơn ở kênh 3 cho bài toán phát hiện cháy. Các thuật toán đa kênh thường được thực hiện ba bước cơ bản sau:

- (1) Sử dụng kênh 3 để phát hiện điểm cháy tiềm tàng,
- (2). Sử dụng kênh nhiệt 4 để loại bỏ mây,
- (3). Sử dụng sự sai khác giữa nhiệt độ sáng trong kênh 3 và kênh 4 để tách điểm lửa ra khỏi nền.

Thuật toán đa kênh thường được sử dụng trong phạm vi khu vực hoặc lục địa. Việc phát hiện cháy bằng thuật toán đa kênh đã được áp dụng cho rừng nhiệt đới [2],[28],[57], rừng Savan [2],[43],[58],[63] và rừng bắc cực [2],[34],[64]. Với mỗi ứng dụng khác nhau, các ngưỡng sẽ được thay đổi để phù hợp với các điều môi trường và điều kiện cháy. Kênh 4 phù hợp phát hiện mây ở tầng cao, nhưng không tốt đối với mây ở tầng thấp có sự chênh lệch nhiệt nhỏ với bề mặt. Kênh 1 có thể được sử dụng để lọc mây và các bề mặt sáng [2],[26],[55]. Tuy nhiên, trong tất cả các kênh của AVHRR, kênh 1 là

phù hợp nhất để phát hiện khói, khói thường có liên hệ trực tiếp tới lửa khi nó bị ảnh hưởng bởi gió. Kênh NIR 2 cũng có thể được sử dụng để phát hiện khói [2],[65] nhưng ở mức độ thấp hơn. Một ứng dụng khác của kênh NIR 2 đó là xuất phản xạ thảm thực vật giảm mạnh sau khi bị cháy, nó tương phản mạnh với những vùng thảm thực vật màu xanh. Sự sai khác nhiệt độ sáng giữa kênh 4 và kênh 5 cũng có thể được sử dụng để lọc những tầng mây mỏng [2],[43],[65]. Trong nghiên cứu của Liu et al. [2],[67], ngưỡng nhiệt độ brightness kênh 3 để phát hiện điểm cháy tiềm tàng được đặt là 305k. Dựa vào sự sai khác giữa kênh phổ hồng ngoại nhiệt, các điểm cháy nóng, điểm cháy lạnh cũng được phát hiện. Ngoài ra, các điểm cháy âm i ở nhiệt độ thấp cũng được phát hiện nhờ thuật toán mặt nạ chum khói (hay còn gọi là mặt nạ đám mây) [2].

**\* Thuật toán cảm ngữ cảnh:**

Việc sử dụng một ngưỡng cố định trong toàn vùng đã thể hiện rõ những hạn chế, do vậy các thuật toán đa kênh cảm ngữ cảnh đã được đề xuất, thuật toán cảm ngữ cảnh xác định các ngưỡng thay đổi phụ thuộc vào điểm ảnh. Nó liên quan đến hai bước: (i) khởi tạo các ngưỡng để phát hiện điểm cháy tiềm tàng và sau đó làm mịn các ngưỡng để xác định các điểm cháy [2],[71]. Kích thước cửa sổ để tính giá trị trung bình và độ lệch chuẩn được thực hiện một cách đặc biệt, kích thước cửa sổ được tăng dần từ 3x3 đến 21x21 đến khi số lượng điểm ảnh nền đạt tới một giá trị cho trước. Sau đó các giá trị thống kê này sẽ được sử dụng để làm mịn các ngưỡng [2],[42]. Với các ứng dụng trong phạm vi khu vực, các ngưỡng được đặt dựa vào các đặc tính bề mặt theo khu vực và theo mùa, nguồn cháy và khả năng cháy [2],[71]. Với các ứng dụng toàn cầu, ứng dụng các thuật toán phát hiện cháy bảo toàn; thuật toán phát hiện cháy bảo toàn này sẽ bỏ các điểm cháy nhỏ để giảm việc xác xuất phát hiện cháy sai, vì thế nó không thích hợp cho các bài toán yêu cầu cảnh báo sớm. Tuy nhiên, điểm mạnh của thuật toán này là nó có thể tìm được những đám cháy thực vật lớn ảnh hưởng tới biến đổi khí hậu [2].

*1.4.1.2. Các phương pháp phát hiện vùng rừng bị cháy*

Sản phẩm về điểm dị thường nhiệt chỉ cho biết địa điểm xảy ra đám cháy rừng khi vệ tinh bay qua, nó không thể cho biết được diện tích, phạm vi tác động của đám cháy. Trong khi đó, thông tin về sự tác động của vụ cháy đến môi trường là rất lớn, bao gồm việc ước lượng khí phác thải, xác định khả năng hồi phục rừng, ... Do đó, đã có nhiều đề xuất phương pháp xác định vùng bị cháy (burned area detection) dựa vào ảnh vệ tinh [2].

Hệ thống GLOBSCAR đã được Simon và cộng sự [76] đề xuất để cung cấp sản phẩm vùng cháy dựa trên ảnh ATSR-2 và AATSR bằng việc sử dụng các ngưỡng cố định hoặc ngưỡng phụ thuộc ngữ cảnh. Roi D. P. và cộng sự đã phát triển một cách tiếp cận sử dụng mô hình phản xạ hai chiều để xác định vùng cháy hàng ngày sử dụng ảnh MODIS độ phân giải 500-m. Một phương pháp khác đã sử dụng chỉ số thực vật thu được từ ảnh MODIS 16 ngày để xác định vùng cháy ở Nga trong vòng 12 năm [2],[44]. Loboda T. và cộng sự đã đề xuất phương pháp ánh xạ các vùng bị cháy sử dụng ảnh MODIS tổ hợp 8 ngày để có được sản phẩm cháy với độ phân giải 1km [2],[68]. Những phương pháp trên có nhiều nhược điểm. Thứ nhất, độ phân giải của sản phẩm cháy là quá thấp. Điều này dẫn đến các sai số lớn trong việc tính toán các hậu quả của cháy rừng như diện tích lớp phủ rừng, khối lượng khí phác thải sau cháy, ... đặc biệt khi sai số này tăng mạnh với các trường hợp xác định sai (false detections) vùng cháy. Bên cạnh đó, trong các trường hợp đám cháy quá nhỏ, mặc dù hệ thống xác định điểm cháy có thể cho thấy sự khác biệt về bề nhiệt độ trên bề mặt lớp phủ, nhưng điều đó không đảm bảo vùng bị cháy có thể xác định được Giglio L. và cộng sự [2],[48] đề xuất phương pháp tính toán sự thay đổi theo ngày từ ảnh phản xạ bề mặt MODIS 500-m. Sau đó việc phân biệt vùng cháy và vùng không cháy được thực hiện thông qua hàm phân bố mật độ địa phương sử dụng bản đồ điểm cháy. Hiện tại chưa có nhiều nghiên cứu sử dụng ảnh độ phân giải cao cho vấn đề tách vùng cháy. Trong hướng nghiên cứu này, Q. K. Le et al. cũng đã đề xuất một phương pháp nhằm tách vùng bị cháy sử dụng ảnh Landsat ETM+ SLC-off [2],[53]. Phương pháp này sử dụng thông tin từ sản phẩm điểm cháy cho trước, thay đổi bề mặt



tại khu vực điểm cháy được xác định trên cả miền không gian, thời gian, và trên các kênh phổ khác nhau. Thuật toán này cho phép xác định vùng cháy với độ phân giải tương đương độ phân giải của ảnh Landsat là 30m. Kết quả bước đầu cho thấy thuật toán hoạt động tốt ở những vùng thí điểm như Oregon, Wyoming, Ashland Mỹ, và khu vực rừng Hoàng Liên Sơn, Việt Nam [2].

#### ***1.4.2. Phương pháp phát hiện cháy rừng từ thiết bị giám sát mặt đất trên thế giới***

Năm 2010, Turgay Celik [80] đã đề xuất thuật toán báo cháy gồm 2 phần chính: mô hình mẫu lửa và phát hiện chuyển động. Thuật toán có thể được sử dụng song song với các hệ thống báo cháy thông thường để giảm các báo cháy sai. Một mẫu màu sắc mới của ngọn lửa được phát triển tại không gian màu CIE  $L^*a^*b^*$  để xác định các điểm ảnh cháy. Mục đích của mẫu màu sắc của ngọn lửa được thử nghiệm với 10 chuỗi video đa dạng bao gồm các ngọn lửa khác nhau. Kết quả thực nghiệm khá khả quan để tiến hành phân loại điểm ảnh cháy dựa theo duy nhất thông tin về màu sắc.

Chen và cộng sự sử dụng thông tin màu R, G và B ban đầu và phát triển một bộ quy tắc để phân loại các điểm ảnh cháy, các điểm cháy đề xuất và các khu vực khói được xác nhận và sự hỗn loạn chuyển động của chúng. Báo động sai là không thể tránh khỏi và có các đối tượng màu lửa di chuyển do không sử dụng thông tin cấu trúc [77],[78]. Thay vì sử dụng mô hình màu sắc dựa trên nguyên tắc như Chen và cộng sự, Toreyin và cộng sự [32] đã sử dụng một hỗn hợp của các mô hình Gaussian trong không gian RGB thu thập được từ các điểm ảnh cháy. Celik và cộng sự [79] sử dụng loại bỏ nền từ phân đoạn thay đổi đối tượng tiền cảnh và 3 quy tắc của các thành phần màu RGB để phát hiện cá điểm cháy.

Marbach và cộng sự [46] sử dụng mô hình màu YUV (Luminance, 2 Color differences) đại diện cho các video dữ liệu, nơi phát sinh các thành phần độ sáng Y được sử dụng để khai báo các điểm có nguy cơ cháy, và thành phần độ sắc U và V được sử dụng để phân loại các điểm có nguy cơ cháy hay không trong vùng cháy. Ngoài độ sáng và độ sắc, họ cũng kết hợp yếu tố chuyển động vào. Horng và các cộng sự [52] sử dụng mẫu màu sắc HIS để gần như phân đoạn các vùng tương tự

cháy cho môi trường sáng hơn và tối hơn. Các phân đoạn ban đầu được thực hiện bằng cách loại bỏ các điểm ảnh có cường độ và độ bão hòa thấp hơn để loại bỏ các vùng gần giống cháy như khói. Philip và các cộng sự [82] đề xuất một phương pháp tinh vi để nhận biết các đám cháy thông qua video màu. Họ sử dụng cả thông tin về màu sắc và chuyển động. tuy nhiên phương pháp của họ đòi hỏi tạo ra 1 bảng khi bắt đầu hoạt động hệ thống. Điều này cho biết thêm những hạn chế của sự phụ thuộc vào một nhà điều hành để phát hiện cháy trong chuỗi video. Hơn nữa, phương pháp này là quá phức tạp để xử lý trong thời gian thực. Các mô hình màu sắc hiện có như RGB, HSI, YCbCr, mô hình thống kê, vv, được sử dụng rộng rãi để phát hiện các đám cháy.

Ping-He Huang và cộng sự [74] nghiên cứu sử dụng màu sắc và thông tin chuyển động từ chuỗi video để phát hiện đám cháy. Ngọn lửa có thể được công nhận theo màu sắc của nó là một yếu tố chính của hình ảnh lửa. Do đó việc chọn lựa mô hình màu sắc thích hợp là chìa khóa để phát hiện ngọn lửa từ hình ảnh đám cháy. Tuy nhiên, màu sắc thôi là chưa đủ để phát hiện cháy. Để xác định một ngọn lửa cháy thật, ngoài các tính năng màu sắc, tính năng động thường được áp dụng để phân biệt các trạng thái khác của ngọn lửa. Trong nghiên cứu này, các tác giả đã sử dụng cả sự phát triển của khu vực cháy và tính chất không thay đổi của ngọn lửa được để phát hiện thêm những vùng cháy như một sự bổ sung của các tiêu chí phát hiện.

Turgay Çelik và cộng sự [80] đã xây dựng hai mô hình phát hiện lửa và khói dựa trên phương pháp xử lý hình ảnh. Để phát hiện cháy, các khái niệm từ logic mờ được sử dụng để thay thế các nguyên tắc sáng hiện có và làm cho việc phân loại mạnh mẽ hơn trong phân biệt hiệu quả cháy và chữa cháy như các đối tượng màu. Mô hình này đạt được lên đến 99,00% tỷ lệ phát hiện đúng lửa với tốc độ báo động giả 4,50%. Để phát hiện khói, phân tích thống kê được thực hiện bằng cách sử dụng ý tưởng rằng khói cho thấy màu xám với ánh sáng khác nhau.

Toreyin và cộng sự [32] đề xuất thuật toán phát hiện khói trong thời gian thực, trong đó các thông tin về biến đổi wavelet thời gian và không gian được sử dụng. Biến đổi wavelet không gian được dùng để phân tích các đối tượng nhấp

nhảy của khói, trong khi biến đổi wavelet không gian được tiến hành để giảm nội dung tần suất cao tương ứng với các cạnh gây ra bởi ảnh hưởng mờ của khói. F.Yuan [38] trình bày một phương pháp phát hiện khói trong video thời gian thực sử dụng một mô hình tích lũy chuyển động, nhưng nó không thể phát hiện khói trôi theo hướng nào. Zhang và cộng sự [36] trình bày một hệ thống phát hiện cháy thời gian thực sử dụng động năng của khu vực cháy. F. Yuan [39] đề xuất một tính năng vector hiệu quả bằng cách ghép các cuối biểu đồ của các mẫu mô tả trực quan Local Binary Pattern (LBP) và Local Binary Pattern Variance (LBPV) và một mạng lưới nơ ron BP được sử dụng để phát hiện khói. Trong một nghiên cứu khác, một khung bản đồ gấp đôi được đề xuất bởi Yuan để trích xuất các vùng dựa trên tính năng khói, AaBoost được sử dụng để nâng cao hiệu suất phân loại [40].

Liang-Hua Chen and Wei-Cheng Huang [61] đề xuất giải pháp sử dụng thuật toán phát hiện cháy sớm. Nhóm tác giả đề xuất việc tích hợp màu sắc, không gian và thông tin chuyển động để xác định vị trí khu vực cháy trong khung hình video. Những vùng có khả năng cháy được phát hiện dựa trên mẫu màu lửa với mô hình hỗn hợp Gaussian. Dựa trên một số đặc tính của vùng cháy, nhóm tác giả kết hợp các đặc tính không gian và thời gian để loại bỏ những vùng không phải cháy rừng. Cuối cùng, một số vùng cháy chưa được phát hiện sẽ được xác định bằng phương pháp phát triển vùng.

Healey và cộng sự sử dụng thông tin về màu sắc và chuyển động phân loại hình ảnh để xác định khu vực cháy và không cháy; phương pháp này yêu cầu các máy quay phải được đặt cố định, trong trường hợp máy quay không cố định thì các video ghi lại được cũng bị dịch chuyển làm ảnh hưởng tới hiệu quả của việc phát hiện cháy [45].

Horng và cộng sự [51], giả định một phương pháp cho sự phát hiện lửa sử dụng một mạng liên kết đa lớp (multilayer neural network - MNN) với một thuật toán truyền theo chiều ngược lại, nó được thử nghiệm sử dụng thuộc tính màu sắc của ánh lửa thể hiện trong không gian cường độ bão hoà màu (HSI). Thuật toán này phân tích màu sắc của mỗi điểm ảnh để xác định nếu một số điểm ảnh có hoặc không có đặc điểm ánh lửa.

B.U. Toreyin và cộng sự (2005, 2006) [31],[33] đã sử dụng phương pháp phát hiện khói dựa vào sự giảm đi tần số sử dụng HMM và DWT. Chen, T và cộng sự đã phân tích chuỗi ảnh RGB để phát hiện khói sử dụng độ tập trung màu và mức độ xáo trộn [78]. Nó rất đáng chú ý rằng tất cả các thuật toán phát hiện lửa được nhắc đến ở trên hoạt động trong miền không gian, phân tích giá trị điểm ảnh của mỗi khung hình video. Đề xuất của W. Krüll et al (2006) [81] kết hợp các đặc điểm động và tĩnh của khói, như là sự gia tăng, lộn xộn, tần số nhấp nháy và năng lượng chuyển đổi của các sóng nhỏ, và sau đó kết hợp các thông tin này được sử dụng nhằm vào một MNN để phát hiện sự hiện diện của khói. Thuật toán của Horng, W.; Peng, J (2006) [51] nhằm vào phát hiện khói và ánh lửa trong hầm, trong cái mà sự phát hiện lửa dựa trên trích xuất vùng chuyển động sử dụng một hình ảnh nền và lịch sử chuyển động của các hình ảnh, tốt như là chưa thay đổi gì ngay lúc đó. Vấn đề chính của ứng dụng này là một lượng lớn của chuyển động phát sinh bởi ô tô và các luồng không khí nặng. Trong thuật toán phát hiện khói dự kiến bởi Feiniu Yuan (2011) [39], khói được tính đến như là một loại kết cấu mô hình, nó được trích xuất từ sử dụng mô hình nhị phân cục bộ (LBP) và thường được sử dụng như cách phân loại kết cấu (texture). Sau đó LBP được sử dụng thử nghiệm (*train*) để xác định sự hiện diện của khói.

Thông thường các video hoặc ảnh đó xử lý dựa trên thuật toán phát hiện lửa, chứa hai nguyên lý đặc trưng của lửa, đó là ánh lửa và khói. Phần lớn các tài liệu về các thuật toán phát hiện lửa thực hiện phân tích một mức độ điểm ảnh sử dụng ánh lửa và (hoặc) các thuộc tính về khói, như là màu sắc của ánh lửa/khói, lập loè, mất đi các đường viền nền trong hệ thống, và tất cả thứ khác.

## **1.5. Tổng quan về mô hình phát hiện cháy rừng**

### ***1.5.1. Mô hình phát hiện cháy rừng bằng ảnh vệ tinh***

#### *1.5.1.1. Mô hình phát hiện cháy rừng bằng ảnh vệ tinh trên thế giới*

Các vệ tinh trên quỹ đạo Trái đất và ngay cả các thiết bị trong khí quyển đã được sử dụng để quan sát và phát hiện cháy rừng. Hình ảnh vệ tinh được thu thập bởi 2 vệ tinh chính cho mục đích phát hiện cháy rừng là AVHRR [73], vận hành năm 1998 và vệ tinh có bộ cảm MODIS, vận hành năm 1999 [59],[72]. Thật không may, các vệ tinh chỉ có thể cung cấp ảnh các vùng trên Trái đất theo chu kỳ nhất định, đây là một vấn đề khó để phát hiện sớm cháy; bên cạnh đó, chất lượng của ảnh vệ tinh có thể bị ảnh hưởng bởi điều kiện thời tiết [83]. Hiện có một số hệ thống đang được sử dụng trên thế giới như sau:

(1) GFMC: Trung tâm giám sát hoạt động của lửa trên toàn cầu, đây là một hoạt động của Liên hiệp quốc về giảm trừ thiên tai thảm họa. GFMC cung cấp một cổng thông tin toàn cầu chứa các tài liệu về cháy cho những vùng đất trống, có thể truy cập công khai qua Internet [2],[25].

(2) EFFIS: Hệ thống thông tin cháy rừng ở châu Âu hỗ trợ các công tác bảo vệ chữa cháy rừng tại các nước EU, cung cấp thông tin về những đám cháy trên các vùng đất hoang ở châu Âu tới Ủy ban và Nghị viện Châu Âu một cách kịp thời và đáng tin cậy. Hệ thống EFFIS phát hiện những khu vực nóng cháy dựa trên những thông tin của cảm biến MODIS để xác định những khu vực trên mặt đất nóng hơn xung quanh. Hệ thống đã giảm đi những cảnh báo sai bằng cách chỉ hiện thị những điểm nóng cháy được phát hiện bởi hệ thống [2],[25].

(3) Canadian Wildland Fire: Hệ thống thông tin thông báo cháy của Canada về những vùng đất hoang theo dõi điều kiện nguy hiểm hỏa hoạn trên khắp lãnh thổ Canada. Hệ thống sử dụng ảnh vệ tinh NOAA có độ phân giải thấp để định danh và xác định những khu vực lửa hoạt động để ước tính mô hình hành vi của lửa và lượng khí thải carbon từ các đám cháy [2],[25].

(4) Active Fire Mapping Program: Chương trình phát hiện cháy dựa trên dữ liệu vệ tinh, hoạt động giám sát rừng bởi trung tâm ứng dụng viễn thám USDA nằm ở thành phố Salt Lake, Utah. Chương trình cung cấp những phát hiện ở thời

gian thực trong các vùng lục địa Hoa Kỳ, Alaska, Hawaii và Canada. Nguồn dữ liệu của chương trình là dữ liệu ảnh viễn thám MODIS [2],[25].

(5) FIRMS: Được phát triển bởi Đại học Maryland, với kinh phí từ chương trình khoa học ứng dụng của NASA và tổ chức lương thực và nông nghiệp Liên hiệp quốc cung cấp thời gian thực hoạt động của lửa để quản lý tài nguyên thiên nhiên một cách dễ dàng. Hệ thống thu thập thông tin nhanh chóng kịp thời về những đám cháy từ dữ liệu những hình ảnh vệ tinh MODIS [2],[25].

Dữ liệu của hệ thống đã được triển khai ở nhiều nơi như ở Cục Lâm nghiệp Ấn độ để sử dụng tạo ra những cảnh báo cháy riêng với từng khu vực được gửi tới điện thoại, email của những người theo dõi hay ở Cục quản lý vườn quốc gia Thái lan gửi những cảnh báo đến những người quản lý ở tất cả các khu rừng.

Hệ thống FIRMS hiển thị những thông tin về những điểm nóng/cháy trên nền Web dựa trên bản đồ Thế giới. Các điểm cháy được phát hiện, sử dụng dữ liệu được lấy từ cảm biến MODIS, cung cấp dữ liệu thời gian thực thông tin những điểm cháy trên toàn cầu [2].

#### *1.5.1.2. Mô hình phát hiện cháy rừng bằng ảnh vệ tinh ở Việt Nam*

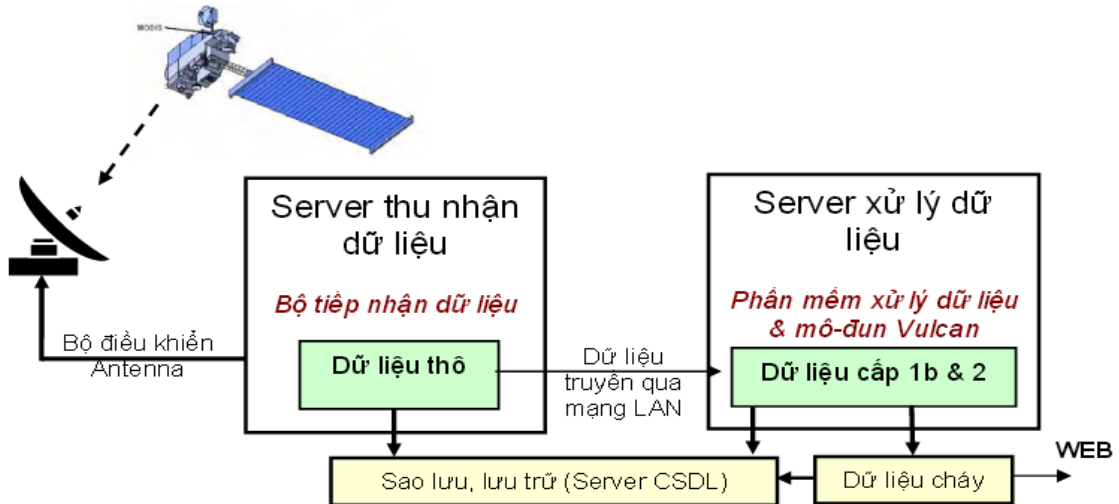
Ở Việt Nam hiện nay đang vận hành hệ thống theo dõi cháy rừng trực tuyến tại Cục Kiểm lâm [11],[18].

- Trạm thu ảnh vệ tinh:

Trạm thu ảnh vệ tinh TeraScan của Cục Kiểm lâm do công ty SeaSpace (Mỹ) cung cấp được lắp đặt tại trụ sở Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn (số 2 Ngọc Hà, Hà Nội). Đó là trạm thu và xử lý ảnh với giải tần X-Band (TeraScan 2.4m LEO) bao gồm các thành phần sau:

- + Hệ thống Antenna;
- + Module nhận dữ liệu (TeraScan® Data Acquisition Module);
- + Server để xử lý số liệu (TeraScan® Data Processing Server);
- + Phần mềm nhận và xử lý số liệu (TeraScan® Data Acquisition and Processing Software) gồm cả mô-đun Vulcan chuyên tính toán các điểm cháy;
- + GPS/NTP Server;

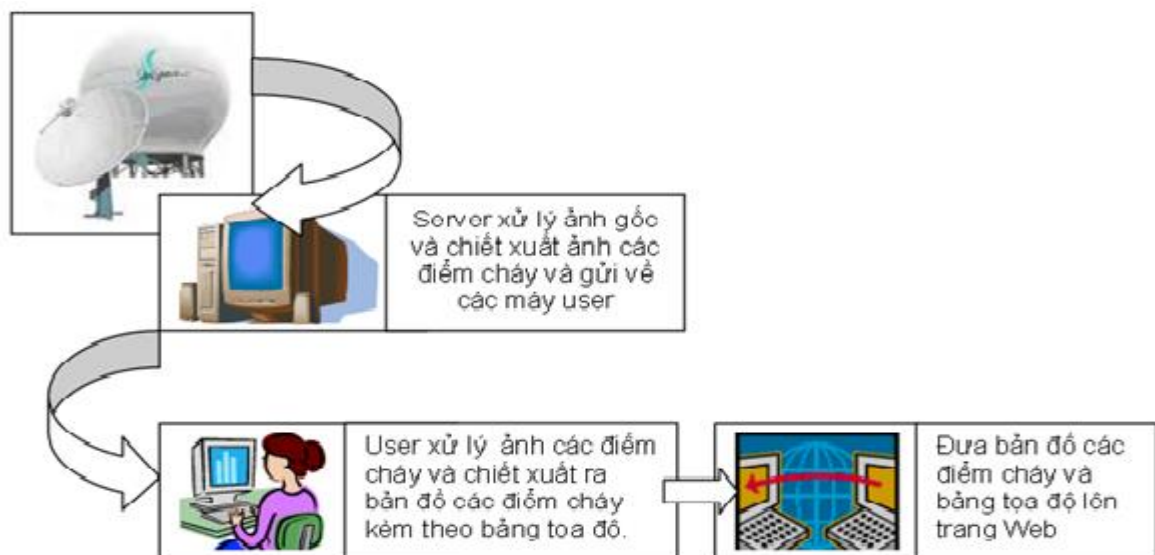
Với hệ thống cài đặt hiện tại, trạm thu ảnh vệ tinh của Cục Kiểm lâm có khả năng thu nhận trực tiếp dữ liệu MODIS trực tiếp 4 đợt trong một ngày đêm khi vệ tinh Aqua và Terra bay qua tầm nhìn của Antenna. Vùng lãnh thổ mà Antenna có thể thu nhận được ảnh vệ tinh bao phủ toàn bộ lãnh thổ Việt Nam; gồm cả đất liền và vùng lãnh hải.



Hình 1.5. Sơ đồ thu nhận và xử lý dữ liệu Modis tại trạm thu Cục Kiểm lâm [18]

- Ứng dụng phát hiện các điểm cháy (hospots)

Quy trình xử lý tính toán các điểm cháy: Hệ thống cảnh báo cháy rừng của Cục Kiểm lâm là một hệ thống tự động phát hiện sớm các điểm cháy (hospots) trên toàn lãnh thổ Việt Nam. Sau khi máy chủ Server tự động thu dữ liệu MODIS từ vệ tinh qua trạm thu và xử lý đến sản phẩm bức xạ mức 1b (đã được chuẩn hóa và nắn chỉnh hình học), module Vulcan sử dụng thuật toán của Louis Giglio và cộng sự phát triển năm 2003 dựa trên thuật toán gốc của Kaufman năm 1993 tự động xử lý dữ liệu kênh 20, 22 và 31 cùng với ảnh mặt nạ mây để tạo ra dữ liệu cháy dưới dạng ảnh và danh mục các điểm cháy.



Hình 1.6. Sơ đồ thu nhận, xử lý và thông tin điểm cháy từ dữ liệu MODIS [18]

- Truyền tải thông tin cháy thông qua trang web: Đối với mỗi phiên ảnh MODIS thu nhận được, thông tin các điểm cháy gần nhất được cập nhật trên trang web bao gồm:

- + Ảnh cháy toàn quốc.
- + Số điểm cháy của các tỉnh, thành phố trên toàn quốc.
- + Bảng tọa độ các điểm cháy bao gồm các thông tin chi tiết như ngày giờ, tọa độ địa lý, thuộc tỉnh/huyện, cường độ cháy, diện tích ảnh hưởng nhằm hỗ trợ địa phương PCCC kịp thời.



Hình 1.7. Các điểm cháy ngày 3 tháng 6 năm 2017 [11]



## **1.5.2. Mô hình phát hiện cháy rừng bằng thiết bị giám sát mặt đất**

### **1.5.2.1. Mô hình phát hiện cháy rừng bằng thiết bị giám sát mặt đất trên thế giới**

#### **(1) Hệ thống cảm biến quang học và máy ảnh kỹ thuật số**

Hiện nay, hai mạng cảm biến để phát hiện cháy là máy ảnh giám sát và mạng cảm biến không dây. Sự phát triển của các cảm biến, máy ảnh kỹ thuật số, xử lý hình ảnh dẫn đến sự phát triển hệ thống quang học tự động nhận biết sớm và cảnh báo cháy rừng. Các loại cảm biến khác nhau có thể được sử dụng trong hệ thống mặt đất như [25]:

- (i) Máy ảnh- máy ghi hình, nhạy bén với các quang phổ nhìn thấy của khói vào ban ngày và nhận biết lửa vào ban đêm.
- (ii) Tia hồng ngoại (IR), hình ảnh nhiệt dựa trên sự phát hiện dòng nhiệt từ đám cháy.
- (iii) Quang phổ kế hồng ngoại để nhận biết đặc tính quang phổ của khói.
- (iv) Hệ thống phát hiện ánh sáng và phạm vi cháy (LIDAR-detection of light and range) đo các tia laser phản xạ từ hạt khói.

Các biến thể của hệ thống quang học hoạt động dựa trên các thuật toán khác nhau được thiết kế bởi nhà sản xuất, tất cả chúng đều có chung nguyên lý về phát hiện khói và ánh lửa. Nói một cách đơn giản, máy ảnh đưa ra các bức ảnh trong cùng một thời gian. Những hình ảnh bao gồm một số lượng điểm ảnh (pixel), bộ phận xử lý theo dõi chuyển động của ảnh và kiểm tra xem bao nhiêu điểm ảnh chứa khói hoặc ánh lửa, sau đó bộ phận xử lý gửi kết quả đến một thuật toán khác để quyết định có đưa ra cảnh báo hay không. Hầu hết các hệ thống quang học cần được tích hợp với bản đồ địa lý để định vị các điểm cháy.

- **Cảnh báo EYE:** là một hệ thống video để phát hiện sớm cháy rừng tích hợp tia hồng ngoại, màu đen, trắng, và tần số màu. Dùng tia hồng ngoại có thể phân biệt hình ảnh ngọn lửa và hơi nóng. Hệ thống này được sản xuất và triển khai ở Thái Lan [2],[25].

- **Hệ thống UraFire:** dựa trên sự nhận biết khói thông qua các nhóm chuyển động trong một khoảng thời gian nhất định để giảm thiểu cảnh báo sai đã được sử dụng và sản xuất tại Pháp [2],[25].

- **Trình tìm kiếm cháy rừng (Forest Fire Finder):** Hệ thống quang học này khác biệt hoàn toàn về kỹ thuật, đây là một hệ thống hoạt động dựa trên sự phân tích thông minh khí quyển thay vì phát hiện khói hoặc ánh lửa. Forest Fire Finder theo dõi cách bầu khí quyển hấp thụ ánh sáng mặt trời, phụ thuộc vào thành phần hoá học trong khí quyển. Thành phần khác nhau thì hấp thụ khác nhau, do đó Forest Fire Finder có thể nhận biết khói hữu cơ từ cây bị cháy và khói của khu công nghiệp trong phạm vi 15 km. Thiết bị này có thể được lắp đặt trong tán cây để phát hiện nhanh và hệ thống này được sử dụng trong các khu rừng ở Bồ Đào Nha [2],[25].

- **ForestWatch:** là một hệ thống cảm biến máy ảnh, phát hiện cháy rừng bán tự động được tạo ra bởi EnviroVision Solutions, Nam Phi. Máy ảnh đặt trên trạm quan trắc quét các khói vào ban ngày và ánh lửa vào ban đêm. Nó có thể phát hiện khói trong phạm vi 16-20 km và sau đó truyền tin với tốc độ 0.25 Mbps 3G hoặc qua các kết nối sóng vô tuyến khác ForestWatch là hệ thống phổ biến nhất trong việc phát hiện sớm cháy rừng. ForestWatch đã thực hiện hoàn tất thử nghiệm này: đám cháy được phát hiện trong phạm vi lên tới 20km nhưng cảnh báo sai cũng có xảy ra. Hệ thống ForestWatch được sử dụng ở Nam Phi (83 tháp), Swaziland (5 tháp), Mỹ (22 tháp), Canada (4 tháp), Chile (20 tháp) và Slovakia (4 tháp). Một mô hình thí điểm được lắp đặt tại Hy Lạp (2 tháp). Hệ thống Harbour Watch liên quan được triển khai ở Nam Phi và Namibia [2],[25].

- **Hệ thống FireHawk:** Một hệ thống quản lý rủi ro cung cấp vị trí điểm cháy bao gồm 3 bộ phận như sau [2],[25]:

- (i) Hình ảnh tương ứng của các máy ảnh lắp đặt ở vị trí thích hợp
- (ii) Bộ phận truyền tin thông qua kết nối không dây
- (iii) Máy quan sát FireHawk sử dụng phần mềm ForestWatch và hệ thống thông tin địa lý để cung cấp vị trí gần nhất tới điểm cháy

Hiện tại Firehawk được lắp đặt tại 2 khu vực thuộc Nam Phi.

- **FireWatch:** là hệ thống tự động phát hiện khói trong phạm vi 10-40km. Hệ thống này được nghiên cứu trong nhiều năm (từ 1992) ở Đức và hiện nay được tạo ra bởi Viện vũ trụ Đức (DLR)

Hệ thống vận hành FireWatch được sử dụng ở Đức (178 tháp, 22 phòng điều khiển), Estonia (5 tháp, 1 phòng điều khiển), Cyprus (2 tòa tháp, 1 phòng

điều khiển), và Mexico (1 tháp, 1 phòng điều khiển). hệ thống thí điểm (1 hoặc 2 tòa tháp) đang được sử dụng tại Cộng hòa Séc, Bồ Đào Nha, Tây Ban Nha, Ý, Hy Lạp, và Hoa Kỳ [41].

Tổng quan hệ thống FireWatch như sau [41]:

- (i) Hệ thống cảm biến quang học (Optical sensor system - OSS): mỗi OSS quay 360° trong mỗi 4-6 phút vào ban ngày và 8-12 phút vào ban đêm trong mỗi 10°.
- (ii) Truyền dữ liệu: OSS tại mỗi tháp truyền tin đến máy tính thông qua kết nối không dây
- (iii) Cơ quan trung tâm: các nhân viên được cung cấp không gian làm việc với máy tính, màn hình và máy in.

Nếu cảm ứng phát hiện ra mây hoặc cột khói, thông tin được chuyển về cơ quan quản lý cháy rừng trung tâm thông qua ISDN (64 bit) hoặc thông qua radio 1Mbps; Nó cũng có thể truyền thông tin qua 3G nhưng cách này không được khuyến nghị [41].

## (2) Hệ thống mạng cảm biến không dây

Các cảm biến là các thiết bị có khả năng cảm nhận môi trường và tính toán dữ liệu. Các cảm biến cảm nhận được các tham số vật lý như nhiệt độ, áp suất, độ ẩm, cũng như các tham số hóa học như CO<sub>2</sub>, CO và NO<sub>2</sub>. Các cảm biến hoạt động trong một hệ thống môi trường mạng tự hồi phục và tự tổ chức. Một loại công nghệ không dây có tên ZigBee là một tiêu chuẩn công nghiệp mới dựa trên IEEE 802.15.4. Công nghệ này nhấn mạnh việc ứng dụng năng lượng với chi phí nguồn thấp và các tấm pin mặt trời và thích hợp với tốc độ dữ liệu thấp và phạm vi truyền tin nhỏ. Mạng cảm biến không dây nhanh chóng phát triển với số lượng lớn ứng dụng. Đây là công nghệ có tiềm năng được ứng dụng rộng rãi; đó là lý do tại sao các nghiên cứu mạng cảm biến ngày càng lớn hơn qua các năm.

Lloret và cộng sự [25] đã đề nghị triển khai một mạng cảm ứng cung cấp các máy ảnh giao thức Internet (internet protocol - IP) ở Tây Ban Nha. Tại đây, các cảm ứng phát hiện đám cháy khi bắt đầu và gửi tín hiệu cảnh báo tới một bộ phận chứa thông tin. Ngay sau đó sẽ gửi ngược lại 1 tin nhắn để bật các máy ảnh gần nhất nhằm cung cấp những hình ảnh thực tế về đám cháy, tránh những cảnh báo sai. Bài báo của họ dựa trên kiểm định hiệu suất của 4 máy ảnh IP cùng với

sự tiêu thụ năng lượng. Vấn đề của hệ thống này là việc truyền các hình ảnh, chúng rất nặng với mạng cảm biến không dây trong sự liên kết với giới hạn tài nguyên, bộ nhớ và bộ đệm hơn là máy ảnh IP mà chúng chỉ có thể cũng cung cấp hình ảnh nhìn thấy và không hiệu quả trong bóng tối, sương mù và mưa. Máy ảnh IP yêu cầu cài đặt thủ công ở những vị trí thích hợp.

Hartung và cộng sự [25] đã giới thiệu FireWxNet, một hệ thống không dây di động để giám sát các điều kiện thời tiết trong môi trường cháy ở vùng đất hoang, gồ ghề. Mục đích chính của nghiên cứu này là điều tra hoạt động của đám cháy hơn là việc phát hiện đám cháy ở giai đoạn sớm. Họ sử dụng mạng cảm biến không dây cung cấp dữ liệu về tình trạng thời tiết và máy ảnh có kết nối internet cung cấp hình ảnh đám cháy. Hệ thống sử dụng một cấu trúc tầng bắt đầu với ăng ten điều hướng trên đỉnh núi và kết thúc với mạng cảm biến nhiều hy vọng để quan sát các tham số môi trường cần thiết. Hartung và cộng sự bắt đầu sử dụng máy ảnh có kết nối internet để cung cấp dữ liệu nhìn thấy cũng như được trang bị các cảm biến có thiết bị GPS nhỏ có thông tin về vị trí.

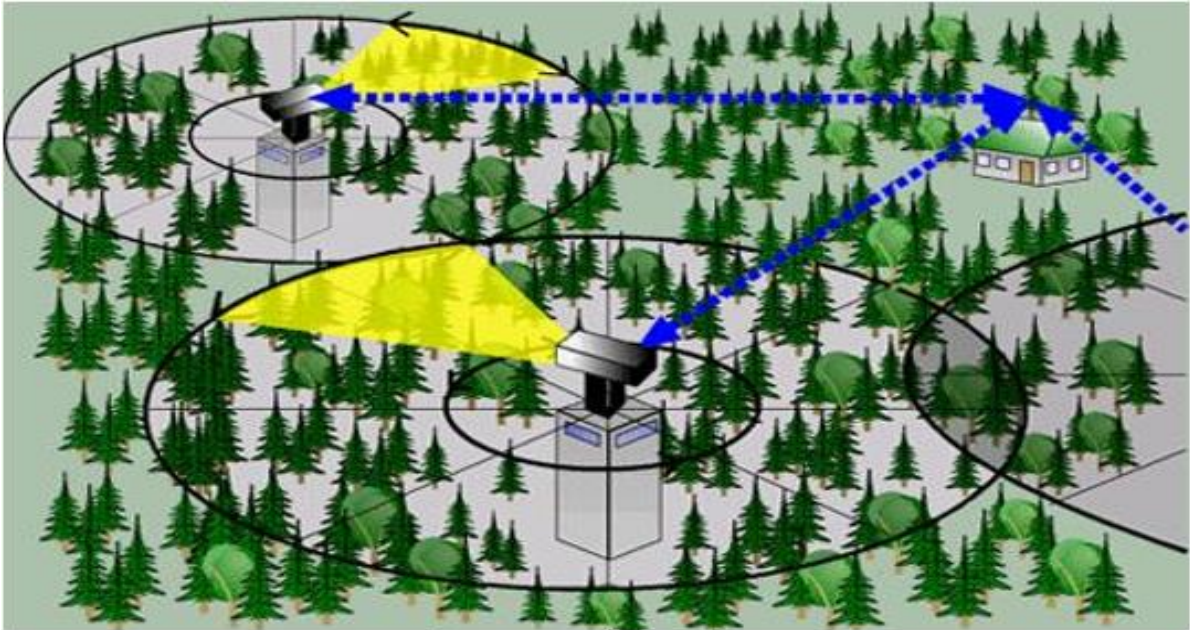


Hình 1.8. Mô hình FireWxNet [25]

#### 1.5.2.2. Các hệ thống giám sát cháy rừng đã và đang được sử dụng tại Việt Nam

Cảm biến không dây cảnh báo cháy rừng Hệ thống cảm biến không dây phát hiện cháy rừng (Fire Watch) được lắp thử nghiệm ở 3 khu vực Vườn Quốc gia Yok Đôn (Đắk Lắk), U Minh Hạ (Cà Mau) và huyện Lộc Bình của Lạng Sơn. FireWatch là hệ thống giám sát từ xa kỹ thuật số trên mặt đất dùng để quan trắc một vùng rừng rộng lớn và phân tích, tính toán và lưu trữ dữ liệu thu thập (hình 1.9). FireWatch có thể tính toán và phân loại nhiều loại thông tin đầu vào và kết nối với trạm trung tâm. Nguyên lý hoạt động của hệ thống là tự động phát hiện đám khói. Xử lý dữ liệu trực tuyến trên đường truyền sóng radio hay cáp tốc độ cao. Một cảm biến có thể giám sát một diện tích

rừng lớn tới 70.000 ha. Trong trường hợp phát hiện đám cháy, hệ thống sẽ tự động đưa ra cảnh báo tại trung tâm giám sát [2].



Hình 1.9. Tổng quan về hệ thống FileWatch [2]

Hệ thống trên có nhiều ưu điểm trong việc phát hiện và báo động cháy đặc biệt là đám cháy vào ban đêm. Tuy nhiên phạm vi áp dụng giới hạn do chi phí giá thành và khả năng thích hợp với điều kiện khí hậu nhiệt đới độ ẩm cao tại Việt Nam.

## 1.6. Nhận xét đánh giá và định hướng nghiên cứu

### 1.6.1. Hệ thống giám sát bằng ảnh vệ tinh

- Tất cả các vệ tinh quan sát cháy rừng hiện nay đều có các hạn chế đáng kể dẫn đến thiếu khả năng trong việc kiểm soát tốc độ và tính hiệu quả trong khu vực có rừng.

- Vệ tinh GEO và LEO được đặt tại quỹ đạo cách bề mặt trái đất 22800 dặm. Các bức xạ quang học và bức xạ hồng ngoại phát ra bởi ngọn lửa ở giai đoạn sớm, trước khi chúng lan ra diện rộng, có thể cường độ quá yếu khiến vệ tinh không phát hiện được. Cường độ giảm tỉ lệ nghịch với khoảng cách bình phương, thêm vào đó nó còn nhạy cảm với góc giữa chùm tia bức xạ và bề mặt trái đất như bề mặt gương, máy ảnh. Ăng-ten và thiết bị phát hiện; do đó, vị trí và hướng của vệ tinh cần được tối ưu để phát hiện sớm một đám cháy.

- Vệ tinh có thể không được trang bị bộ tách sóng, ăng ten, bộ khuếch đại, bộ phận tái tạo, biên dịch tần số và đường truyền phù hợp để phát hiện sớm đám

cháy. Trên thực tế, có thể chưa có phân bố chính thức tần số và dải sóng thích hợp để phát hiện cháy.

- Một vệ tinh thường được thiết kế để thực hiện nhiều chức năng khác nhau (viễn thông, viễn thám với các tính năng rộng hơn về bề mặt trái đất và khí quyển, vv) và đây không phải là khoản chi hiệu quả để tăng thêm khả năng phát hiện sớm đám cháy. Vận hành hệ thống vệ tinh bị ràng buộc bởi nhiều quy tắc và hiệp định quốc gia và quốc tế vì thế dẫn đến kém hiệu quả cho việc quan sát cháy rừng.

Một số hạn chế khi khai thác thông tin tại các Quốc gia hoặc vùng lãnh thổ như:

- Trung tâm của hệ thống là giao diện Web bản đồ toàn Thế giới hoặc khu vực bao gồm nhiều quốc gia gây khó khăn cho người xem khi muốn xem nhanh một vùng, khu vực trên lãnh thổ quốc gia mình.

- Ngôn ngữ chưa được địa phương hóa theo từng quốc gia hoặc vùng lãnh thổ, cụ thể ở đây ngôn ngữ ở đây chủ yếu là tiếng Anh chưa thích hợp khi triển khai ở những vùng ít sử dụng tiếng anh và nghiêm nhiên gây khó khăn cho người sử dụng cơ bản.

- Không hiển thị thông tin bản đồ hành chính hoặc những bản đồ chuyên đề của từng vùng quận huyện, tỉnh thành của quốc gia riêng lẻ.

- Một số tồn tại của hệ thống Filewatch của Cục Kiểm lâm: việc sử dụng các kết quả này trong công tác quản lý và bảo vệ rừng hàng ngày còn gặp một số hạn chế do:

+ Kết quả theo dõi cháy rừng thường bị chậm do hạn chế về tần suất quan sát của vệ tinh.

+ Chưa có sự liên kết giữa thông tin điểm cháy với thông tin cảnh báo cháy, trong phòng chống cháy rừng thì khâu phòng có ý nghĩa đặc biệt quan trọng.

+ Việc chuyển kết quả đến những người có trách nhiệm và công chúng còn chậm, thiếu thông tin cụ thể.

+ Không hiển thị thông tin bản đồ hiện trạng rừng để lọc những điểm dị thường nhiệt không cần thiết.

+ Chưa làm chủ được công nghệ khi triển khai bảo trì hoặc nâng cấp hệ thống; vấn đề này phụ thuộc hoàn toàn vào bên cung cấp dịch vụ.

### ***1.6.2. Hệ thống giám sát bằng máy ảnh và cảm biến quang học***

Hai hệ thống FireWatch và ForestWatch được coi là phù hợp với điều kiện ở hầu hết các nước châu Âu. Chúng đều có một sự phát triển lâu dài và đang được nâng cấp; cả hai đã được thử nghiệm và sử dụng với mục đích thương mại ở rất nhiều nước trên thế giới.

Cảm biến quang học hoặc các hệ thống máy ảnh nói chung cần phải được cải thiện để giảm đi cảnh báo sai do các biến đổi của các yếu tố khác nhau như gió, bóng mây, phản xạ và hoạt động của con người. Những khó khăn trong việc xử lý hình ảnh cảnh quan là do bản chất của chúng khác nhau và có lượng lớn các biến động tiềm ẩn có thể xuất hiện trong các điều kiện chiếu sáng khác nhau tùy thuộc vào thời tiết, khoảng cách, thời gian trong ngày, các đối tượng che phủ, vv...

Hệ thống máy ảnh cảnh báo với khoảng cách liên kết ngắn đã có cải thiện phát hiện cháy rừng, nhưng cũng chứng tỏ phương pháp hiệu quả để phát hiện cháy cần được thiết lập cho mỗi máy ảnh ở những vị trí thích hợp hơn là những tầm quan sát, hình ảnh vào ban đêm, hình ảnh trong thời tiết xấu và nguyên nhân gây ra cảnh báo sai như sau:

- (i) Chuyển động hàng ngày của mặt trời
- (ii) Chuyển động của mây
- (iii) Sự biến đổi của khí quyển
- (iv) Thảm thực vật.

Cuối cùng, những hệ thống này rất đắt; có thể tiêu tốn hơn 30 - 100 nghìn đô la cho mỗi trạm và xây dựng những trạm quan trắc này cần lắp đặt các trang thiết bị truyền tin trong những khu vực sâu bên trong rừng nên gặp rất nhiều khó khăn.

### ***1.6.3. Đối với hệ thống giám sát bằng mạng cảm biến không dây***

- Công nghệ mạng cảm biến không dây thường triển khai một số lượng lớn các bộ cảm biến nhỏ, các cảm biến được lắp với mật độ dày, có thể quan sát và tác động đến vật chất xung quanh chúng qua thu thập thông tin vật lý, chuyển đổi nó thành tín hiệu điện, gửi chúng đến những vị trí xa hơn để tiến hành phân tích và đưa ra kết quả trong các ứng dụng khác nhau. Bằng cách này, không cần xây dựng những trạm quan trắc hoặc thiết lập đường truyền tin phức tạp như sóng vô tuyến và vệ tinh. Nó có thể được triển khai ở bất kỳ đâu, thậm chí là ở những nơi không thể tiếp cận.

- Công nghệ này có thể giám sát theo thời gian thực, cung cấp thông tin phát lửa hoặc một sự chậm trễ không đáng kể, phụ thuộc vào việc nút hoạt động theo chương trình “thức/ngủ”.

- Công nghệ này hoạt động kiểu liên kết truyền tin ngắn, kết quả là các thông tin chính xác và nhanh hơn.

#### ***1.6.4. Đề xuất hướng nghiên cứu cho luận án***

Để thực sự làm chủ được công nghệ trong việc phát hiện và truyền tin cháy rừng ở Việt Nam, trên cơ sở những luận cứ phân tích nêu trên, tác giả tiến hành *lựa chọn thuật toán trích xuất điểm dị thường nhiệt do Louis Giglio và cộng sự phát triển năm 2003 dựa trên thuật toán gốc của Kaufman xây dựng năm 1998 để trích xuất điểm dị thường nhiệt bằng việc sử dụng ảnh vệ tinh Modis.*

Với hiện trạng điều kiện địa hình bị chia cắt mạnh, phân bố nhiều loại rừng khác nhau, nên để khẳng định thuật toán áp dụng được trong điều kiện ở Việt Nam, *tác giả sẽ tiến hành phân tích quan hệ giữa một số đại lượng với các vụ cháy rừng đã thực tế xảy ra trong quá khứ ở Việt Nam, làm cơ sở đề xuất việc ứng dụng thuật toán cho phát hiện cháy rừng ở Việt Nam.*

Từ năm 2007 Cục Kiểm Lâm đã sử dụng ảnh MODIS để phát hiện các điểm dị thường về nhiệt độ vào mùa cháy rừng ở Việt Nam và công bố trên Website. Trong thực tế, chỉ một phần các điểm dị thường về nhiệt độ là các vụ cháy rừng thực tế đang xảy ra, các điểm khác có thể là: các điểm cháy ở khu dân cư, các nhà máy, khu công nghiệp đang sản xuất, các phương tiện, thiết bị có phát nhiệt cao khác phân bố ở nơi không có rừng. Các điểm dị thường về nhiệt không phải là cháy rừng cần phải được loại trừ, qua việc tích hợp kết quả nghiên cứu về các nhân tố ảnh hưởng đến cháy rừng như: loại rừng, đặc điểm cháy rừng, đặc điểm thời tiết, điều kiện địa hình, phân bố dân cư... *Tác giả sẽ sử dụng công nghệ phân tích không gian địa lý, tích hợp viễn thám và GIS, tự động lọc các điểm dị thường về nhiệt độ nằm trong diện tích rừng để cung cấp cho chủ quản lý rừng những thông tin có độ tin cậy cao.*

Sử dụng ảnh viễn thám để phát hiện cháy rừng chỉ phù hợp với những nơi vùng núi xa xôi, điều kiện đi lại khó khăn. Với chu kỳ bay chụp của ảnh vệ tinh MODIS được sử dụng để phát hiện sớm cháy rừng là 4 lần/ngày, trong nhiều trường hợp cháy rừng có thể xảy ra đến 6 giờ thì mới phát hiện được (chưa tính



thời gian xử lý ảnh), như vậy không đảm bảo tính kịp thời trong chữa cháy rừng. Đối với các khu vực rừng có nhiều giá trị về kinh tế, bảo tồn, di tích lịch sử...có nhiều nguy cơ cháy cao về mùa khô, các cơ quan quản lý thường xây dựng hệ thống chòi canh, có người trực 24h/ngày bằng ống nhòm. Tuy nhiên, mô hình này thường không đem lại hiệu quả cao do ảnh hưởng của yếu tố con người và thời gian, tốn kém nhiều nhân lực và chi phí phát sinh. Để khắc phục vấn đề này, *Tác giả sẽ tiến hành nghiên cứu ứng dụng thuật toán phát hiện cháy rừng từ thiết bị giám sát mặt đất.*

Để nâng cao hiệu quả công tác phòng cháy và chữa cháy rừng, thông tin về cháy rừng cần được chuyển tải một cách kịp thời, chính xác đến các cấp quản lý rừng qua nhiều kênh thông tin khác nhau. Từ kết quả phát hiện cháy rừng bằng ảnh viễn thám hoặc thiết bị giám sát mặt đất, *tác giả sẽ đề xuất thiết lập hệ thống truyền thông tin tự động tới các cấp quản lý rừng bằng điện thoại, emails, tin nhắn, trang web...* Đây là hệ thống tích hợp giữa công nghệ không gian địa lý và công nghệ thông tin để xử lý thông tin trực tuyến ở máy chủ và gửi tới các thiết bị kết nối khác.

**Tóm lại:** Từ thực tiễn công tác quản lý tài nguyên rừng ở nước ta nói chung cho thấy việc xây dựng mô hình cảnh báo sớm lửa rừng bằng công nghệ địa không là một yêu cầu hiện hữu và cấp bách. Tuy nhiên, cơ sở lý luận và thực tiễn của vấn đề này ở Việt Nam vẫn chưa được làm sáng tỏ, mô hình cụ thể để ứng dụng công nghệ này như thế nào? Quy trình và phương pháp tổ chức thực hiện ra sao? Cấu trúc và những đặc trưng cơ bản của cơ sở dữ liệu không địa không gian ở địa phương như thế nào? Các kỹ thuật xử lý và phân tích cảnh báo lửa rừng bằng công nghệ địa không gian vẫn chưa được hệ thống hóa một cách khoa học, thiếu các phương án lựa chọn cho từng đối tượng vùng/tiểu vùng sinh thái và thiếu các mô hình ứng dụng tối ưu. Vì vậy, cần thiết phải thực hiện nghiên cứu này để góp phần giải quyết những tồn tại hiện nay đồng thời đưa công tác cảnh báo lửa rừng ở nước ta lên một tầm cao mới.

## CHƯƠNG 2

### NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

#### 2.1. Nội dung nghiên cứu

##### **2.1.1. Nghiên cứu khả năng phát hiện cháy rừng từ ảnh vệ tinh**

- Lựa chọn tư liệu ảnh vệ tinh phù hợp cho nghiên cứu.
- Ứng dụng thuật toán trích xuất điểm dị thường nhiệt từ ảnh vệ tinh.
- Phân tích mối quan hệ giữa cấp độ sáng (brightness) với độ tin cậy (confidence) của điểm dị thường nhiệt.
- Kiểm chứng khả năng phát hiện cháy rừng từ ảnh vệ tinh.
- Phân tích và xác định ngưỡng cấp độ sáng (brightness) và độ lệch  $\Delta T$  của các điểm dị thường nhiệt cho các vụ cháy rừng ở Việt Nam.
- Loại trừ điểm dị thường nhiệt không nằm trong rừng.

##### **2.1.2. Nghiên cứu khả năng phát hiện cháy rừng từ thiết bị giám sát mặt đất**

- Ứng dụng thuật toán phát hiện cháy với khung hình video.
- Ứng dụng thuật toán phát hiện cháy với khung hình từ máy ảnh kỹ thuật số.
- Thử nghiệm mô hình phát hiện cháy rừng từ thiết bị giám sát mặt đất.
- Ảnh hưởng chiều cao và khoảng cách của thiết bị giám sát mặt đất đến đám cháy.

##### **2.1.3. Đề xuất giải pháp kỹ thuật trong phát hiện cháy rừng từ ảnh vệ tinh và thiết bị giám sát mặt đất.**

- Giải pháp kỹ thuật trong phát hiện cháy rừng từ ảnh vệ tinh.
- Giải pháp kỹ thuật trong phát hiện cháy rừng từ thiết bị giám sát mặt đất.

#### 2.2. Phương pháp nghiên cứu

##### **2.2.1. Phương pháp luận**

###### Về luận điểm:

(1) Công nghệ viễn thám, cụ thể là viễn thám hồng ngoại (đặc biệt là hồng ngoại trung và hồng ngoại nhiệt) cho phép phát hiện các đám cháy và các khu vực dị thường nhiệt có liên quan chặt chẽ tới các đám cháy trên mặt đất.

(2) Kết hợp viễn thám và công nghệ địa thông tin mặt đất cung cấp khả năng phát hiện sớm và giám sát quá trình lan truyền đám cháy một cách chính xác, từ đó có thể hỗ trợ có hiệu quả cho công tác phòng chống cháy rừng.

Do đối tượng rừng ở nước ta rất đa dạng và phong phú, phân bố trên nhiều dạng lập địa rất khác nhau. Mất rừng xảy ra thường do nhiều nguyên nhân. Vì vậy, nghiên cứu này phải quán triệt các cách tiếp cận như sau:

*(1) Công nghệ địa không gian được sử dụng chủ đạo xuyên suốt các nội dung nghiên cứu.*

Mô hình ứng dụng công nghệ địa không gian trong cảnh báo lửa rừng cần phải được xây dựng trên cơ sở hệ thống toàn diện và khoa học thông qua việc tích hợp được tối ưu các tiện ích, tính ưu việt của GPS, RS, GIS đồng thời khắc phục được các điểm hạn chế của chúng. Vì vậy, để có thể trở thành một công cụ cung cấp thông tin quản lý hữu ích và kịp thời thì phải hết sức chú ý đảm bảo độ chính xác của từng khâu, từng bộ phận, từng hoạt động công việc từ khi nhận dạng và định lượng sự thay đổi cho đến khi truyền tải được thông tin về rừng, lửa rừng đến nhà quản lý và sử dụng, trong đó, GPS và RS là các phương pháp và công cụ tạo ra cơ sở dữ liệu cần thiết cho các phân tích về GIS.

*(2) Công nghệ thông tin sẽ được tích hợp sử dụng trong xử lý dữ liệu và truyền thông tin.*

Các kết quả phát hiện sớm cháy rừng sẽ được cập nhật xử lý thông qua hệ thống máy chủ kết nối đường truyền internet tới các đối tượng sử dụng. Trong luận án này, công nghệ điện toán đám mây sẽ được tích hợp với công nghệ không gian địa lý để phát huy tối đa quá trình tự động hóa trong tiếp nhận xử lý dữ liệu viễn thám, GIS và GPS. Với công nghệ này, thông tin phát hiện cháy rừng sẽ được truyền tự động và trực tuyến lên trang web, emails và điện thoại. Ngoài ra, hệ thống sẽ quản lý việc cập nhật thông tin và trích xuất báo cáo qua việc cấp phát tài khoản và mật khẩu, người dùng có thể truy vấn trực tuyến các thông tin về đặc điểm cháy rừng.

*(3) Mô hình thực nghiệm sẽ được áp dụng để đánh giá và kiểm chứng độ chính xác của kết quả nghiên cứu.*

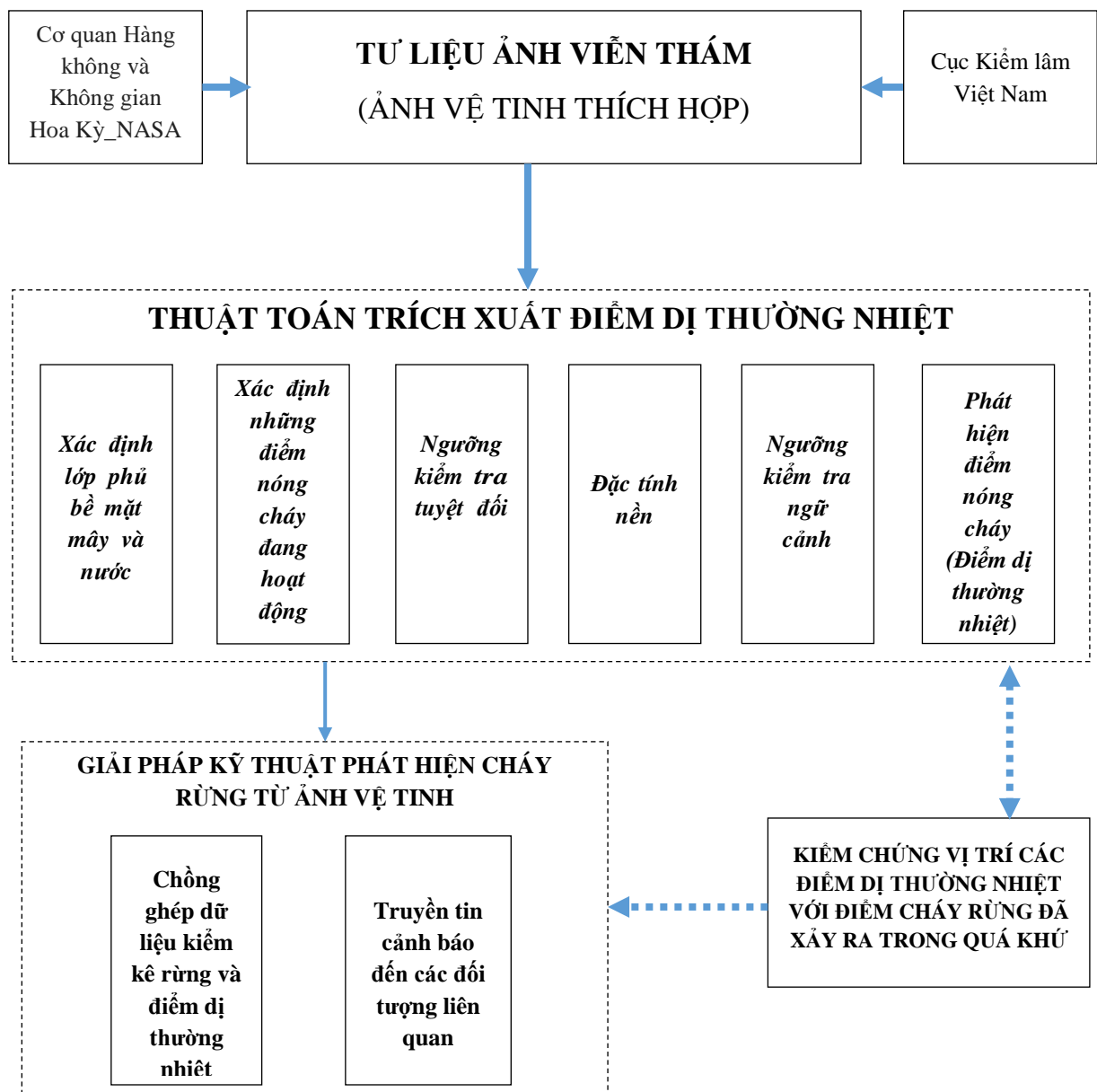
Các kết quả của nghiên cứu về phát hiện cháy rừng, truyền tin đến các cấp quản lý rừng đều yêu cầu tính cập nhật, kịp thời và đảm bảo độ chính xác cao. Với mục tiêu là xây dựng được mô hình sử dụng công nghệ địa không gian để phát hiện cháy rừng. Mô hình phát hiện điểm cháy bằng thiết bị quan trắc sẽ được thiết kế và lắp đặt cho 1 khu vực cụ thể, tiến hành đốt thử để kiểm chứng khả năng phát hiện lửa của thiết bị quan trắc, kết nối thông tin và truyền tin của hệ thống.

Kết quả vận hành thử các mô hình là cơ sở để đánh giá độ chính xác, thực hiện các điều chỉnh cần thiết và đưa vào áp dụng trong thực tế.

Những cách tiếp cận trên đây sẽ được quan tâm đề cập trong suốt quá trình thực hiện đề luận án này. Bên cạnh đó, do đối tượng rừng phân bố trên một vùng rộng lớn, trong một thời gian dài cho nên đề tài phải quán triệt tiếp cận đa ngành và liên ngành, tiếp cận kế thừa có chọn lọc các công trình đã có, kết hợp giữa hiện đại với truyền thống, tiếp cận phòng ngừa để có thể ứng phó với những điều bất thường nhằm đảm bảo hoàn thành nhiệm vụ và các mục tiêu nghiên cứu đã đặt ra.

### 2.2.2. Phương pháp nghiên cứu cụ thể

#### 2.2.2.1. Phương pháp nghiên cứu khả năng phát hiện cháy rừng từ ảnh vệ tinh



Hình 2.1. Sơ đồ nghiên cứu khả năng phát hiện cháy rừng từ ảnh vệ tinh

Theo sơ đồ trên, toàn bộ quá trình nghiên cứu phát hiện cháy rừng từ ảnh vệ tinh được chia thành 3 bước.

### *(1) Lựa chọn tư liệu ảnh viễn thám thích hợp*

Để có cơ sở và luận cứ cho việc lựa chọn tư liệu ảnh viễn thám thích hợp cho nghiên cứu, tác giả tiến hành phân tích đặc điểm kỹ thuật của các tư liệu ảnh viễn thám đang được sử dụng rộng rãi và có nhiều ứng dụng trong phát hiện cháy. Các đặc điểm kỹ thuật của ảnh được phân tích bao gồm: *độ phân giải không gian, độ phân giải phổ, chu kỳ bay chụp, trường phủ...* Ngoài ra, luận án cũng tiến hành phân tích *mức độ sẵn có của ảnh, khả năng cung cấp, giá thành, mức độ ứng dụng được trong phát hiện cháy rừng*. Trên cơ sở kết quả phân tích ảnh, đề tài sẽ đề xuất lựa chọn tư liệu viễn thám thích hợp đưa vào sử dụng trong phát hiện cháy rừng ở Việt Nam. Mặt khác, cháy rừng luôn có tính cấp thiết, cần cập nhật thông tin nên yếu tố độ phân giải thời gian của ảnh sẽ được ưu tiên để lựa chọn cho nghiên cứu này.

### *(2) Ứng dụng thuật toán trích xuất điểm dị thường nhiệt từ ảnh vệ tinh*

Thuật toán khai thác từ sự phát ra bức xạ của kênh hồng ngoại nhiệt để phát hiện điểm nhiệt nóng không bình thường trên mỗi điểm ảnh cơ bản. Thuật toán xem xét nghiên cứu mỗi điểm ảnh MODIS và cuối cùng sẽ phân loại thành các loại: thiếu dữ liệu, mây, nước, không cháy, cháy hoặc chưa biết [2],[35],[69].

Thuật toán trích phân tích dữ liệu từ ảnh vệ tinh bằng cách sử dụng các kênh cận hồng ngoại và qua đó có thể phát hiện ra sự hiện diện của ngọn lửa trong ảnh vệ tinh.. Nhiệt độ ở một đám cháy có một phát xạ rất mạnh trong vùng cận hồng ngoại. Phát xạ bởi một đám cháy tương phản mạnh với một nền không cháy. Một điểm cháy được xác định trong một điểm ảnh khi mà sự tương phản giữa các điểm ảnh và môi trường xung quanh nó đủ cao [2],[69].

Thuật toán sử dụng kênh nhiệt sáng có nguồn gốc từ kênh MODIS 4 $\mu$ m và 11 $\mu$ m, ký hiệu tương ứng là  $T_4$  và  $T_{11}$ . Thiết bị đo đạc MODIS có 2 kênh 4  $\mu$ m, đánh số là 21 và 22, cả hai kênh này đều được thuật toán phát hiện điểm nóng cháy sử dụng [2],[4],[69].

Kênh 21 bão hòa ở mức gần 500 độ K, kênh 22 bão hòa ở 331 độ K. Tuy nhiên, khi kênh 22 bão hòa hoặc đã bị mất dữ liệu, nó sẽ được thay thế bằng

kênh bão hòa cao để thành kênh  $T_4$ . Kênh  $T_{11}$  được tính toán từ kênh  $11\mu\text{m}$  (kênh số 31), nó bão hòa ở xấp xỉ  $400\text{ độ K}$ . Kênh  $12\mu\text{m}$  (kênh số 32) được sử dụng cho sự che phủ của mây, nhiệt độ sáng của chính kênh này được biểu hiện là  $T_{12}$  [2],[4],[69].

Những kênh màu đỏ và cận hồng ngoại tổng hợp từ  $250\text{m}$  đến  $1\text{km}$  được sử dụng để loại bỏ những cảnh báo sai và sự che phủ của mây. Dải  $500\text{m}$  của kênh  $2.1\mu\text{m}$  cũng được tổng hợp đến  $1\text{km}$  được sử dụng để loại bỏ những cảnh báo sai do nước gây ra. Tóm tắt về tất cả các dải MODIS được sử dụng trong thuật toán được thể hiện trong bảng sau [2],[69].

Bảng 2.1. Kênh MODIS sử dụng phát hiện đặc tính và hoạt động của lửa

Kênh	Bước sóng ( $\mu\text{m}$ )	Biểu hiện	Mục đích
1	0.65	$p_{0.65}$	Loại bỏ cảnh báo sai do tia sáng mặt trời và miền ven biển; sự che phủ của mây
2	0.86	$p_{0.86}$	Loại bỏ cảnh báo sai do bề mặt sáng, tia sáng mặt trời, miền ven biển; sự che phủ của mây
7	2.1	$p_{2.1}$	Loại bỏ cảnh báo sai do tia sáng mặt trời và ở miền ven biển
21	3.96	$T_4$	Kênh dải cao để phát hiện cháy và đặc tính của lửa
22	3.96	$T_4$	Kênh dải thấp để phát hiện cháy và đặc tính của lửa
31	11.0	$T_{11}$	Phát hiện điểm nóng cháy, sự che phủ của mây
32	12.0	$T_{12}$	Sự che phủ của mây

\* Cách thức hoạt động của thuật toán

- **Xác định lớp phủ bề mặt mây và nước:** Những điểm ban ngày được coi là bị mây che khuất nếu thỏa mãn điều kiện:

$$(p_{0.65} + p_{0.86} > 0.9) \parallel (T_{12} < 265\text{K}) \parallel (p_{0.65} + p_{0.86} > 0.7 \ \&\& \ T_{12} < 285\text{K}) \ [2.1]$$

Những điểm ban đêm được xác định là mây nếu thỏa mãn điều kiện duy nhất  $T_{12} < 265\text{K}$ . Tiêu chí cơ bản này có thể xác định được những đám mây lớn và lạnh hơn, nhưng có thể bỏ mất những đám mây nhỏ và các rìa của đám mây. Tuy nhiên những điểm nóng cháy không quan sát được không bị nhầm lẫn là đám mây [4],[35],[69].

- **Xác định những điểm nóng cháy đang hoạt động:** Một điểm ảnh ban ngày được xác định là một điểm cháy tiềm năng nếu thỏa mãn điều kiện:

$$T_4 > 310 \text{ K}, \Delta T > 10 \text{ K} \text{ \&\& } p_{0.86} < 0.3 \text{ với } \Delta T = T_4 - T_{11}. \quad [2.2]$$

Với những điểm ban đêm nếu thỏa mãn điều kiện:

$$T_4 > 305 \text{ K}, \Delta T > 10 \text{ K} \text{ \&\& } p_{0.86} < 0.3 \text{ với } \Delta T = T_4 - T_{11}. \quad [2.3]$$

Những điểm không thỏa mãn thử nghiệm sơ bộ này có thể phân loại ngay thành những điểm không cháy.

Có hai hướng để qua đó các điểm nóng cháy có thể được xác định. Hướng đầu tiên là sử dụng một kiểm tra ngưỡng tuyệt đối, cố định đơn giản [83]. Ngưỡng này phải được thiết lập đủ cao để nó chỉ được kích hoạt khi các điểm nóng cháy là rất rõ ràng và rất ít cơ hội tạo ra những cảnh báo sai. Hướng thứ hai là chứa đựng một chuỗi những kiểm tra ngưỡng ngưỡng cảnh được thiết kế sẵn để xác định được phần lớn những điểm nóng cháy đang hoạt động nhưng kém rõ ràng.

- **Ngưỡng kiểm tra tuyệt đối:** Tiêu chí về ngưỡng kiểm tra tuyệt đối là vẫn giống với việc làm trong thuật toán gốc năm 1998 [4],[69].

$$T_4 > 360 \text{ K (320 K về đêm)} \quad (1) \quad [2.4]$$

Tuy rằng ngưỡng kiểm tra ban ngày cao nhưng được sử dụng để loại bỏ những tia sáng mặt trời, nếu không những tia sáng đủ mạnh lóe lên của mặt trời có thể gây ra cảnh báo sai.

- **Đặc tính nền của đám cháy:** Những điểm lân cận xung quanh của điểm nóng cháy được sử dụng để ước tính một giá trị nền của đám cháy (khung cửa sổ). Nền của những điểm nóng cháy được xác định là có  $T_4 > 325\text{K}$  và  $\Delta T > 20\text{K}$  ở trường hợp quan sát ban ngày; hoặc  $T_4 > 310\text{K}$  và  $\Delta T > 10\text{K}$  ở trường hợp quan sát về đêm.

Cửa sổ bắt đầu như một điểm hình vuông  $3 \times 3$  pixel bao xung quanh điểm nóng cháy tiềm năng. Sự bao xung quanh có thể lớn lên đến tối đa là  $21 \times 21$  pixel nếu cần thiết, đến khi ít nhất 25% những điểm ảnh trong khung cửa sổ được cho là hợp lệ và số lượng những điểm ảnh hợp lệ ít nhất là 8 điểm [69].

- **Ngưỡng kiểm tra ngữ cảnh:** Nếu các đặc tính nền có kết quả, một loạt các kiểm tra theo ngưỡng ngữ cảnh được thực hiện để phát hiện các điểm cháy liên quan. Ngưỡng tương đối được điều chỉnh dựa trên những thay đổi tự nhiên của nền. Sự kiểm tra đó là [69]:

$$\Delta T > \Delta T + 3.5\delta_{\Delta T} \quad (2)$$

$$\Delta T > \Delta T + 6K \quad (3)$$

$$T_4 > T_4 + 3\delta_4 \quad (4)$$

$$T_{11} > T_{11} + \delta_{11} - 4K \quad (5)$$

$$\delta'_4 > 5K \quad (6)$$

Đầu tiên 3 điểm cháy được tách ra từ nền không cháy. Hệ số 3.5 xuất hiện trong kiểm tra (2) lớn hơn hệ số 3 trong kiểm tra (4) để giúp điều chỉnh tương quan giữa kênh quan sát 4  $\mu\text{m}$  và 11  $\mu\text{m}$ . Điều kiện (5) giới hạn cho những điểm ban ngày, được sử dụng chủ yếu để loại bỏ các điểm ảnh nhỏ của mây có thể xuất hiện ấm lên ở kênh 4 $\mu\text{m}$  (phụ thuộc vào sự phát xạ của tia sáng mặt trời) nhưng vẫn mát trong kênh 11  $\mu\text{m}$ . Nó có thể giúp giảm bớt các cảnh báo sai miền ven biển thỉnh thoảng vẫn xảy ra khi những điểm ảnh nước mát hơn vô tình có trong khung nền cửa sổ. Tuy nhiên bất kỳ sự kiểm tra nào trên  $\delta_{11}$ , những rủi ro loại bỏ những điểm nóng cháy là rất lớn vì chúng làm tăng đáng kể nền của kênh 11  $\mu\text{m}$ . Ví dụ trên một bề mặt đất phổ biến  $\delta_{11} \sim 1K$  trong khi đó những điểm ảnh trên vùng đất nối với một vùng cháy rừng lớn  $\delta_{11}$  sẽ thường xuyên vượt ngưỡng 20K. Vì lý do này, kiểm tra (6) sẽ làm vô hiệu kiểm tra (5) khi mà khung nền xuất hiện chứa đựng những đám cháy lớn [35],[69].

- **Phát hiện điểm nóng cháy:** Với những điểm cháy vào ban ngày, 3 bước sau được sử dụng để giúp loại bỏ những cảnh báo sai bởi những tia sáng mặt trời, bề mặt sa mạc nóng hay các bờ biển hoặc các tuyến ven bờ biển [69].



- Điểm cháy ban ngày nếu:

`{(1) true} //`

`{(2) (4) true && [(5) // (6) true]}`,

*Còn lại sẽ là không cháy.*

- Điểm cháy ban đêm nếu:

`{(1) true} //`

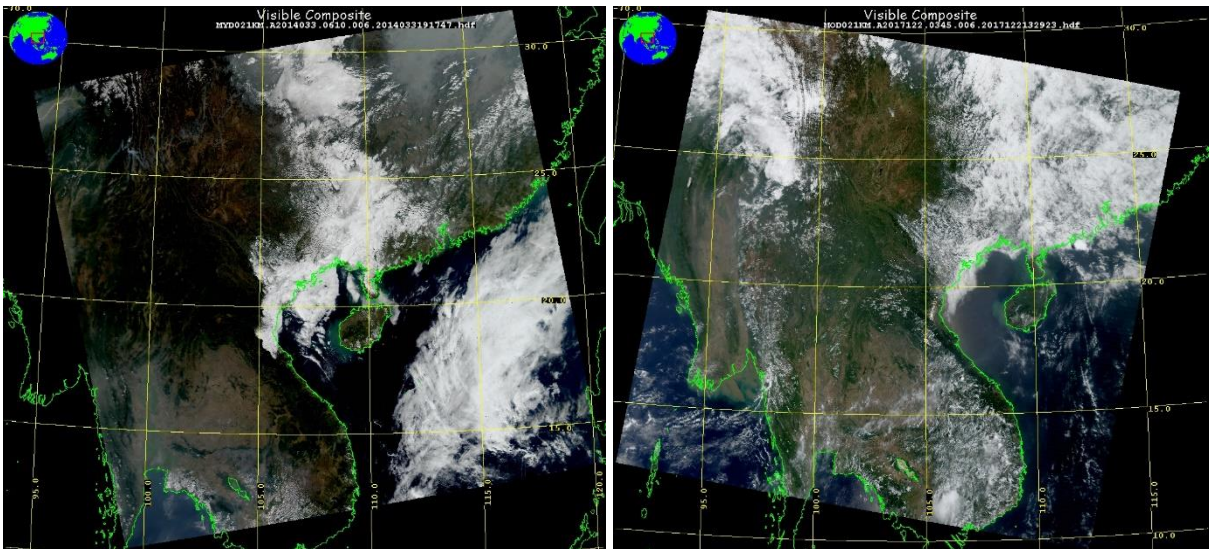
`{(2) - (4) true}`,

*Còn lại sẽ là không cháy.*

Đối với những điểm ban ngày và cả ban đêm khi mà đặc tính nền không thỏa mãn, số lượng những điểm ảnh hợp lệ được xác định không đủ, chỉ duy nhất kiểm tra (1) được áp dụng ở đây. Nếu điểm ảnh không thỏa mãn, nó sẽ được phân loại là “chưa biết”, thuật toán không thể đưa ra được kết luận rõ ràng.

\* *Dữ liệu đầu vào và xử lý dữ liệu.*

- Thu thập tư liệu ảnh viễn thám (ảnh vệ tinh Modis): thu thập dữ liệu ảnh viễn thám tương ứng với các vụ cháy rừng xảy ra trong quá khứ từ Website của NASA.



Hình 2.2. Ảnh vệ tinh MODIS (nguồn: <https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov>)

- Xử lý dữ liệu ảnh vệ tinh Modis: Dữ liệu ảnh vệ tinh Modis sẽ được xử lý bằng thuật toán trích xuất điểm dị thường nhiệt như đã mô tả ở phần mô tả thuật toán. Kết quả của bước này sẽ là danh mục các điểm dị thường nhiệt chứa thông tin cơ bản theo yêu cầu của thuật toán (bảng 2.2).

Bảng 2.2. Bảng cấu trúc dữ liệu các điểm dị thường nhiệt [5]

Tên trường	Kiểu dữ liệu	Mô tả
gid	serial	Khóa chính (mã)
latitude	real	Vĩ độ của điểm cháy trong góc thập phân (WGS-84)
longitude	real	Kinh độ của điểm cháy trong góc thập phân WGS-84)
brightness	real	Nhiệt độ kênh sáng 21/22 được tính theo thang độ K.
scan	real	Kích thước điểm quét
track	real	Kích thước điểm theo dõi
acq_date	date	Ngày vệ tinh thu nhận dữ liệu điểm cháy
acq_time	integer	Thời gian của điểm cháy (UTC).
satellite	Char	Vệ tinh thu thập dữ liệu: 'A' là Aqua, 'T' là Terra.
confidence	integer	Cung cấp mức độ tin cậy (0-100%)
geom	geometry	Vị trí của điểm cháy
bright_T31	real	Nhiệt độ kênh sáng 31 được tính theo thang độ K
frp	real	Năng lượng phát xạ

(3) Phân tích mối quan hệ giữa nhiệt độ kênh  $T_4$  với độ tin cậy (*confidence*).

Tác giả sử dụng phân tích tương quan phi tuyến để phân tích mối quan hệ giữa nhiệt độ kênh  $T_4$  với độ tin cậy. Trong đó, độ tin cậy là biến phụ thuộc (Y) và nhiệt độ là biến độc lập (X) để kiểm tra mức độ liên hệ giữa hai đại lượng này.

Nghiên cứu đã thử nghiệm 10 loại hàm phổ biến trong nghiên cứu như sau [24]:

- *Hàm m Linear*:  $y = a + b.x$
- *Hàm m Logarithmic*:  $y = a + b.lnx$
- *Hàm m Inverse*:  $y = a_0 + a_1.\frac{1}{x}$
- *Hàm m Quadratic*:  $y = a_0 + a_1.x + a_2.x^2 + a_3.x^3$
- *Hàm m Compound*:  $y = a_0.a_1^x$
- *Hàm m Power*:  $y = a.d^x$
- *Hàm m S*:  $y = e^{(a+b/x)}$
- *Hàm m Growth*:  $y = e^{(a+b.x)}$
- *Hàm m Exponential* :  $y = a.(e^{(b.x)})$

Sử dụng phần mềm SPSS 22 để xác định làm hàm liên hệ phù hợp. Các lệnh sau đã được sử dụng để thu được các kết quả phân tích như sau:

DATASET ACTIVATE DataSet0.

\* Curve Estimation.

TSET NEWVAR=NONE.

CURVEFIT

/VARIABLES=CONFIDENCE WITH BRIGHTNESS

/CONSTANT

/MODEL=LINEAR LOGARITHMIC INVERSE QUADRATIC CUBIC

COMPOUND POWER S GROWTH EXPONENTIAL

/PLOT FIT.

*(4) Kiểm chứng tỷ lệ phát hiện điểm dị thường nhiệt từ ảnh vệ tinh Modis với đám cháy thực tế.*

- Thu thập dữ liệu các vụ cháy rừng thực tế: Luận án kế thừa dữ liệu 100 vụ cháy rừng đã xảy ra trong quá khứ từ Cục Kiểm lâm Việt Nam. Các thông tin về vụ cháy bao gồm: vị trí điểm cháy, diện tích đám cháy, thời gian cháy, loại rừng cháy...

- Xác định một số điểm cháy rừng thực tế có điểm dị thường nhiệt: Từ kết quả đầu ra của thuật toán, tác giả tiến hành dùng công cụ của phần mềm ArcGis 10.4.1 để xác định các mức độ trùng khớp giữa các vụ cháy thực tế với các điểm dị thường nhiệt đã được xác định qua thuật toán.

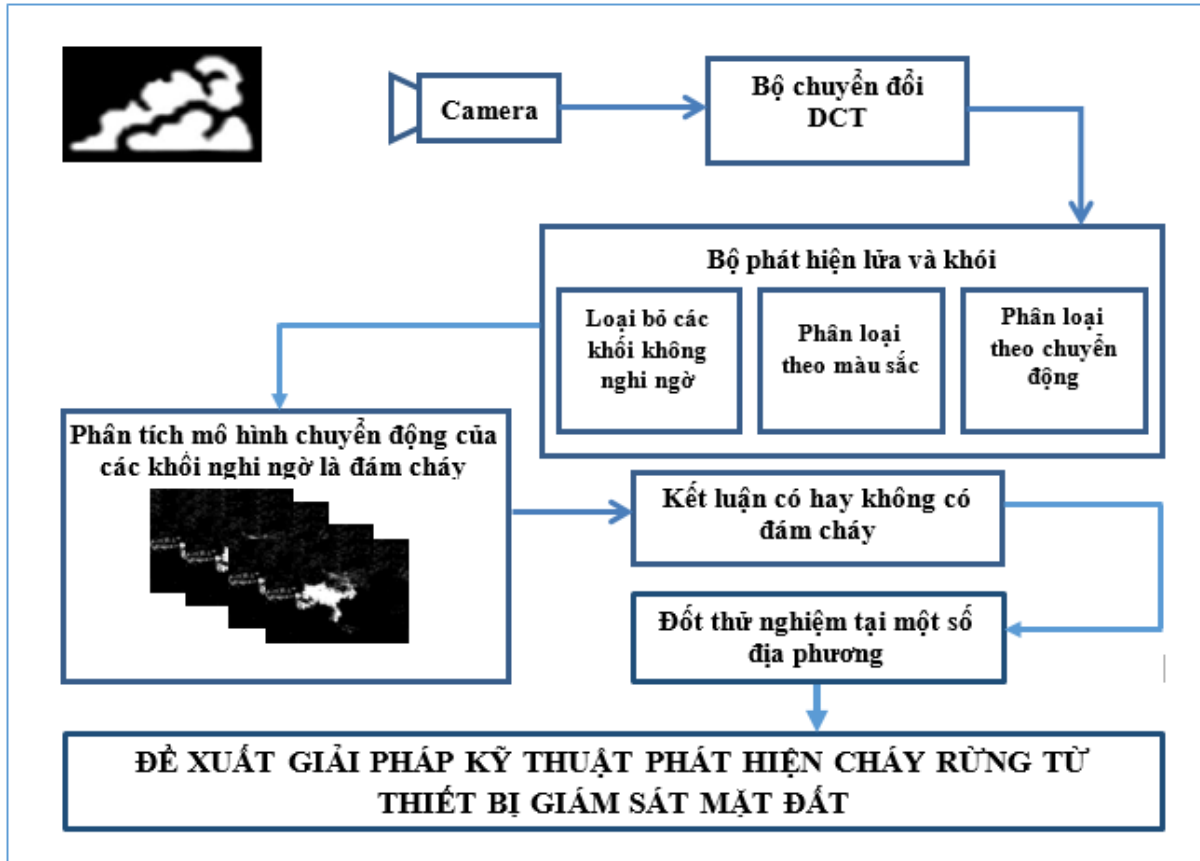
*(5) Đề xuất ngưỡng nhiệt độ kênh nhiệt ( $T_4$ ) và giá trị  $\Delta T$  để phát hiện điểm cháy phù hợp cho Việt Nam.*

Trên cơ sở kết quả đầu ra của thuật toán, tiến hành tổng hợp và so sánh 02 chỉ số  $T_4$  và giá trị  $\Delta T$  của vụ cháy thực tế với các chỉ số  $T_4$  và giá trị  $\Delta T$  của các điểm dị thường nhiệt để xác định ngưỡng giá trị cho điều kiện của Việt Nam.

*(6) Loại trừ các điểm dị thường nhiệt không nằm trong rừng*

Bằng việc sử dụng công cụ của phần mềm ArcGis để chồng ghép dữ liệu kiểm kê rừng toàn quốc với dữ liệu các điểm dị thường nhiệt để xác định các điểm dị thường nhiệt nằm trong và ngoài diện tích đất lâm nghiệp. Nội dung này tác giả sử dụng số liệu các điểm dị thường nhiệt từ năm 2010 đến 2015 trên toàn quốc để xử lý, đồng thời xử lý cụ thể cho 4 tỉnh là Lai Châu, Hải Dương, Kon Tum và tỉnh Kiên Giang để chứng minh tính ưu việt khi ứng dụng dữ liệu kiểm kê rừng toàn quốc vào công tác phát hiện cháy rừng.

### 2.2.2.2. Phương pháp phát hiện cháy rừng từ thiết bị giám sát mặt đất



Hình 2.3. Sơ đồ phương pháp nghiên cứu phát hiện cháy rừng từ thiết bị giám sát mặt đất [14]

Từ sơ đồ 2.3 cho thấy phương pháp nghiên cứu phát hiện cháy rừng từ thiết bị giám sát mặt đất bao gồm:

#### (1) Thuật toán phát hiện cháy rừng từ thiết bị giám sát mặt đất

##### \* Mô tả thuật toán

Thông thường, các camera IP sử dụng hai giao thức cơ bản để truy cập hình ảnh thu được từ cảm biến qua mạng là: giao thức http (HyperText Transfer Protocol) và rtsp (Real Time Streaming Protocol). Hai giao thức này cho phép truy cập dữ liệu từ camera IP theo hai dạng dữ liệu khác nhau là: Giao thức http cho phép truy cập và lấy về trực tiếp ảnh JPEG, giao thức rtsp sử dụng bộ mã hóa tín hiệu H.264 do vậy tín hiệu lấy về cần bộ giải mã tín hiệu để thu được ảnh JPEG. Tùy từng loại Camera IP sử dụng mà chúng ta sẽ sử dụng các giao thức khác nhau [27].

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả không xây dựng thuật toán mới cho bộ xử lý hình ảnh mà sử dụng kết hợp nhiều thuật toán đang được ứng dụng phát hiện cháy trên thế giới để cùng xử lý một loại dữ liệu ảnh, nâng cao độ tin cậy của thông tin cảnh báo cháy rừng [14],[61],[80]. Cụ thể như sau:

Hình ảnh thu được từ camera sẽ được phân chia thành các phần tử có kích thước 8 x 8 pixel. Sau khi phân chia sẽ áp dụng thuật toán biến đổi rời rạc cosin (DCT - Discrete Cosine Transform) lên tất cả các phần tử 8 x 8 pixel để thu được các khối DCT có kích thước 4 x 4 pixel. Sử dụng giá trị DC (Discrete Cosine) của các khối DCT để phân loại các khối có khả năng là khói hoặc lửa và loại bỏ các khối không thuộc diện nghi ngờ [14],[15],[61].

Trong [61],[80] có tính toán để tăng tốc độ xử lý hình ảnh do nếu sử dụng kích thước 8 x 8 pixel thì thời gian tính toán và xử lý hình ảnh sẽ bị chậm lại, tuy nhiên do đặc điểm của phần mềm phát hiện cháy rừng không đòi hỏi tốc độ xử lý cao do vậy nên bước này được bỏ qua.

Vậy làm thế nào để phân loại một khối DCT là khói hay lửa, việc phân loại này dựa trên việc sử dụng đặc điểm về chuyển động và màu sắc của các khối DCT. Mỗi khối DCT đều có thể xác định được 3 kênh màu là Y, Cb, Cr. Trong đó, để xác định về đặc điểm chuyển động của các khối DCT ta sử dụng kênh Y, để xác định về đặc điểm màu sắc của khói và lửa chúng ta sử dụng kênh Cb và Cr [14],[61].

- Phát hiện chuyển động: Gọi  $S_b \times S_b$  là kích thước của một khối DCT ( $S_b = 8$ ), hệ số DC của DCT là giá trị giúp chúng ta xác định được đặc điểm chuyển động của khối DCT. Hệ số DC của DCT chính là giá trị được tính bởi  $S_b$  lần giá trị trung bình của khối trong miền không gian được xác định bởi công thức [14],[61]:

$$C(0,0) =$$

$$\begin{aligned} & \sqrt{\frac{2}{S_b}} \alpha(0) \sum_{q=0}^{S_b-1} \left( \sqrt{\frac{2}{S_b}} \alpha(0) \sum_{p=0}^{S_b-1} B(p, q) \cos\left(\frac{(2p+1) \times 0 \times \pi}{2S_b}\right) \right) \cos\left(\frac{(2q+1) \times 0 \times \pi}{2S_b}\right) \\ & = S_b \times \left( \frac{1}{S_b^2} \sum_{q=0}^{S_b-1} \sum_{p=0}^{S_b-1} B(p, q) \right) \end{aligned} \quad [2.5]$$

Trong đó  $Y_t(x, y)$  chính là hệ số DC của khối tại vị trí  $(x, y)$  trong ảnh thu được tại thời điểm  $t$ . Mỗi khối DCT sẽ được phân loại là chuyển động hoặc đứng yên tại mỗi khung hình (hình ảnh thu được từ camera) bởi công thức [14],[61]:

$$f_m \left( Y_{t-1}^{DC}(x, y), Y_t^{DC}(x, y) \right) = \begin{cases} 1 & \text{nếu } th_1 < \frac{1}{s_b} |Y_{t-1}^{DC}(x, y) - Y_t^{DC}(x, y)| < th_2 \\ 0 & \text{cách khác} \end{cases} \quad [2.6]$$

Trong đó:

$f_m$  là một ma trận nhị phân có kích thước  $M \times N$  (trong đó  $M$  là chiều rộng của ảnh,  $N$  là chiều cao của ảnh thu được từ camera).

$th_1$  và  $th_2$  là các ngưỡng để phân loại, theo kinh nghiệm thu được từ các thử nghiệm thì  $th_1$  được lấy bằng 12 và  $th_2$  được lấy bằng 80.

- Phân tích màu sắc: Màu sắc là một yếu tố căn bản để giúp chúng ta nhận ra đặc điểm của một đám cháy, đã có rất nhiều kết quả nghiên cứu phát hiện đám cháy dựa trên màu sắc của hình ảnh, cơ bản là dựa vào không gian màu RGB (Red, Green, Blue) và YcbCr (Y: Luminance; Cb: Chrominance-Blue; and Cr: Chrominance-Red).

+ Để phân loại các điểm ảnh có thể là khói chúng ta dựa trên 2 điều kiện sau [14],[61]:

$$\text{Điều kiện 1: } R \pm \alpha = G \pm \alpha = B \pm \alpha$$

$$\text{Điều kiện 2: } 80 \leq (R + G + B) / 3 \leq 220$$

Trong đó  $15 \leq \alpha \leq 20$ .

Sử dụng hệ số DC của các khối DCT, thì điều kiện để một khối có thể được phân loại là khói có thể được biểu diễn lại như sau [14],[61]:

$$\text{Điều kiện 1: } (C_b - 128)^2 + (C_r - 128)^2 \leq \alpha^2$$

$$\text{Điều kiện 2: } Th_3 \leq Y \leq Th_4$$

Trong đó:  $C_b$ ,  $C_r$ ,  $Y$  là hệ số DC của hai pha màu Chrominance và Luminance của khối ở vị trí  $(x, y)$ , áp dụng công thức chuyển đổi pha màu giữa RGB và  $YC_bC_r$  ta có giá trị các hệ số  $\alpha = 10$ ,  $Th_3 = 80$  và  $Th_4 = 220$ . Như vậy, một khối DCT sẽ được phân loại là khói nếu  $f_c = (Y, C_b, C_r) = 1$  và không phải là khói nếu  $f_c = (Y, C_b, C_r) = 0$ .

+ Để phân loại các điểm ảnh có thể là lửa chúng ta dựa vào điều kiện sau [14],[61]:

$$Y \geq Cr \geq Cb$$

Một khối DCT nếu có  $f_1 = (Y, C_b, C_r) = 1$  thì sẽ được phân loại là lửa, ngược lại nếu  $f_1 = (Y, C_b, C_r) = 0$  sẽ phân loại không phải là lửa.

Như vậy, khi kết hợp cả hai mô hình chuyển động và màu sắc, một khối DCT được phân loại là đám cháy nếu thỏa mãn điều kiện [14],[61]:

$$B_t = f_m \wedge f_c \wedge f_1. \quad [2.7]$$

- Phân tích vùng chuyển động

Sau khi đã phân loại được các khối DCT thuộc diện nghi ngờ là khói hoặc lửa, chúng ta tiếp tục thực hiện một bước nữa để loại bỏ những yếu tố chuyển động có màu sắc giống khói hoặc lửa mà camera thu được.

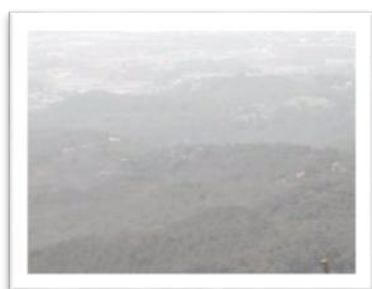
Để loại bỏ được những yếu tố nhiễu gây hiểu lầm là đám cháy, ta sử dụng mối liên kết giữa các khối DCT lại với nhau. Trước hết, các khối được đánh dấu nghi ngờ là khói hoặc lửa được ký hiệu là  $A_k$  với  $k = 1, 2, 3, \dots, K$  với  $K$  là tổng số khối được gán nhãn nghi ngờ là đám cháy. Các khối nghi ngờ nếu là đám cháy thì giao của hai khối cạnh nhau phải khác rỗng, do vậy ta thực hiện một phép biến đổi theo công thức sau nhằm xác định các vùng thực sự là đám cháy [14],[61]:

$$A_t^k = \begin{cases} A_{t-1}^k \cup A_t^k, & \text{nếu } A_{t-1}^k \cap A_t^k \neq \emptyset \\ A_t^k, & \text{cách khác} \end{cases} \quad k = 1, 2, \dots, K \quad [2.8]$$

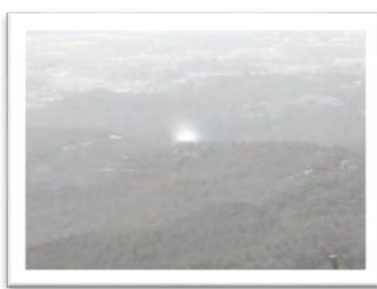
Như vậy sau bước này ta sẽ thu được một ảnh mới với các vùng chuyển động và được gán nhãn là đám cháy. Nếu sau bước này mà không thu được vùng nào phù hợp thì ảnh được phân loại là không có đám cháy.

### A. Ban ngày

*Hình ảnh khi không có cháy*



*Hình ảnh khi có cháy*

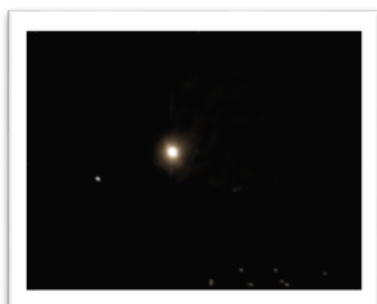


*Hình ảnh so sánh thu được*

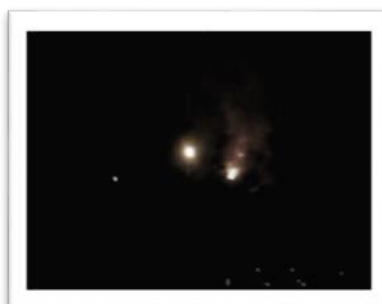


### B. Ban đêm

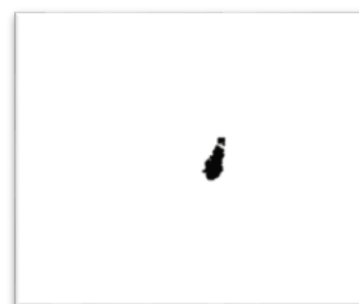
*Hình ảnh khi không có cháy*



*Hình ảnh khi có cháy*



*Hình ảnh so sánh thu được*



Hình 2.4. Xử lý hình ảnh thu được từ Camera bằng thuật toán lựa chọn [27]

#### (2) Ứng dụng thuật toán phát hiện cháy với khung hình video

Để đánh giá khả năng phát hiện khói, lửa của thuật toán từ khung hình video, tác giả sử dụng các đoạn video mẫu khác nhau thử nghiệm, thông tin chi tiết về các khung hình video được mô tả trong bảng 2.3 dưới đây:

Bảng 2.3. Nội dung Video và thông số kỹ thuật dùng để kiểm chứng thuật toán [2]

TT	Nội dung video	Chất lượng
1	Cảnh nhìn từ trên cao xuống đường giao thông có nhiều phương tiện đi lại, gần máy quay có 1 cành cây lớn gió lay động liên tục, gió tương đối mạnh.	- Kích thước video: 320 x 240 pixel - Tốc độ khung hình: 9fps - Thời lượng: 00:11:02
2	Cảnh nhìn từ trên đồi xuống trong trời nắng, hình ảnh mờ nhạt, có nhiều do các côn trùng bay qua máy quay, gió yếu.	- Kích thước video: 352 x 288 pixel - Tốc độ khung hình: 25fps - Thời lượng: 00:04:01
3	Cảnh quay một đám cháy trong điều kiện trời nắng chói, vị trí đám cháy trùng với đường chân trời, diễn biến chậm, gió yếu	- Kích thước video: 720 x 576 pixel - Tốc độ khung hình: 7fps - Thời lượng: 00:02:01
4	Cảnh quay khói do một nhà máy phát ra	- Kích thước video: 720 x 576 pixel



	trong khu dân cư có nhiều phương tiện giao thông đi lại và cả sinh hoạt của người dân, gió yếu	- Tốc độ khung hình: 10fps - Thời lượng: 00:01:00
5	Cảnh quay đốt thử ở phạm vi gần, có người đi lại quanh đám lửa	- Kích thước video: 320 x 240 pixel - Tốc độ khung hình: 15fps - Thời lượng: 00:00:47
6	Cảnh quay một đám cháy rừng ở phạm vi gần, hình ảnh đám cháy phủ kín khung hình.	- Kích thước video: 400 x 256 pixel - Tốc độ khung hình: 15fps - Thời lượng: 00:00:13

(3) *Ứng dụng thuật toán phát hiện cháy rừng với các khung hình từ máy ảnh kỹ thuật số*

Tương tự như trên, để đánh giá khả năng phát hiện khói, lửa của thuật toán bằng các khung hình chụp từ máy ảnh kỹ thuật số, tác giả đã tiến hành đốt thử (bao gồm cả ban ngày và ban đêm) để kiểm tra mức độ phát hiện, cụ thể như sau:

Bảng 2.4. Bố trí các đám cháy đốt thử nghiệm thuật toán



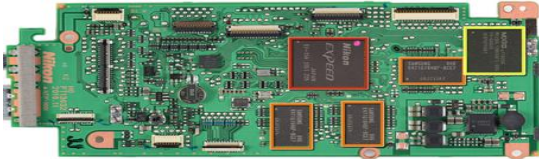



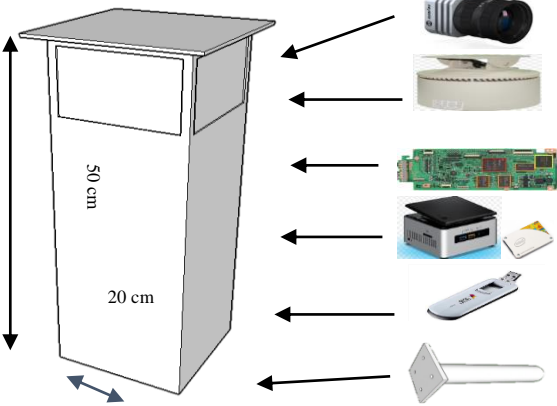

TT	Địa điểm	Diện tích đám cháy đốt thử nghiệm (m <sup>2</sup> )	Thời điểm đốt (ngày/đêm)
1	Vườn QG U Minh Thượng	4	Ngày
2	BQL rừng phòng hộ Hà Nội	4	Ngày
3	Vườn QG Ba Vì	4	Ngày
4	ĐH Lâm nghiệp	4	Đêm

Kết quả của 2 nội dung này là cơ sở quan trọng để khẳng định khả năng phát hiện và ứng dụng của thuật toán và cũng là cơ sở quan trọng để triển khai các hoạt động thử nghiệm tiếp theo của nghiên cứu.

\* *Lựa chọn thiết bị:*

Để phù hợp với điều kiện thực tiễn cũng như nguồn kinh phí, tác giả đã nghiên cứu và lựa chọn một số thiết bị sẵn có trên thị trường Việt Nam để thiết kế hệ thống thu ảnh và xử lý dữ liệu như sau:

Bảng 2.5. Mô tả thiết bị lựa chọn lắp đặt thiết bị quan sát

TT	Tên thiết bị	Hình ảnh
1	Camera: SONY D700 Độ phân giải 20.0Mpx	
2	Đế xoay: Kết nối với bản mạch và đế đỡ camera	
3	Bản mạch: Điều khiển 4camera quay quanh đế để thu ảnh	
4	NUC PC 5i5RYH: Bao gồm phần mềm. điều khiển camera quay liên tục, PM xử lý thông tin ảnh thu được và truyền tin đám cháy..	
5	Ổ cứng SSD: 500Gb	
6	USB 3G, sim 3G	
7	Vỏ máy: Làm bằng inox đúc nguyên khối, không gỉ, không thấm nước. Vỏ máy có kích thước: DxRxH: 20x20x50cm	
8	Chân đế: Làm bằng thép không gỉ, đường kính 60mm	

(4) Thử nghiệm khả năng phát hiện cháy rừng của thiết bị giám sát mặt đất

Để thực hiện được nội dung này, NCS đã tiến hành làm việc với các đơn vị quản lý và khảo sát để xác định trước các vị trí đốt và triển khai đốt thử có kiểm soát tại các địa điểm như sau:

(i) Vườn Quốc gia U Minh Thượng (Kiên Giang)

(ii) Vườn Quốc gia Ba Vì (Hà Nội)

(iii) Ban quản lý rừng phòng hộ - đặc dụng Hà Nội (Sóc Sơn, Hà Nội)

Mô hình đốt thử nghiệm được bố trí theo bảng 2.6 như sau

Bảng 2.6. Bố trí vị trí đám cháy đốt thử nghiệm kiểm chứng mô hình

TT	Địa điểm	Số đám cháy đốt thử (đám)	Diện tích đám cháy đốt thử nghiệm (m <sup>2</sup> )	Thời điểm đốt (ngày/đêm)	Khoảng cách đám cháy so với thiết bị quan sát (m)
1	Vườn QG U Minh Thượng	18	4	Ngày	500; 1000; 1500; 2000; 2500; 3000; 3500; 4000; 5000
2	BQL rừng phòng hộ Hà Nội	9	4	Ngày	500; 1000; 1500; 2000; 2500; 3000; 3500; 4000; 5000
3	Vườn QG Ba Vì	9	4	Ngày	500; 1000; 1500; 2000; 2500; 3000; 3500; 4000; 5000

(5) Phân tích mối quan hệ và sự ảnh hưởng giữa chiều cao và khoảng cách của thiết bị giám sát với đám cháy đốt thử nghiệm.

Để phân tích mối quan hệ giữa chiều cao và khoảng cách từ bộ cảm tới khả năng phát hiện cháy, đồng thời phát hiện và tính toán được khoảng cách và chiều cao lớn nhất mà thiết bị giám sát vẫn còn phát hiện ra đám cháy, phân tích hồi quy logistic đã được áp dụng. Hồi quy logistic là công cụ thích hợp trong trường hợp này, bởi lẽ đây là phân tích hồi quy giữa các biến độc lập với một biến phụ thuộc nhị phân [24],[49]. Hay nói cách khác là biến phụ thuộc chỉ có thể nhận hai giá trị 0 và 1. Trong nghiên cứu này, biến “Phát hiện” sẽ là biến phụ thuộc, nó chỉ nhận hai giá trị 0 (không phát hiện đám cháy) và 1 (phát hiện ra đám cháy).

Mô hình tương quan logistic tuyến tính một lớp có dạng [24],[49]:

$$\text{Ln}(Y_i) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \varepsilon$$

Trong đó  $Y_i$  là biến phụ thuộc chỉ lấy 2 giá trị 0 và 1, các biến  $X$  là biến độc lập  $\varepsilon$  là sai số (nhiều). Xác suất sao cho  $Y = 1$  dưới điều kiện  $X_1 = X_0$  được viết  $P(Y = 1/X_0) = p_i$  và tương tự  $P(Y=0/X_0) = 1 - p_i$ .

Để kiểm tra sự tồn tại của các tham số, giá trị Sig sẽ được so với mức ý nghĩa  $\alpha = 0,05$ . Nếu  $\text{Sig} \leq 0,05$  thì tham số tồn tại và ngược lại nếu  $\text{Sig} > 0,05$  thì tham số không tồn tại. Ngoài ra, Sig còn nói lên mức độ ảnh hưởng của các biến độc lập tới biến phụ thuộc, nếu Sig càng nhỏ thì mức độ ảnh hưởng càng lớn.

Để thực hiện phân tích hồi quy logistic, các lệnh sau được chạy trong Spss, phiên bản 20 [50].

```
DATASET ACTIVATE DataSet1.  
LOGISTIC REGRESSION VARIABLES Phat_hien  
/METHOD=ENTER Chieu_cao Khoang_cach  
/CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10) ITERATE(20) CUT(.5).
```

Từ các tham số tính được của mô hình hồi quy logistic, các khoảng cách tối đa mà bộ cảm có thể nhận diện được đám cháy sẽ được tính toán.

#### \* Hệ số đường ảnh hưởng

Phương pháp hệ số đường ảnh hưởng là một trong những phương pháp thống kê nhiều biến số. Chủ yếu là nó nghiên cứu các mối quan hệ nhân quả trong nhiều lĩnh vực khác nhau. Với phương pháp này người ta có thể đo được ảnh hưởng trực tiếp và ảnh hưởng gián tiếp của các nguyên nhân và hiệu lực của chúng lên biến phụ thuộc điều mà phương pháp tương quan hồi quy không xác định được [24].

Trong nghiên cứu này, ảnh hưởng trực tiếp bởi hai nhân tố khoảng cách và độ cao tối khả năng phát hiện cháy được kiểm tra, để tìm hiểu xem nhân tố nào có ảnh hưởng rõ rệt và quan trọng hơn trong quá trình phát hiện cháy rừng.

Để thực hiện phân tích thành phần chính, các lệnh sau đã được sử dụng trong Spss [50].

```
REGRESSION  
/MISSING LISTWISE  
/STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA  
/CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10)  
/NOORIGIN  
/DEPENDENT Phat_hien  
/METHOD=ENTER Chieu_cao Khoang_cach.
```

## CHƯƠNG 3

### KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Nghiên cứu khả năng phát hiện cháy rừng từ ảnh vệ tinh

##### 3.1.1. Kết quả lựa chọn tư liệu ảnh viễn thám thích hợp

**Ảnh viễn thám** (ảnh vệ tinh): là ảnh số thể hiện các vật thể trên bề mặt trái đất được thu nhận bởi các bộ cảm biến đặt trên vệ tinh.

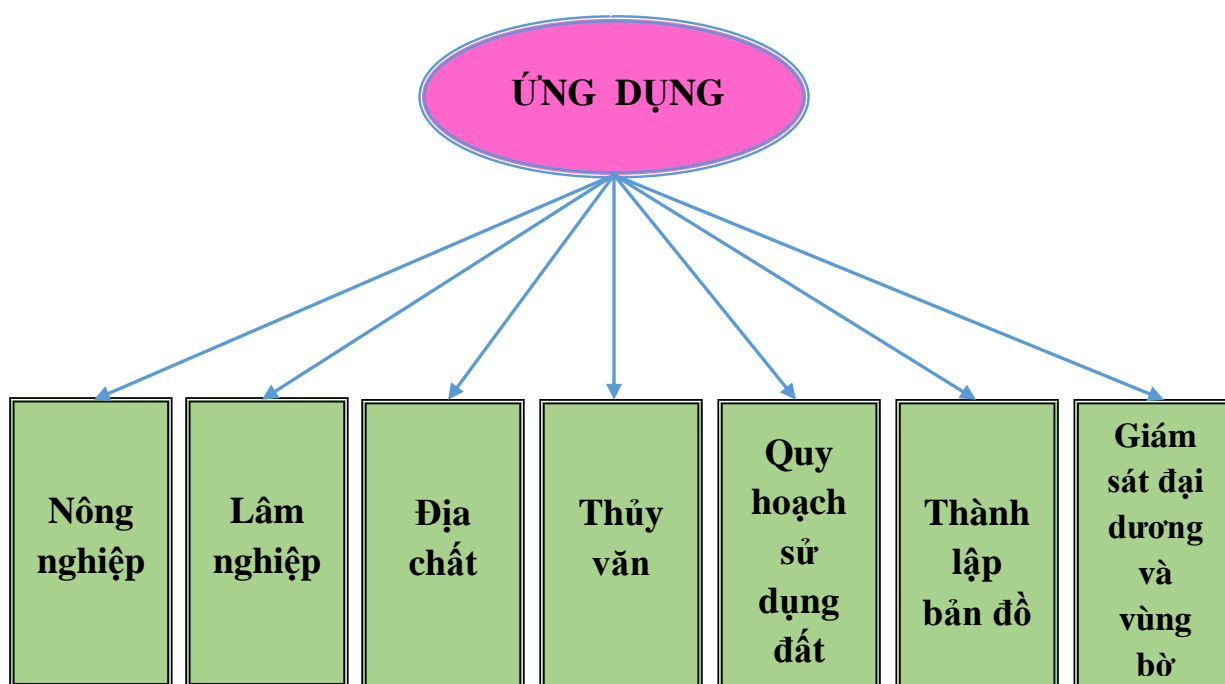
Ảnh viễn thám theo nguồn năng lượng và chiều dài bước sóng, ta có thể chia ảnh vệ tinh thành 3 loại cơ bản [1],[2]:

- **Ảnh quang học** là loại ảnh được tạo ra bởi việc thu nhận các bước sóng ánh sáng nhìn thấy (bước sóng 0.4 - 0.76 micromet). Nguồn năng lượng chính là bức xạ mặt trời.

- **Ảnh hồng ngoại (ảnh nhiệt)** là loại ảnh được tạo ra bởi việc thu nhận các bước sóng hồng ngoại phát ra từ vật thể (bước sóng 8 - 14 micromet). Nguồn năng lượng chính là bức xạ nhiệt của các vật thể.

- **Ảnh radar** là loại ảnh được tạo ra bởi việc thu nhận các bước sóng trong dải sóng cao tần (bước sóng từ 1mm - 1m). Nguồn năng lượng chính là sóng rada phản xạ từ các vật thể do vệ tinh tự phát xuống theo những bước sóng đã được xác định

Những lĩnh vực ứng dụng cơ bản của hệ thống ảnh vệ tinh như hình 3.1 dưới đây:



Hình 3.1. Một số ứng dụng chính của ảnh vệ tinh

Hệ thống ảnh vệ tinh trên thế giới hiện nay được rất nhiều các nước quan tâm và phát triển. Trên thế giới tồn tại rất nhiều các hệ thống ảnh vệ tinh, mỗi hệ thống ảnh vệ tinh cho ta thu thập các loại dữ liệu có tính chất khác nhau và có cách thức thu thập dữ liệu khác nhau. Từ năm 1972, sau khi Mỹ phóng vệ tinh quan sát Trái đất đầu tiên, hiện nay đã có hàng trăm hệ thống vệ tinh khác nhau trên bầu trời. Chính vì vậy trong phần này tác giả sẽ tổng hợp và phân tích các tư liệu ảnh vệ tinh đang sử dụng rộng rãi trên thế giới để lựa chọn được tư liệu ảnh vệ tinh phù hợp cho nghiên cứu. Kết quả như sau:

Bảng 3.1. Tổng hợp một số ảnh vệ tinh [2].

Loại ảnh	Thông số kỹ thuật	Ứng dụng
<i>1. Ảnh đa phổ có độ phân giải thấp (Multispectral Low Resolution Sensors)</i>		
MODIS	Độ phân giải thấp (250m - 500m - 1000m); Trường phủ 2330km; Chu kỳ bay chụp 1-2 ngày; Ảnh có từ 2000 (vệ tinh Terra) hoặc 2002 (vệ tinh Aqua) đến nay.	- Theo dõi mây, chất lượng khí quyển, chỉ số thực vật, phân loại lớp phủ, cháy rừng, hàm lượng diệp lục trong nước biển, nhiệt độ mặt nước biển, nhiệt độ bề mặt lục địa bốc hơi bề mặt lớp phủ, diễn biến lớp phủ băng lục địa và đại dương.
AVHRR	Độ phân giải thấp (1000m - 4000m) từ các vệ tinh NOAA; Trường phủ 2400km x 6400km; Ảnh có từ 1980 đến nay; chu kỳ lặp:	- Nghiên cứu mây, nước, tuyết, băng, thực vật và chỉ số thực vật - Nhiệt độ cao (núi lửa, cháy rừng) - Lập bản đồ nhiệt độ bề mặt ngày và đêm, bức xạ của hơi nước.
ENVISAT/MERIS	Độ phân giải thấp (250m - 1000m), Trường phủ 1150km, 15 kênh phổ; chu kỳ lặp: 35 ngày.	Nghiên cứu đặc điểm hải dương học vùng bờ và đại dương, giám sát khí quyển (mây, hơi nước và bụi).
SPOT/Vegetation	Độ phân giải 1000m, Trường phủ: 2200km, chu kỳ lặp: 26 ngày.	Dùng để giải quyết các bài toán về khí tượng thủy văn, nghiên cứu thực vật qui mô toàn cầu, mùa vụ, hạn hán, lũ lụt,...
OrbView-2 (SeaStar)	Độ phân giải: 1100m - 4500m; Trường phủ: 1500km - 2800km, chu kỳ lặp: 1-2 ngày.	
<i>2. Ảnh đa phổ có độ phân giải trung bình (Multispectral Moderate Resolution Sensors)</i>		

Landsat TM	Độ phân giải thấp đến trung bình (30m -120m); Trường phủ 185km x 185km; Chu kỳ bay chụp 16 ngày; Ảnh từ năm 1982 đến nay;	- Quy mô bản đồ: khu vực - Phân loại rừng ở cấp độ quần xã
Landsat ETM+ (Landsat 7)	Độ phân giải thấp đến trung bình (15m - 120m); Trường phủ 185km x 185km. Chu kỳ bay chụp 16 ngày; Ảnh có từ 1999 đến 2013;	- Quy mô bản đồ: khu vực - Phân loại rừng ở cấp độ quần xã hoặc một số loài ưu thế có nhận biết rõ.
Landsat 8	Độ phân giải thấp đến trung bình (15m - 100m); Trường phủ 185km x 180km. Chu kỳ bay chụp 16 ngày; Ảnh có từ năm 2013 đến nay;	- Quản lý năng lượng và nước, theo dõi rừng, giám sát tài nguyên môi trường, quy hoạch đô thị, khắc phục thảm họa và lĩnh vực nông nghiệp.
ASTER	Độ phân giải trung bình (15-90m) với 14 kênh phổ từ bước sóng nhìn thấy tới hồng ngoại gần; Ảnh có từ năm 2000 đến nay.	Nghiên cứu biến động và dùng làm tư liệu hiệu chỉnh tốt khi xử lý các ảnh độ phân giải thấp
<b>3. Ảnh đa phổ có độ phân giải cao (Multispectral High-spatial Resolution Sensors – Hyperspatial )</b>		
SPOT	Độ phân giải cao đến trung bình, từ 2.5m đến 20m (với SPOT VGT là 1km); Trường phủ 60km x 60km (với SPOT VGT là 1000km x 1000 km); SPOT 1, 2, 3, 4 và 5 có ảnh tương ứng từ 1986, 1990, 1993, 1998 và 2002. Hiện nay SPOT 1 và 3 đã ngừng cung cấp ảnh.	- Quy mô bản đồ: địa phương, khu vực (hoặc lớn hơn đối với SPOT VGT) - Phân loại rừng ở cấp độ quần xã hoặc các loài cụ thể. - Đánh giá môi trường, nghiên cứu biến, theo dõi tài nguyên thiên nhiên, nông lâm nghiệp
IKONOS	Độ phân giải rất cao (1m - 4m); Trường phủ 11km x 11km; Chu kỳ bay chụp 3-5 ngày	- Quy mô bản đồ: khu vực, địa phương hoặc nhỏ hơn - Phân loại rừng chi tiết ở cấp độ quần xã hoặc các loài cụ thể; - Thường được sử dụng để kiểm tra kết quả phân loại từ các nguồn khác.
QuickBird	Độ phân giải rất cao (0.6m - 2.4m); Trường phủ 16.5km x 16.5km. Chu kỳ bay chụp 1-3.5 ngày tùy thuộc vào vĩ độ.	
EROS	Độ phân giải 1,8m PAN, Chu kỳ lặp 15 ngày.	
Orbview	Độ phân giải 1m PAN - 4m MS, Chu kỳ chụp: 16 ngày.	
<b>4. Ảnh siêu phổ (Hyperspectral Sensors)</b>		
AVIRIS	Ảnh siêu phổ với 224 kênh từ bước sóng nhìn thấy tới sóng ngắn hồng	- Quy mô bản đồ: khu vực, địa phương hoặc nhỏ hơn;

	ngoại; Tùy thuộc vào vĩ độ của vệ tinh mà ảnh có độ phân giải > 1m, trường phủ > 1km.	- Phân loại rừng chi tiết ở cấp độ quần xã hoặc các loài cụ thể; ảnh chỉ chụp theo yêu cầu 1 lần, vì vậy không thích hợp với theo dõi diễn biến rừng.
Hyperion	Ảnh siêu phổ với 220 kênh từ bước sóng nhìn thấy tới sóng ngắn hồng ngoại; Độ phân giải không gian 30m; Ảnh có từ năm 2003.	- Quy mô bản đồ: khu vực - Phân loại rừng chi tiết ở cấp độ quần xã hoặc các loài có nhận biết rõ.

Căn cứ vào các thông số ở bảng trên, tác giả tiến hành phân tích sâu về đặc điểm cũng như ứng dụng của một số loại ảnh vệ tinh có thể ứng dụng làm tư liệu cho nghiên cứu này. Cụ thể như sau:

**(1) Ảnh vệ tinh AVHRR:** Cơ quan quản lý đại dương và khí quyển Mỹ (NOAA) phối hợp với Cơ quan hàng không vũ trụ Mỹ (NASA) quản lý ảnh AVHRR. Vệ tinh có đầu thu AVHRR đã lần lượt được đưa vào quỹ đạo là năm 1978 vệ tinh TIROS-N được phóng lên quỹ đạo, sau đó là các vệ tinh NOAA-L, NOAA-M. NOAA-4 và NOAA-6 được phóng vào năm 1994 và đến năm 1998 vệ tinh NOAA-K được phóng lên quỹ đạo. Đầu thu AVHRR đầu tiên trên TIROS-N có 4 kênh băng phổ, AVHRR/2 có 5 kênh, AVHRR/3 đặt trên vệ tinh NOAA-15 có 6 kênh. Ảnh vệ tinh AVHRR có độ phân giải không gian là 1.1km, dải hoạt động từ 0.65 micron đến 11.9 micron, [2].

Bảng 3.2. Thông số các kênh và ứng dụng của ảnh AVHRR [2]

Kênh	NOAA 6,8,10 Bước sóng (µm)	NOAA 7,9,11,12,13,14	NOAA 15,16,17,18,19	Ứng dụng
1	0.58-0.68	0.58-0.68	0.58-0.68	Nghiên cứu mây, tuyết, băng, thực vật và chỉ số thực vật
2	0.725-1.1	0.725-1.1	0.725-1.1	Lớp phủ đất, nước, băng, tuyết, chỉ số thực vật
3	3.55-3.93	3.55-3.93	3A: 1.58-1.64 3B: 3.55-3.93	Nhiệt độ cao (núi lửa, cháy rừng)
4	10.5-11.5	10.3-11.3	10.3-11.3	Lập bản đồ nhiệt độ bề mặt ngày và đêm
5	-	11.5-12.5	11.5-12.5	Nhiệt độ bề mặt, mây ngày đêm, bức xạ của hơi nước



(2) **Ảnh vệ tinh ASTER:** Dữ liệu ảnh ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) là loại ảnh được thu nhận bởi bộ cảm ASTER đặt trên vệ tinh TERRA. Vệ tinh này là sản phẩm hợp tác giữa cơ quan Hàng không Vũ trụ Mỹ (NASA) và Trung tâm Phân tích Dữ liệu Viễn thám Trái đất của Nhật Bản (ERSDAC) và được phóng vào quỹ đạo vào ngày 18 tháng 12 năm 1999. Tư liệu ảnh ASTER cung cấp thông tin chi tiết về nhiệt độ bề mặt đất, bức xạ, phản xạ và mô hình số độ cao (DEM). Đây là một bộ cảm có độ phân giải không gian khá cao hoạt động trên cùng vệ tinh với các bộ cảm độ phân giải không gian thấp như MODIS, MISR và CERES. Tư liệu ASTER có ý nghĩa quan trọng trong nghiên cứu biến động và dùng làm tư liệu hiệu chỉnh tốt khi xử lý các ảnh độ phân giải thấp [2].

Bảng 3.3. Thông số các kênh phổ bộ cảm ASTER [2]

VNIR		SWIR		TIR	
Kênh	Bước sóng ( $\mu\text{m}$ )	Kênh	Bước sóng ( $\mu\text{m}$ )	Kênh	Bước sóng ( $\mu\text{m}$ )
1	0.52-0.6	4	1.6 -1.7	10	8.125-8.475
2	0.63-0.69	5	2.145-2.185	11	8.475-8.825
3	0.76-0.86	6	2.185-2.225	12	8.925-9.275
		7	2.235-2.285	13	10.25-10.95
		8	2.295-2.365	14	10.95-11.65
		9	2.360-2.430		
Độ phân giải: 15x15m		Độ phân giải: 30x30m		Độ phân giải: 90x90m	

Bộ cảm ASTER thu nhận ảnh ở 14 kênh ảnh từ vùng ánh sáng nhìn thấy đến hồng ngoại nhiệt của phổ điện từ, với độ chùm phủ 60x60km, tư liệu được ghi dưới dạng 8 bits (VNIR, SWIR) và 12 bits (TIR). Nó là sự tổ hợp của ba hệ thống thu nhận hình ảnh phụ bao gồm bộ cảm sóng gần hồng ngoại và nhìn thấy (Visible Near Infrared - VNIR), bộ cảm sóng hồng ngoại ngắn (Short Wave Infrared - SWIR) và hồng ngoại nhiệt (Thermal Infrared - TIR). Ảnh vệ tinh ASTER có độ phân giải không gian 15m, 30m và 90m, độ phân giải thời gian là 16 ngày. Với các đặc tính như vậy nên *ảnh vệ tinh ASTER không thích hợp cho việc theo dõi các đám cháy đang diễn ra* [2].

**(3) Ảnh Vệ tinh LANDSAT:** LANDSAT là vệ tinh tài nguyên do cơ quan vũ trụ và hàng không quốc gia Mỹ quản lý (NASA). Cho đến nay đã có 8 thế hệ vệ tinh LANDSAT được nghiên cứu phát triển. Ảnh Landsat được ứng dụng trong nghiên cứu của nhiều lĩnh vực từ nghiên cứu hiện trạng đến giám sát biến động. Trên vệ tinh LANDSAT đầu thu có ý nghĩa quan trọng nhất và được sử dụng nhiều nhất là Thematic Mapper gọi tắt là TM có độ phân giải 28m, 1 kênh toàn sắc độ phân giải 15m và 1 kênh hồng ngoại nhiệt. Vệ tinh LANDSAT bay ở độ cao 705km, mỗi cảnh TM có độ bao phủ mặt đất là 185km x 170km với chu kỳ chụp lặp là 16 ngày. Có thể nói, TM là đầu thu quan trọng nhất trong việc nghiên cứu tài nguyên và môi trường [2].

Cho đến nay ảnh vệ tinh thế hệ thứ 8 (LANDSAT 8) đã và đang được ứng dụng phổ biến trong nhiều lĩnh vực: ảnh vệ tinh Landsat 8 đã được phóng lên quỹ đạo ngày 11/02/2013 với tên gọi gốc Landsat Data Continuity Mission (LDCM). Ảnh này có độ phân giải trung bình (từ 15 - 100 mét), phủ kín ở các vùng cực cũng như những vùng địa hình khác nhau trên trái đất. Nhiệm vụ của Landsat 8 là cung cấp những thông tin quan trọng trong nhiều lĩnh vực như quản lý năng lượng và nước, theo dõi rừng, giám sát tài nguyên môi trường, quy hoạch đô thị, khắc phục thảm họa và lĩnh vực nông nghiệp [2].

Landsat 8 (LDCM) mang theo 2 bộ cảm: Bộ thu nhận ảnh mặt đất (OLI - Operational Land Imager) và bộ cảm biến hồng ngoại nhiệt (TIRS - Thermal Infrared Sensor). Ảnh Landsat 8 có 11 kênh phổ, bao gồm 9 kênh sóng ngắn và 2 kênh nhiệt sóng dài. Hai bộ cảm này cung cấp chi tiết bề mặt Trái Đất theo mùa ở độ phân giải không gian 30 mét (ở các kênh nhìn thấy, cận hồng ngoại, và hồng ngoại sóng ngắn); 100 mét ở kênh nhiệt và 15 mét đối với kênh toàn sắc. Dải quét của LDCM giới hạn trong khoảng 185 km x 180 km. Độ cao vệ tinh 705 km so với bề mặt trái đất [2]. Tổng hợp các kênh phổ ảnh Landsat 8 chi tiết bảng 3.4.

Bảng 3.4. Thông số các kênh ảnh Landsat 8 [2]

Kênh	Bước sóng ( $\mu\text{m}$ )	Độ phân giải (meters)
Band 1 - Coastal aerosol	0.433 - 0.453	30
Band 2 - Blue	0.450 - 0.515	30

Kênh	Bước sóng ( $\mu\text{m}$ )	Độ phân giải (meters)
Band 3 - Green	0.525 - 0.600	30
Band 4 - Red	0.630 - 0.680	30
Band 5 - Near Infrared (NIR)	0.845 - 0.885	30
Band 6 - SWIR 1	1.560 - 1.660	30
Band 7 - SWIR 2	2.100 - 2.300	30
Band 8 - Panchromatic	0.500 - 0.680	15
Band 9 - Cirrus	1.360 - 1.390	30
Band 10 - Thermal Infrared (TIR) 1	10.3 - 11.3	100
Band 11 - Thermal Infrared (TIR) 2	11.5 - 12.5	100

Landsat 8 có độ phân giải không gian trung bình và trường phủ rộng, tuy nhiên do có chu kỳ lặp khá dài (16 ngày), vì vậy ảnh vệ tinh Landsat ***không thích hợp để ứng dụng vào phát hiện và theo dõi các đám cháy đang diễn ra*** [2].

**Ảnh vệ tinh SPOT:** Ảnh vệ tinh SPOT gồm: ảnh vệ tinh SPOT4 với 4 kênh đa sắc với độ phân giải 10m & 20m, ảnh vệ tinh SPOT5 với 1 kênh toàn sắc độ phân giải đến 2.5m và 4 kênh đa sắc với độ phân giải đến 10m... Ảnh vệ tinh SPOT được sử dụng chủ yếu trong các lĩnh vực đo vẽ mới và hiện chỉnh bản đồ địa hình; thành lập bản đồ hiện trạng sử dụng đất; theo dõi biến động môi trường như mất rừng, xói mòn, phát triển đô thị ... Ảnh vệ tinh SPOT - 5 có độ phân giải cao, đặc biệt ảnh độ phân giải 2,5m mở ra triển vọng của nhiều ứng dụng như thành lập bản đồ tỷ lệ lớn, quy hoạch đô thị, quản lý hiểm họa và thiên tai [2].

Bảng 3.5. Độ phân giải phổ của ảnh nguồn các vệ tinh SPOT từ 1 đến 5

Vệ tinh SPOT	Kênh phổ	Bước sóng	Phổ điện từ	Độ phân giải
SPOT 1, 2, 3	Kênh 1	0,50- 0,59mm	Lục	20m
SPOT 1, 2, 3	Kênh 2	0,61- 0,68mm	Đỏ	20m
SPOT 1, 2, 3	Kênh 3	0,79-0,89mm	Cận hồng ngoại	20m
SPOT 4, 5	Kênh 4	1,58- 1,75mm	Toàn sắc	10m
SPOT 5	Kênh 1	0,50- 0,59mm	Lục	10m
SPOT 5	Kênh 2	0,61- 0,68mm	Đỏ	10m

SPOT 5	Kênh 3	0,79-0,89mm	Cận hồng ngoại	10m
SPOT 1, 2, 3	Kênh toàn sắc	0,51- 0,73mm	Toàn sắc	10m
SPOT 4	Kênh toàn sắc	0,49 -0,73mm	Toàn sắc	10m
SPOT 5	Kênh toàn sắc	0,49 -0,73mm	Toàn sắc	5m
SPOT 5	Kênh toàn sắc	0,49 -0,73mm	Toàn sắc	2,5m
SPOT 5	Kênh toàn sắc	0,49 -0,73mm	Toàn sắc	5 x 10m

Ảnh vệ tinh SPOT 6 được phóng vào quỹ đạo ngày 9/9/2012 và ngày 30/7/2014, vệ tinh SPOT 7 được đưa lên quỹ đạo bằng tên lửa đẩy PSLV (Polar Satellite Launch Vehicle) của Ấn Độ. Vệ tinh SPOT 7 nặng 714 kg, được thiết kế với tuổi thọ 10 năm trên quỹ đạo 694 km. Ảnh vệ tinh SPOT 7 cung cấp ảnh với độ phân giải không gian 1,5 m kênh toàn sắc và 6 m kênh đa phổ [2].

Bảng 3.6. Thuộc tính kỹ thuật của vệ tinh SPOT 6 và SPOT 7 [2]

Thông tin	SPOT 6	SPOT 7
Ngày phóng	September 9, 2012	June 30, 2014
Vị trí phóng	Satish Dhawan Space Center (India)	Satish Dhawan Space Center (India)
Ảnh đa phổ (4 bands)	Blue (0.455 $\mu\text{m}$ - 0.525 $\mu\text{m}$ ) Green (0.530 $\mu\text{m}$ - 0.590 $\mu\text{m}$ ) Red (0.625 $\mu\text{m}$ - 0.695 $\mu\text{m}$ ) Near-Infrared (0.760 $\mu\text{m}$ - 0.890 $\mu\text{m}$ )	Blue (0.455 $\mu\text{m}$ - 0.525 $\mu\text{m}$ ) Green (0.530 $\mu\text{m}$ - 0.590 $\mu\text{m}$ ) Red (0.625 $\mu\text{m}$ - 0.695 $\mu\text{m}$ ) Near-Infrared (0.760 $\mu\text{m}$ - 0.890 $\mu\text{m}$ )
Độ phân giải (GSD)	Panchromatic - 1.5m Multispectral - 6.0m (B,G,R,NIR)	Panchromatic - 1.5m Multispectral - 6.0m (B,G,R,NIR)
Độ rộng	60 Km at Nadir	60 Km at Nadir

Cũng tương tự như những loại ảnh trên, do độ phân giải thời gian khá thấp (26 ngày) nên ảnh vệ tinh SPOT không phù hợp cho phát hiện cháy rừng. Tuy nhiên có thể sử dụng cho việc kiểm soát thiệt hại sau cháy rất tốt.

**Ảnh vệ tinh MODIS:** Ảnh vệ tinh MODIS là một thiết bị đo đạc trên vệ tinh Terra (EOS AM) và Aqua (EOS PM). Vệ tinh Terra được phóng lên quỹ đạo vào ngày 18/12/1999 và vệ tinh Aqua được phóng vào ngày 4/5/2002 [18]. Quỹ đạo của Terra xung quanh Trái Đất được đặt giờ để đi từ Bắc vào Nam qua đường xích đạo vào buổi sáng, trong khi Aqua đi từ phía Nam tới phía Bắc qua đường xích đạo vào buổi chiều. Terra MODIS và Aqua MODIS xem được toàn bộ bề mặt của Trái đất trong 1-2 ngày, thu thập dữ liệu 36 kênh phổ hoặc nhóm bước sóng [18].

Vệ tinh TERRA sẽ bay qua lãnh thổ Việt Nam một ngày hai lần vào lúc 10 giờ 30 phút sáng và 10 giờ 30 phút tối; vệ tinh AQUA sẽ bay qua lãnh thổ Việt Nam một ngày hai lần vào lúc 1 giờ 30 phút chiều và 1 giờ 30 phút rạng sáng, do đó ở Việt Nam sẽ thu được ảnh MODIS bốn lần trong một ngày. Do độ phân giải không gian - thời gian và độ phân giải phổ của vệ tinh TERRA và AQUA cao nên dữ liệu vệ tinh được ứng dụng rộng rãi. Các dữ liệu MODIS đã được đưa vào để theo dõi mây, chất lượng khí quyển, chỉ số thực vật, phân loại lớp phủ, cháy rừng, hàm lượng diệp lục trong nước biển, nhiệt độ mặt nước biển, nhiệt độ bề mặt lục địa bốc hơi bề mặt lớp phủ, diễn biến lớp phủ băng lục địa và đại dương [18].



Hình 3.2. Cảm biến MODIS được gắn trên vệ tinh Terra và Aqua (Nguồn: <https://modis.gsfc.nasa.gov/gallery/>)

Ảnh vệ tinh MODIS: Terra MODIS và Aqua MODIS xem được toàn bộ bề mặt của Trái đất trong 1-2 ngày, thu thập dữ liệu 36 kênh phổ hoặc nhóm bước sóng. MODIS đóng vai trò quan trọng trong kiểm chứng sự phát triển, toàn cầu hay khả năng tương tác của các mô hình hệ thống Trái đất và có thể dự đoán chính xác sự thay đổi toàn cầu đủ để giúp đỡ con người hoạch định, giải quyết đưa ra các quyết định đúng đắn bảo vệ môi trường.



Hình 3.3. Ảnh sản phẩm cảnh báo cháy rừng từ vệ tinh MODIS AQUA

Việc kiểm soát sâu rộng và chi tiết tác động của các đám cháy tới môi trường trong một không gian rộng lớn trên toàn cầu không hề đơn giản, điều này chỉ có thể thực hiện được thông qua việc sử dụng công nghệ cảm biến. Mặc dù vậy việc sử dụng công nghệ này vẫn còn hạn chế cần được cải tiến, phát triển.

Các thuật toán MODIS phát hiện cháy dựa trên những phát triển cho AVHRR, nhưng mang lại một số khả năng mới cho các cảm biến trường xa. Số kênh phổ của MODIS là 36 kênh. Trong thiết kế MODIS, các kênh  $3,75 \mu\text{m}$  đã được chuyển sang  $3,95 \mu\text{m}$  để tránh hấp thụ hơi nước và để giảm bức xạ mặt trời 40% [2].

Dữ liệu ảnh MODIS được thu nhận từ hai hệ thống vệ tinh chính TERRA MODIS và AQUA MODIS có mục đích cung cấp dữ liệu về đất liền, biển và khí quyển một cách đồng thời. Ảnh chụp từ vệ tinh MODIS cung cấp dữ liệu ảnh toàn cầu 4 ảnh trong 1 ngày, 2 ảnh ban ngày và 2 ảnh ban đêm. Với tầm quan sát lên đến hơn 2330km, vệ tinh có thể quan trắc gần như toàn bộ Trái đất và thường được sử dụng trong theo dõi biến động lớp phủ, theo dõi mùa màng, các chỉ số lý sinh, màu và nhiệt độ mặt nước biển... của một khu vực, vùng lãnh thổ [2].

Ảnh MODIS gồm 36 kênh phổ có độ phân giải: 250m, 500m và 1000m, cao hơn so với độ phân giải của bộ cảm AVHRR. Những kênh phổ được phân bổ theo độ phân giải [2]:

Kênh 1 - 2: Độ phân giải 250 m.

Kênh 3 - 7: Độ phân giải 500 m.

Kênh 8 - 36: Độ phân giải 1000 m.

Ảnh MODIS có độ phân giải không gian cao như Landsat TM, SPOT HRV và Terra ASTER, trong đó có 2 kênh phổ 4  $\mu\text{m}$  số 21 và 22 được thiết kế đặc biệt và hữu ích cho giám sát đám cháy. Dữ liệu của ảnh MODIS bao gồm các loại sau [2]:

- Dữ liệu nghiên cứu mây với độ phân giải 250m x 1000m vào ban ngày và độ phân giải 1000m x 1000m vào ban đêm.

- Nồng độ tầng đối lưu và đặc tính quang với độ phân giải 5km cho vùng biển và 10km cho đất liền vào ban ngày.

- Đặc tính về mây, độ dày quang học, ảnh hưởng của bán kính hạt, pha nhiệt động học, mây ở các vùng vĩ tuyến cao, nhiệt độ mây ở độ phân giải 1km - 5km ban ngày và 5km vào ban đêm.

- Phủ thực vật đất: Điều kiện và năng suất được đặc trưng bởi chỉ số thực vật, được hiệu chỉnh tác động của khí quyển, đất, phân cực và ảnh hưởng theo hướng phản xạ bề mặt, kiểu phủ đất và năng suất nguyên thủy thực, chỉ số lá theo diện tích và bức xạ hiệu lực mang tính quang hợp bị chắn.

- Phản xạ về diện tích phủ của tuyết và băng trên biển.

- Đo nhiệt độ bề mặt với độ phân giải 1km vào ban ngày và đêm với độ chính xác của hiệu chỉnh tuyết đối là 0.3 - 0.50 tại đại dương và mặt đất.

- Màu của biển (phổ phát xạ của đại dương được đo 5%), dựa trên dữ liệu kênh phổ trong dải sóng nhìn thấy và hồng ngoại gần.

Bảng 3.7. Các thông số kỹ thuật của ảnh MODIS [2]

Kênh phổ	Bước sóng ( $\mu\text{m}$ )	Độ phân giải không gian (m)	Ứng dụng
1	0,620-0,670	250	Khoanh ranh giới mây đất. Nghiên cứu lớp phủ rừng.
2	0,841-0,876	250	
3	0,459-0,479	500	Nghiên cứu đặc tính đất/mây.
4	0,545-0,565	500	
5	1,230-1,250	500	
6	1,628-1,652	500	
7	2,105-2,155	500	

8	0,405-0,420	1000	Nghiên cứu về màu nước biển, phytoplankton, sinh-địa hóa học.
9	0,438-0,448	1000	
10	0,493-0,493	1000	
11	0,526-0,536	1000	
12	0,546-0,556	1000	
13	0,662-0,672	1000	
14	0,673-0,683	1000	
15	0,743-0,753	1000	
16	0,862-0,877	1000	
17	0,890-0,920	1000	
18	0,931-0,941	1000	Nghiên cứu về hơi nước khí quyển.
19	0,915-0,965	1000	
20	3,66-3,84	1000	Đo nhiệt độ bề mặt/mây.
21	3,929-3,989	1000	
22	4,020-4,080	1000	
23	4,433-4,498	1000	Đo nhiệt độ khí quyển.
24	4,482-4,549	1000	
25	1,36-1,39	1000	Mây ti.
26	6,853-6,895	1000	
27	7,175-7,495	1000	Nghiên cứu về hơi nước trong khí quyển.
28	8,4-8,7	1000	
29	9,58-9,88	1000	
30	9,58-9,88	1000	Nghiên cứu về tầng O3.
31	10,78-11,28	1000	Nghiên cứu nhiệt độ bề mặt lớp phủ/mây.
32	11,77-12,27	1000	
33	13,185-13,485	1000	Nghiên cứu mây ở vĩ độ cao.
34	13,485-13,785	1000	
35	13,785-14,085	1000	
36	14,085-14,385	1000	

Việc lựa chọn tư liệu viễn thám thích hợp sẽ cho kết quả chính xác và đáp ứng được yêu cầu đưa ra. Để lựa chọn được tư liệu viễn thám thích hợp, tác giả căn cứ vào đặc điểm các đám cháy rừng, đặc điểm của các tư liệu ảnh viễn thám (độ phân giải thời gian và độ phân giải không gian) và mức độ sẵn có của ảnh hiện nay để lựa chọn tư liệu phù hợp. Hiện nay, có nhiều tư liệu viễn thám có thể sử dụng để phát hiện các đặc điểm của cháy rừng (phát hiện hoặc kiểm



chúng sau cháy) như NOAA, AVHRR, Aqua MODIS, Terra MODIS, ASTER,...Tuy nhiên, mỗi loại đều có những điểm mạnh và điểm yếu, trong đó ảnh vệ tinh MODIS được đánh giá là một loại ảnh lý tưởng hơn cả để ứng dụng phát hiện cháy rừng hiện nay. ***Do vậy, tác giả lựa chọn ảnh vệ tinh Modis là tư liệu chính cho nghiên cứu này.***

### ***3.1.2. Kết quả ứng dụng thuật toán để trích xuất các điểm dị thường nhiệt***

Từ sơ đồ phương pháp nghiên cứu ở hình 2.3 và kết quả lựa chọn tư liệu ảnh vệ tinh thích hợp, tác giả tiến hành download ảnh vệ tinh modis từ Website (<https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov>) của NASA, đồng thời ứng dụng thuật toán của Louis Giglio và cộng sự phát triển năm 2003 dựa trên thuật toán gốc của Kaufman năm 1998 [69] tự động xử lý dữ liệu kênh 20, 22 và 31 cùng với ảnh mặt nạ mây để tạo ra dữ liệu cháy dưới dạng ảnh và danh mục các điểm dị thường nhiệt. Kết quả đầu ra của thuật toán là dữ liệu sản phẩm điểm dị thường nhiệt dạng Text.

Kết quả xử lý ảnh vệ tinh MODIS bằng thuật toán (bảng 3.9) cho thấy: về bản chất, thuật toán phân tích dữ liệu từ ảnh vệ tinh MODIS bằng cách sử dụng các kênh cận hồng ngoại và qua đó có thể phát hiện ra sự xuất hiện của các điểm dị thường nhiệt. Tùy thuộc vào sự cháy đang âm ỉ hoặc cháy rục, hoặc do hiệu ứng nhà kính,...để có lượng nhiệt nhất định, ở nhiệt độ này có một phát xạ rất mạnh trong vùng cận hồng ngoại. Phát xạ bởi một đám cháy tương phản mạnh với một nền không cháy. Một điểm cháy được xác định trong một điểm ảnh khi mà sự tương phản giữa các điểm ảnh và môi trường xung quanh nó đủ cao.

Do vậy, những điểm dị thường nhiệt được thuật trích xuất từ thuật toán ở đây là những điểm cháy rừng đang diên ra hoặc các là điểm cháy rừng tiềm năng, có thể là đốt nương dẫy, từ vùng đất trống trọc, các khu công nghiệp hoặc sự nóng lên của khu đô thị trong mùa hè,...

Để đánh giá mức độ phù hợp của các điểm dị thường nhiệt do thuật toán trích xuất từ tư liệu ảnh vệ tinh MODIS trong điều kiện của Việt Nam, đặc biệt là xem xét dưới góc độ phân mùa cháy rừng theo vùng địa lý ở Việt Nam, tác giả tiến hành phân tích và đánh giá sự phân bố các điểm dị thường nhiệt theo không gian và thời gian. Cụ thể như sau [15]:

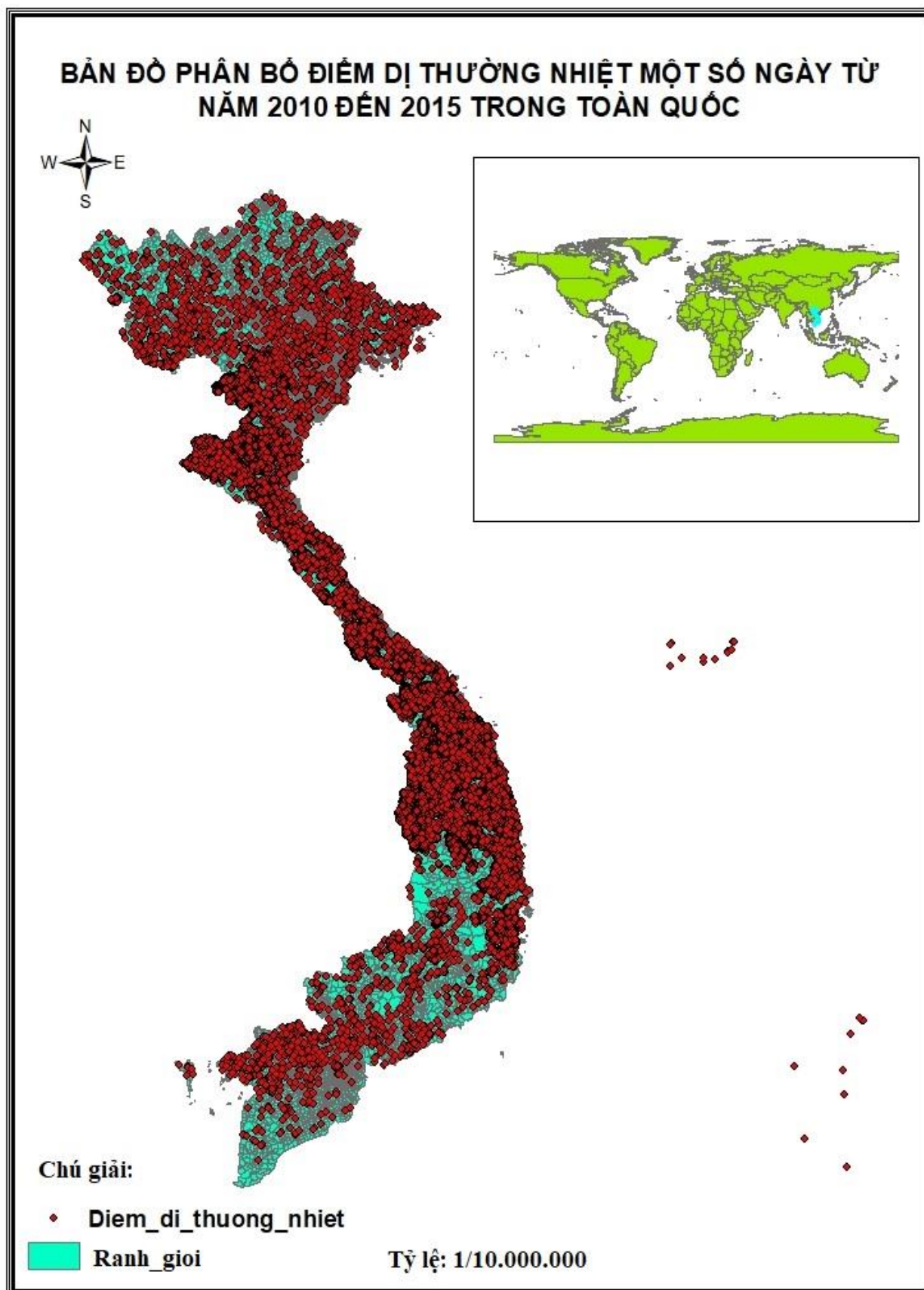
#### ***3.1.2.1. Kết quả phân bố các điểm dị thường nhiệt theo không gian***

Từ kết quả trích xuất điểm dị thường nhiệt, tác giả tiến hành tổng hợp và mô tả sự phân bố các điểm dị thường nhiệt theo không gian từ năm 2010 đến năm 2015 để xác định mức độ phù hợp của các điểm dị thường nhiệt với mùa cháy rừng tại các vùng địa lý hoặc tỉnh/thành phố ở nước ta, kết quả như sau:

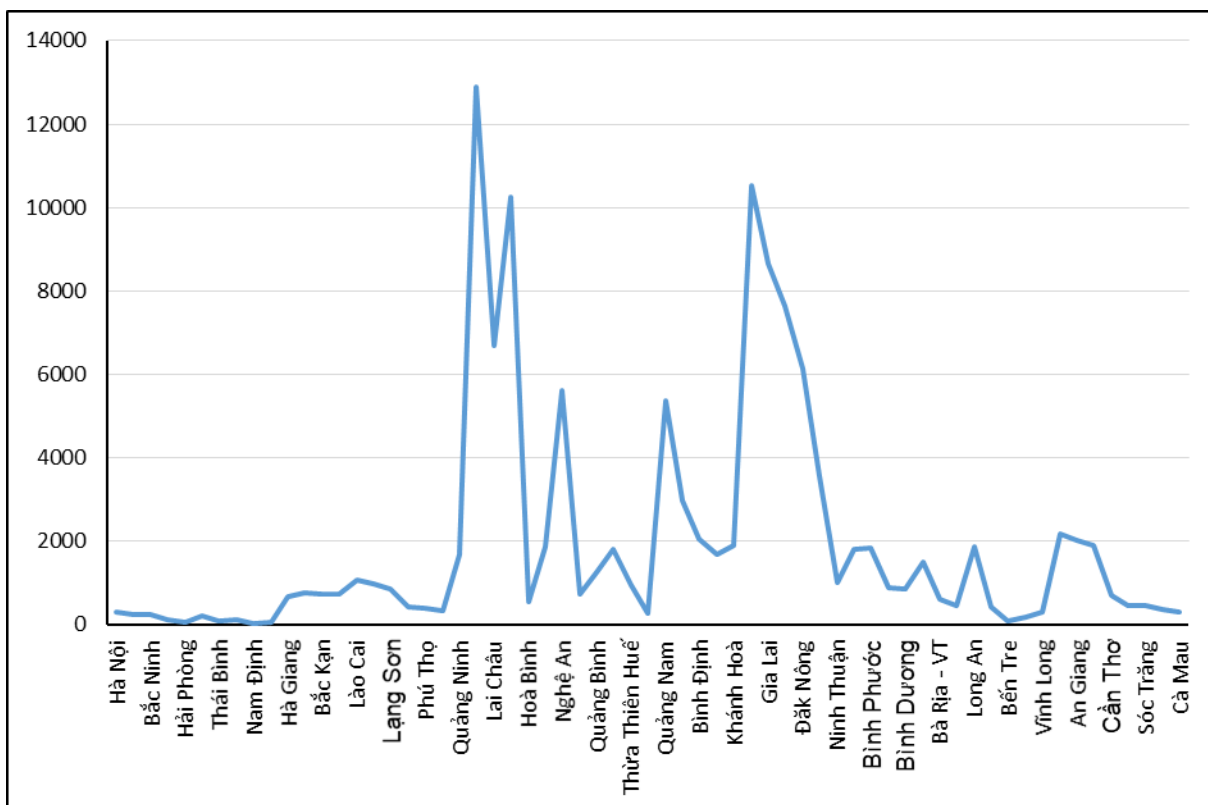
Bảng 3.8. Kết quả tổng hợp phân bố điểm dị thường nhiệt theo tỉnh/TP từ năm 2010 đến 2015 ở Việt Nam

STT	Tỉnh/Thành phố	Mã tỉnh	Số điểm dị thường nhiệt/năm						Tổng số điểm dị thường nhiệt
			2010	2011	2012	2013	2014	2015	
1	Hà Nội	1	44	66	49	52	40	56	307
2	Hà Giang	2	220	44	104	76	72	165	681
3	Cao Bằng	4	298	45	103	90	76	142	754
4	Bắc Kạn	6	143	77	175	114	69	156	734
5	Tuyên Quang	8	199	59	103	93	96	188	738
6	Lào Cai	10	352	52	208	89	219	158	1078
7	Điện Biên	11	2616	1168	2597	1858	2749	1891	12879
8	Lai Châu	12	2195	360	1519	608	1442	560	6684
9	Sơn La	14	2626	869	2054	1068	2019	1616	10252
10	Yên Bái	15	342	60	133	111	172	151	969
11	Hoà Bình	17	111	49	60	72	104	141	537
12	Thái Nguyên	19	36	37	45	68	56	76	318
13	Lạng Sơn	20	210	78	75	139	180	158	840
14	Quảng Ninh	22	171	234	222	333	381	330	1671
15	Bắc Giang	24	63	75	42	52	91	109	432
16	Phú Thọ	25	89	40	45	89	68	67	398
17	Vĩnh Phúc	26	30	37	41	40	46	48	242
18	Bắc Ninh	27	20	48	36	35	26	69	234
19	Hải Dương	30	17	13	15	16	18	30	109
20	Hải Phòng	31	7	13	8	9	11	7	55
21	Hưng Yên	33	33	56	40	22	19	28	198
22	Thái Bình	34	19	21	6	4	10	22	82
23	Hà Nam	35	12	16	19	23	14	24	108
24	Nam Định	36	6	4	6	6	7	2	31
25	Ninh Bình	37	11	4	8	4	5	17	49
26	Thanh Hoá	38	391	249	283	283	311	333	1850
27	Nghệ An	40	1224	756	490	846	990	1303	5609
28	Hà Tĩnh	42	52	48	110	95	145	286	736
29	Quảng Bình	44	174	183	204	215	236	245	1257
30	Quảng Trị	45	329	268	288	236	333	344	1798

31	Thừa Thiên Huế	46	140	123	164	118	175	233	953
32	Đà Nẵng	48	24	31	42	47	71	59	274
33	Quảng Nam	49	725	626	704	925	1191	1194	5365
34	Quảng Ngãi	51	349	353	390	437	730	709	2968
35	Bình Định	52	266	280	281	275	342	595	2039
36	Phú Yên	54	172	173	192	300	428	427	1692
37	Khánh Hoà	56	235	208	174	215	343	734	1909
38	Ninh Thuận	58	163	124	119	160	238	195	999
39	Bình Thuận	60	347	288	251	303	273	337	1799
40	Kon Tum	62	1767	2104	2463	1464	1331	1410	10539
41	Gia Lai	64	1596	1742	1229	1306	1364	1427	8664
42	Đắk Lắk	66	1495	1347	1208	952	1309	1332	7643
43	Đắk Nông	67	1401	1235	726	942	1000	832	6136
44	Lâm Đồng	68	814	534	403	550	762	501	3564
45	Bình Phước	70	819	387	191	129	143	171	1840
46	Tây Ninh	72	123	105	127	124	177	237	893
47	Bình Dương	74	195	118	84	128	137	197	859
48	Đồng Nai	75	237	222	252	203	279	309	1502
49	Bà Rịa - VT	77	125	71	115	99	109	96	615
50	Hồ Chí Minh	79	32	224	38	25	63	65	447
51	Long An	80	363	148	263	272	359	456	1861
52	Tiền Giang	82	43	24	56	57	110	143	433
53	Bến Tre	83	10	8	8	9	19	25	79
54	Trà Vinh	84	25	34	19	30	33	36	177
55	Vĩnh Long	86	47	39	40	70	61	44	301
56	Đồng Tháp	87	456	182	235	320	378	614	2185
57	An Giang	89	343	131	324	352	342	538	2030
58	Kiên Giang	91	383	136	261	292	350	482	1904
59	Cần Thơ	92	121	56	93	161	120	141	692
60	Hậu Giang	93	63	26	38	97	99	121	444
61	Sóc Trăng	94	74	55	35	92	85	109	450
62	Bạc Liêu	95	207	19	25	29	39	43	362
63	Cà Mau	96	45	18	39	69	61	78	310
	<b>Tổng</b>		<b>25.245</b>	<b>16.200</b>	<b>19.677</b>	<b>17.298</b>	<b>22.526</b>	<b>22.612</b>	<b>123.558</b>



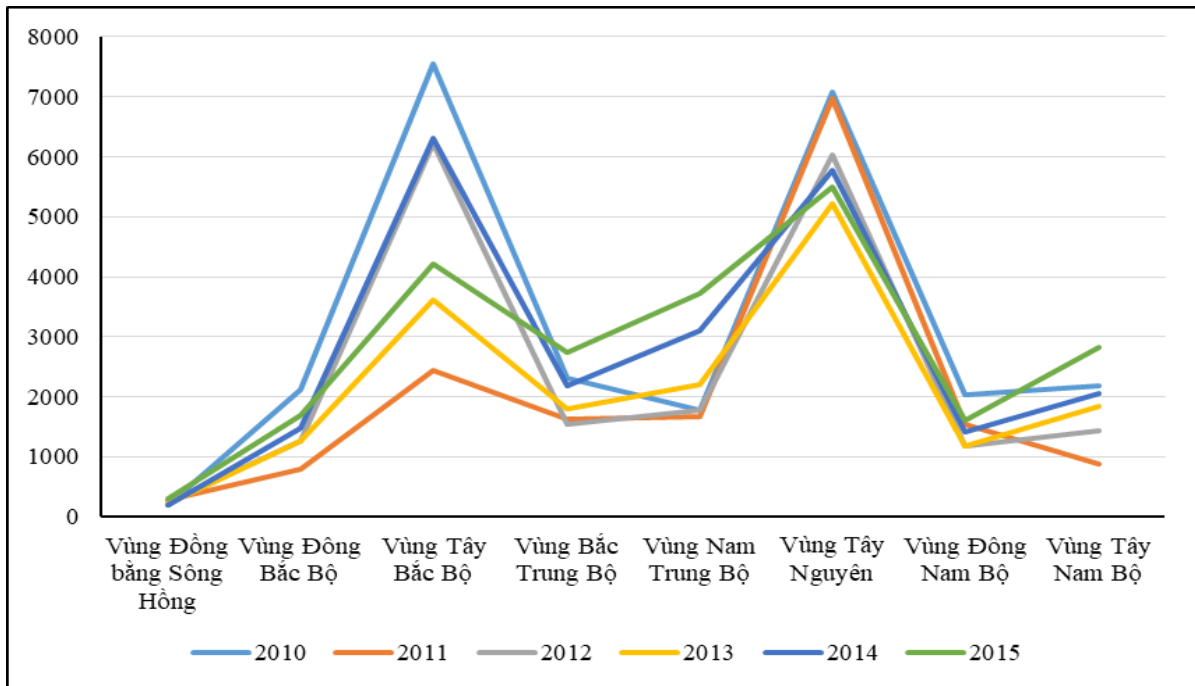
Hình 3.4. Bản đồ phân bố điểm dị thường nhiệt theo không gian từ năm 2010 đến năm 2015 trên phạm vi toàn quốc



Hình 3.5. Biểu đồ mô tả phân bố điểm dị thường nhiệt theo không gian (tỉnh/thành phố)

Bảng 3.9. Phân bố các điểm dị thường nhiệt theo vùng địa lý

Vùng địa lý	Phân bố điểm dị thường nhiệt theo không gian					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Vùng Đồng bằng Sông Hồng	199	278	228	211	196	303
Vùng Đông Bắc Bộ	2123	801	1255	1254	1480	1700
Vùng Tây Bắc Bộ	7548	2446	6230	3606	6314	4208
Vùng Bắc Trung Bộ	2310	1627	1539	1793	2190	2744
Vùng Nam Trung Bộ	1771	1671	1783	2199	3105	3718
Vùng Tây Nguyên	7073	6962	6029	5214	5766	5502
Vùng Đông Nam Bộ	2041	1539	1177	1171	1419	1607
Vùng Tây Nam Bộ	2180	876	1436	1850	2056	2830



Hình 3.6. Biểu đồ mô tả phân bố điểm dị thường nhiệt theo vùng địa lý

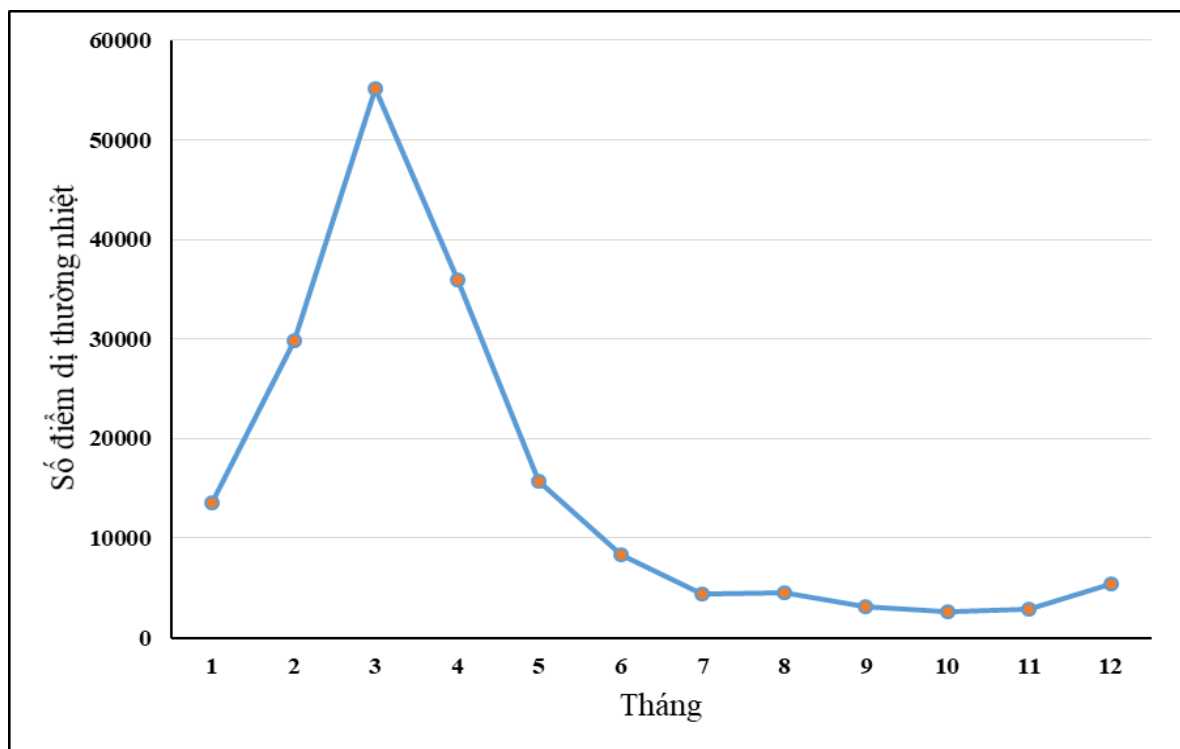
Kết quả trên cho thấy: Phân bố các điểm dị thường nhiệt ở nước ta từ năm 2010 đến 2015 tập trung từ 15 đến 25 nghìn điểm, tùy điều kiện khí hậu từng năm khác nhau khác nhau sẽ sẽ sự xuất hiện các điểm dị thường nhiệt khác nhau. Xét về không gian các điểm dị thường nhiệt chủ yếu phân bố tại các tỉnh thuộc vùng Tây Bắc: 46.519 điểm (tập trung tại tỉnh Điện Biên: 19.714 điểm; Sơn La: 16.256 điểm và tỉnh Lai Châu: 9.740 điểm); vùng Tây Nguyên: 52.221 điểm (tập trung tại tỉnh Kon Tum: 14.238 điểm; Gia Lai: 12.918 điểm và tỉnh Đắk Lắk: 11.057 điểm); vùng Trung Bộ: 38.217 điểm (tập trung cao tại tỉnh Nghệ An: 8.086 điểm và tỉnh Quảng Nam: 7.947 điểm); sau đó là đến các vùng Tây Nam Bộ: 15.689 điểm, vùng Đông Bắc Bộ: 13.809 điểm, vùng Đông Nam Bộ: 13.000 điểm và cuối cùng là vùng Đồng bằng Sông Hồng: 2177 điểm. Nhìn chung các điểm dị thường nhiệt ở những tỉnh có nhiều diện tích rừng và đất rừng.

### 3.1.2.2. Kết quả phân bố các điểm dị thường nhiệt theo thời gian

Từ số liệu các điểm dị thường nhiệt từ năm 2010 - 2015 trong phạm vi cả nước, tác giả đã tổng hợp để xác định sự phân bố điểm dị thường nhiệt theo thời gian, cụ thể là sự phân bố theo các tháng trong năm. Kết quả được tổng hợp như sau:

Bảng 3.10. Phân số bố điểm dị thường nhiệt theo tháng giai đoạn 2010-2015

TT	Thời gian	Số điểm dị thường nhiệt	Ghi chú
1	Tháng 1	13608	
2	Tháng 2	29867	
3	Tháng 3	55116	
4	Tháng 4	35995	
5	Tháng 5	15728	
6	Tháng 6	8342	
7	Tháng 7	4457	
8	Tháng 8	4577	
9	Tháng 9	3130	
10	Tháng 10	2591	
11	Tháng 11	2814	
12	Tháng 12	5407	



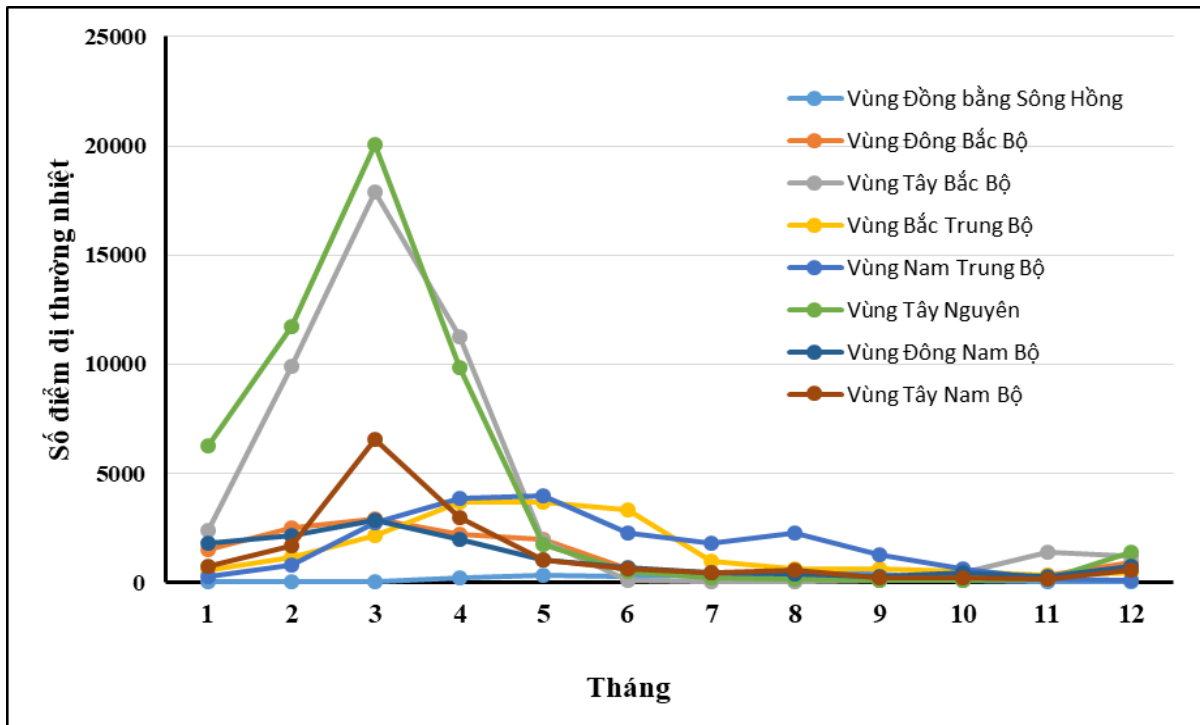
Hình 3.7. Biểu đồ phân bố điểm dị thường nhiệt theo thời gian trong toàn quốc

Kết quả ở bảng 3.10 và hình 3.7 cho thấy các điểm dị thường nhiệt xuất hiện chủ yếu từ tháng 11 năm trước đến tháng 6 năm sau, thậm chí đến tháng 7, và tập trung chủ yếu tháng 1 đến tháng 5, đặc biệt là các tỉnh khu vực phía Bắc, sau khi hiện tượng mưa phùn giảm (thường là tháng 2) hiện tượng xuất hiện nhiều điểm dị thường nhiệt là tháng 3 và tháng 4. Sở dĩ có sự xuất hiện nhiều điểm dị thường nhiệt như vậy là thời kỳ mùa khô hạn kéo dài nên hiện tượng khô hanh cộng với nhiệt lượng từ mặt trời đã làm tăng nhiệt độ bề mặt dẫn đến sự phát xạ nhiệt từ bề mặt đất, và trên thực tế thời điểm này thường xảy ra cháy rừng ở các vùng miền trong cả nước. Tuy nhiên, tùy theo từng địa phương hoặc vùng địa lý khác nhau có thể xuất hiện nhiều hay ít hoặc kéo dài thời gian xuất hiện điểm dị thường nhiệt khác nhau. Để tìm hiểu sâu và rõ hơn về vấn đề này, tác giả tổng hợp và phân tích đặc điểm phân bố các điểm dị thường nhiệt theo thời gian tại các vùng địa lý trong phạm vi cả nước như sau:



Bảng 3.11. Phân bố điểm dị thường nhiệt theo tháng giai đoạn 2010-2015 tại các vùng địa lý

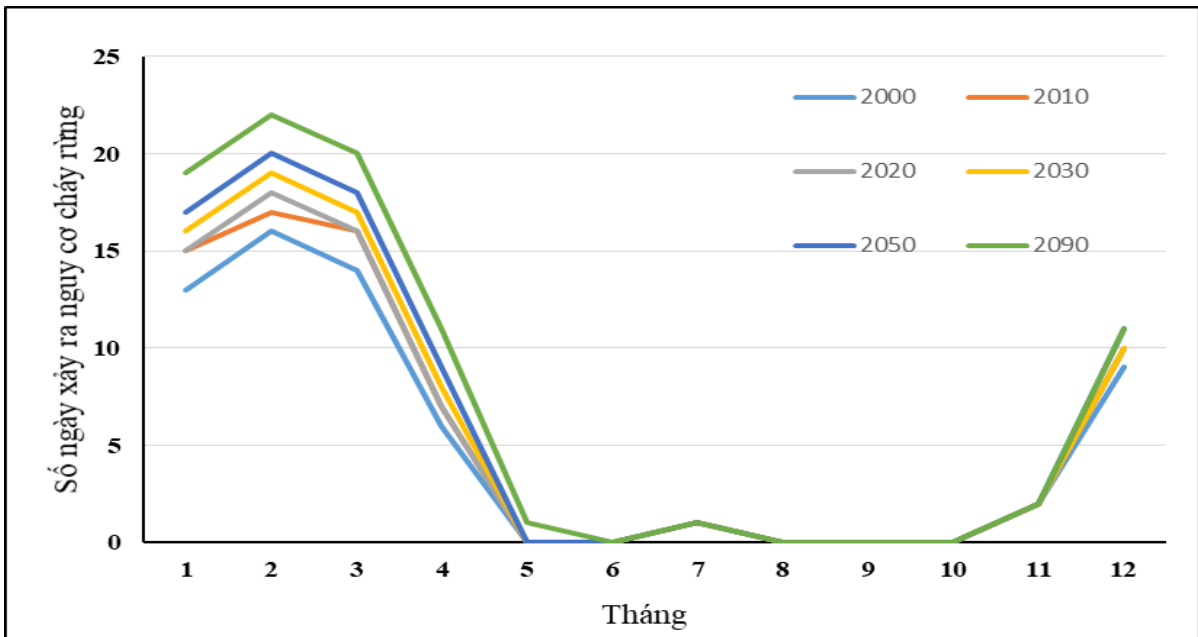
Vùng địa lý	Phân bố điểm dị thường nhiệt theo thời gian											
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
Vùng Đồng bằng Sông Hồng	37	17	30	191	311	277	334	459	396	72	20	33
Vùng Đông Bắc Bộ	1504	2506	2911	2186	1986	648	233	142	163	264	331	935
Vùng Tây Bắc Bộ	2401	9897	17864	11240	1914	93	14	27	72	419	1388	1190
Vùng Bắc Trung Bộ	592	1144	2145	3694	3704	3295	1001	607	647	483	355	435
Vùng Nam Trung Bộ	283	795	2737	3874	3997	2256	1804	2257	1272	618	131	91
Vùng Tây Nguyên	6266	11734	20058	9819	1766	493	224	125	87	66	170	1413
Vùng Đông Nam Bộ	1775	2121	2824	1994	1037	677	429	406	278	470	271	718
Vùng Tây Nam Bộ	750	1653	6547	2997	1013	603	418	554	215	199	148	592



Hình 3.8. Biểu đồ phân bố điểm dị thường nhiệt ở vùng địa lý theo thời gian

Từ kết quả trong bảng 3.11 và hình 3.8 cho thấy: Các vùng trọng điểm và có sự thay đổi rõ về sự phân bố các điểm dị thường nhiệt là vùng Tây Nguyên, Tây Bắc Bộ và Tây Nam Bộ, các điểm dị thường nhiệt thường xuất hiện tập trung từ tháng 2 đến tháng 4 và đỉnh điểm tháng 3 hàng năm. Tuy nhiên, mức độ xuất hiện các điểm dị thường nhiệt tại khu vực Trung bộ lại có xu hướng tăng dần từ tháng 3, tháng 4, tháng 5, và tháng 6, mức cao nhất là tháng 4 và tháng 5. Vào các tháng 8, tháng 9 và tháng 10 hầu như các vùng trong cả nước ít xuất hiện điểm dị thường nhiệt.

Mặt khác, trong nghiên cứu “Phương pháp dự báo nguy cơ cháy rừng theo điều kiện khí hậu ở Việt Nam” của Vương Văn Quỳnh và Lê Sỹ Doanh đã xác định được công thức tính chỉ số khí hậu phản ánh nguy cơ cháy rừng Qi qua các chỉ số khí hậu cơ bản là nhiệt độ và lượng mưa, đồng thời kết quả nghiên cứu này cũng đã khẳng định nguy cơ cháy rừng cao ở Việt Nam thường xuất hiện chủ yếu từ tháng 11 đến tháng 4 năm sau (hình 3.8) [12].



Hình 3.9. Diễn biến nguy cơ cháy rừng trung bình trên cả nước trong những thời kỳ khác nhau [12].

Từ kết quả tổng hợp mức độ phân bố các điểm dị thường nhiệt theo thời gian và không gian của nghiên cứu này cho thấy tương đối phù hợp với nghiên cứu của GS. Vương Văn Quỳnh và TS. Lê Sỹ Doanh được mô tả trong hình 3.3. Điều này đã chứng tỏ rằng việc sử dụng thuật toán của Louis Giglio và cộng sự phát triển năm 2003 dựa trên thuật toán gốc của Kaufman năm 1993 [69] tự động xử lý dữ liệu kênh 20, 22 và 31 cùng với ảnh mặt nạ mây để trích xuất ra dữ liệu cháy dưới dạng ảnh và danh mục các điểm cháy để phát hiện và cảnh báo cháy rừng ở Việt Nam là hoàn toàn phù hợp và có cơ sở.

### 3.1.3. *Mối quan hệ giữa giá trị cấp độ sáng (Brightness) với độ tin cậy (Confidence)*

Như đã mô tả kết quả đầu ra của thuật toán ở mục 3.1, trong thông tin của điểm dị thường nhiệt có các thông tin cơ bản, tuy nhiên có một số thông tin phản ánh đến sự xuất hiện của điểm dị thường nhiệt như nhiệt độ kênh sáng (kênh 21, kênh 22 và kênh 31), độ tin cậy (confidence).

Độ tin cậy phát hiện điểm cháy nhằm giúp người sử dụng đánh giá được chất lượng của những điểm ảnh riêng lẻ của đám cháy. Độ tin cậy (biến động từ 0% tới 100%) được quy theo ba cấp độ cháy (độ tin cậy thấp, độ tin cậy trung bình, và độ tin cậy cao) cho toàn bộ các điểm. Mặt khác, thuật toán sử dụng

kênh nhiệt sáng rực có nguồn gốc từ kênh MODIS 4  $\mu\text{m}$  và 11  $\mu\text{m}$ , ký hiệu tương ứng là  $T_4$  và  $T_{11}$ . Thiết bị đo đạc MODIS có 2 kênh 4  $\mu\text{m}$ , đánh số là 21 và 22, cả hai kênh này đều được thuật toán phát hiện điểm nóng cháy sử dụng; và chúng ta dễ dàng nhận thấy nguồn gốc chính để xác định là điểm dị thường nhiệt ở đây là giá trị cấp độ sáng (brightness). Do vậy, để xem xét mối quan hệ giữa giá trị cấp độ sáng với độ tin cậy (khả năng) xuất hiện các điểm dị thường nhiệt, tác giả đã sử dụng một số hàm tương quan phổ biến để xác định mối quan hệ này. Kết quả chạy một số hàm tương quan trong phần mềm thống kê SPSS để kiểm tra mối quan hệ giữa 2 đại lượng được mô tả trong bảng 3.13 và hình 3.9 như sau:

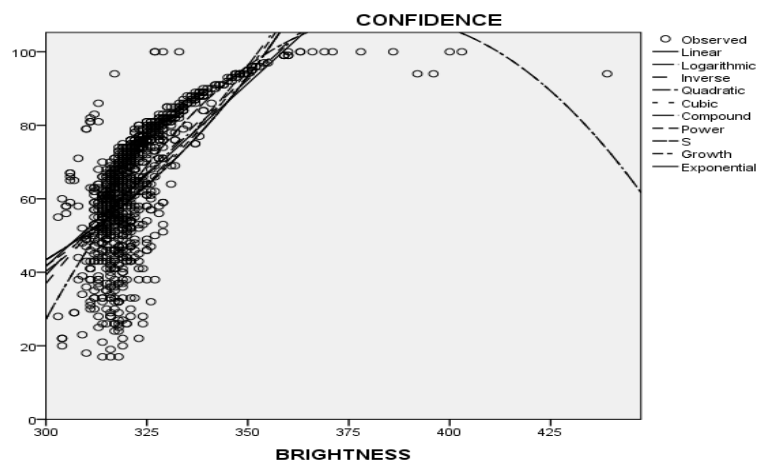
Bảng 3.12. Kết quả các tham số và hệ số tương quan giữa cấp độ sáng (brightness) với độ tin cậy (confidence)

**Model Summary and Parameter Estimates**

Dependent Variable: CONFIDENCE

Equation	Model Summary					Parameter Estimates			
	R Square	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1	b2	b3
Linear	.433	765.063	1	1001	.000	-256.841	.995		
Logarithmic	.452	826.228	1	1001	.000	-1927.005	344.732		
Inverse	.468	880.161	1	1001	.000	430.681	-118121.540		
Quadratic	.520	540.750	2	1000	.000	-1620.326	9.018	-.012	
Cubic	.520	540.750	2	1000	.000	-1620.326	9.018	-.012	.000
Compound	.311	452.739	1	1001	.000	.441	1.015		
Power	.327	487.003	1	1001	.000	2.790E-012	5.319		
S	.341	517.740	1	1001	.000	9.791	-1828.572		
Growth	.311	452.739	1	1001	.000	-.819	.015		
Exponential	.311	452.739	1	1001	.000	.441	.015		

The independent variable is BRIGHTNESS.



Hình 3.10. Biểu đồ mô tả tương quan giữa cấp độ sáng (brightness) với độ tin cậy (confidence)

Kết quả trên cho thấy hàm Quadratic và hàm Cubic là hai hàm tốt nhất để mô phỏng mối quan hệ giữa brightness và confidence, bởi lẽ chúng có hệ số tương quan R-square là lớn nhất. Mức độ tương quan tương đối chặt. Vì thế có thể nói rằng ảnh hưởng của brightness tới confidence là tương đối rõ rệt. Khi brightness thay đổi sẽ làm ảnh hưởng đến khả năng xuất hiện điểm dị thường nhiệt, nghĩa là khi nhiệt độ càng cao thì chỉ số confidence cũng cao.

Tuy nhiên, trong trường hợp này thuật toán sử dụng các điểm lân cận xung quanh để ước tính tín hiệu phát xạ của các điểm nóng cháy có tiềm năng trong khi có thể không có đám cháy thật đang diễn ra. Những điểm lân cận xung quanh hợp lệ nằm trong một khung cửa sổ chứa điểm nóng cháy tiềm năng được xác định và được sử dụng để ước tính một giá trị nền. Cửa sổ bắt đầu như một điểm hình vuông 3x3 pixel bao xung quanh điểm nóng cháy tiềm năng. Sự bao xung quanh có thể lớn lên đến tối đa là 21x21 pixel nếu cần thiết, đến khi ít nhất 25% những điểm ảnh trong khung cửa sổ được cho là hợp lệ và số lượng những điểm ảnh hợp lệ ít nhất là 8. Do vậy, có thể dữ liệu một số điểm dị thường nhiệt sẽ xảy ra hiện tượng nhiệt độ thấp nhưng chỉ số confidence tương đối cao và ngược lại (nền của những điểm nóng cháy được xác định là có  $T_4 > 325K$  và  $\Delta T > 20K$  cho sự quan sát ban ngày hoặc  $T_4 > 310K$  và  $\Delta T > 10K$  cho sự quan sát về đêm).

#### ***3.1.4. Kết quả kiểm chứng khả năng phát hiện cháy rừng từ ảnh vệ tinh MODIS***

Trên cơ sở kết quả ứng dụng thuật toán của Louis Giglio và cộng sự phát triển năm 2003 dựa trên thuật toán gốc của Kaufman năm 1993 để trích xuất điểm dị thường nhiệt bằng việc sử dụng ảnh vệ tinh Modis, Tác giả đã tiến hành kiểm chứng khả năng phát hiện cháy rừng bằng những nội dung: (i) khả năng phát hiện điểm dị thường nhiệt bằng ảnh vệ tinh Modis trên cơ sở các vụ cháy rừng đã diễn ra trong quá khứ; (ii) phân tích và xác định ngưỡng cấp độ sáng ( $brightness_{T_4}$ ) và giá trị độ lệch ( $\Delta T$ ) của các vụ cháy rừng trong quá khứ, trên cơ sở đó đề xuất được ngưỡng của 2 giá trị này tại Việt Nam; (iii) Loại trừ các

điểm dị thường nhiệt không nằm trong rừng để tăng chất lượng thông tin cảnh báo cháy rừng ở Việt Nam. Kết quả như sau:

#### *3.1.4.1. Kiểm chứng khả năng phát hiện cháy rừng từ ảnh vệ tinh Modis*

Để xác định được khả năng phát hiện các điểm dị thường nhiệt từ ảnh vệ tinh Modis với các điểm cháy rừng trong quá khứ, Tác giả đã sử dụng tư liệu 100 vụ cháy rừng đã xảy ra trong quá khứ tại tỉnh Lào Cai, Hòa Bình, Kon Tum và TP. Đà Nẵng do Cục Kiểm lâm cung cấp để xác định tỷ lệ trùng khớp dữ liệu cháy thực tế với các điểm dị thường nhiệt theo thời gian tương ứng. Bằng việc ứng dụng công nghệ GIS để chồng ghép và phân tích đã cho kết quả như sau [5]:



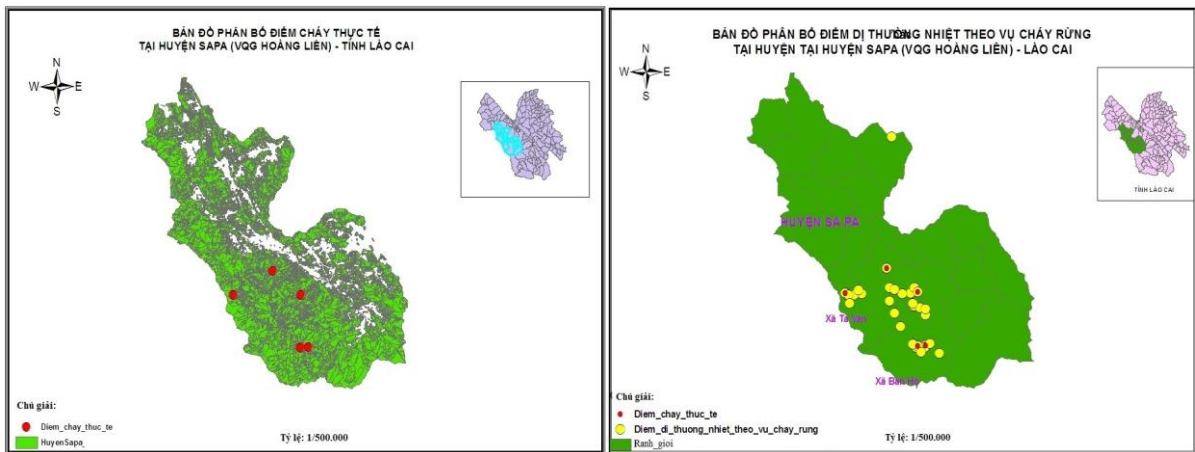
Hình 3.11. Vụ cháy rừng ngày 20/2/2010 tại xã Tả Van, VQG Hoàng Liên lúc 12h10 (nguồn: báo điện tử Dân trí).



Hình 3.12. Vụ cháy rừng ngày 4/8/2016 tại xã Thượng Lộc và Đồng Lộc, huyện Can Lộc, Hà Tĩnh (nguồn: báo điện tử Hà Tĩnh).

Bảng 3.13. Tổng hợp kết quả các điểm cháy thực tế có điểm dị thường nhiệt

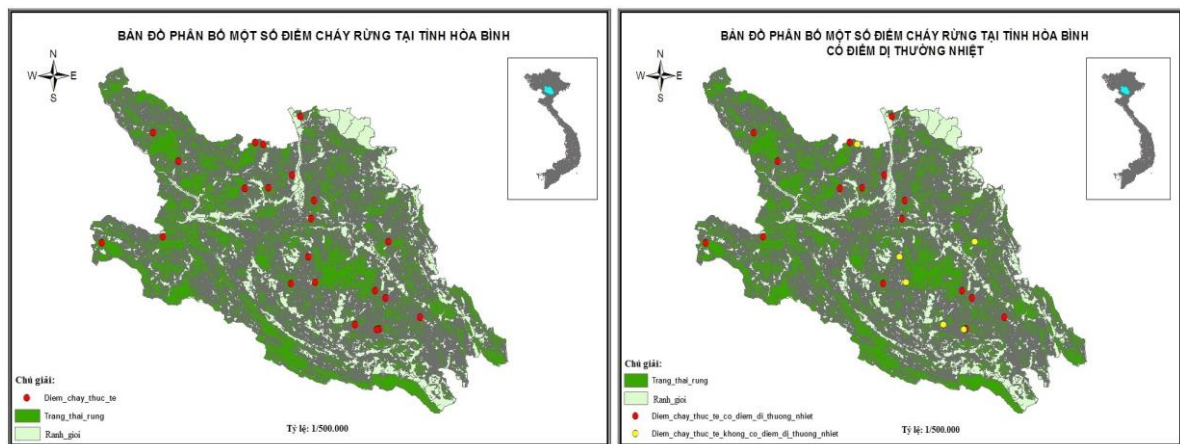
TT	Tỉnh/TP	Tổng số điểm cháy thực tế	Số điểm cháy thực tế có dị thường nhiệt		Số điểm cháy thực tế không có điểm dị thường nhiệt	
			Số điểm	Tỷ lệ (%)	Số điểm	Tỷ lệ (%)
1	Hòa Bình	24	18	75,00	06	25,00
2	Hà Tĩnh	46	31	67,39	15	32,61
3	Đà Nẵng	25	17	68,00	08	32,00
4	Lào Cai	5	5	100	0,0	0,0
	<b>Tổng</b>	<b>100</b>	<b>71</b>	<b>71,00</b>	<b>29</b>	<b>29,00</b>



a

b

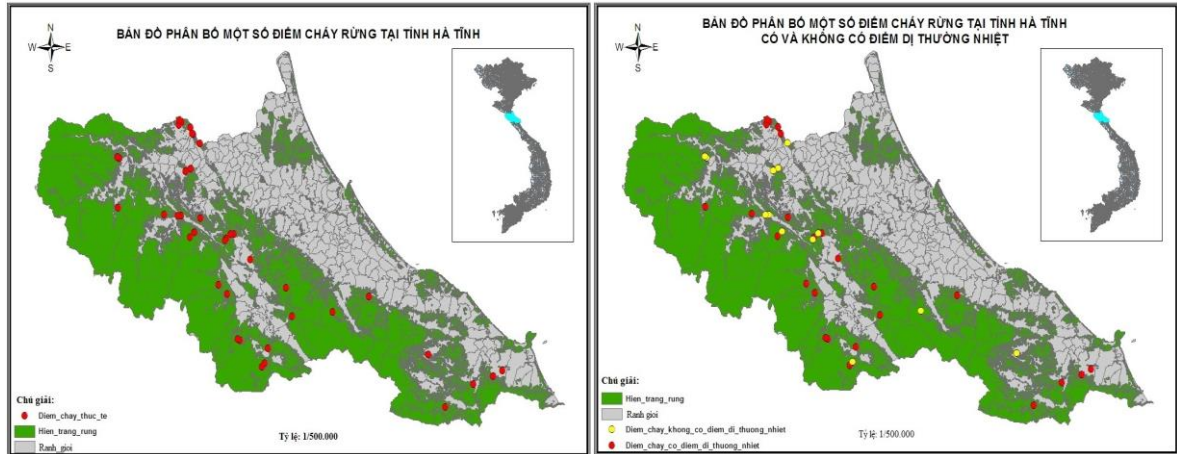
Hình 3.13. a) Bản đồ mô tả điểm cháy rừng tế và b) điểm cháy thực tế có điểm dị thường nhiệt tại, VQG Hoàng Liên, tỉnh Lào Cai



a

b

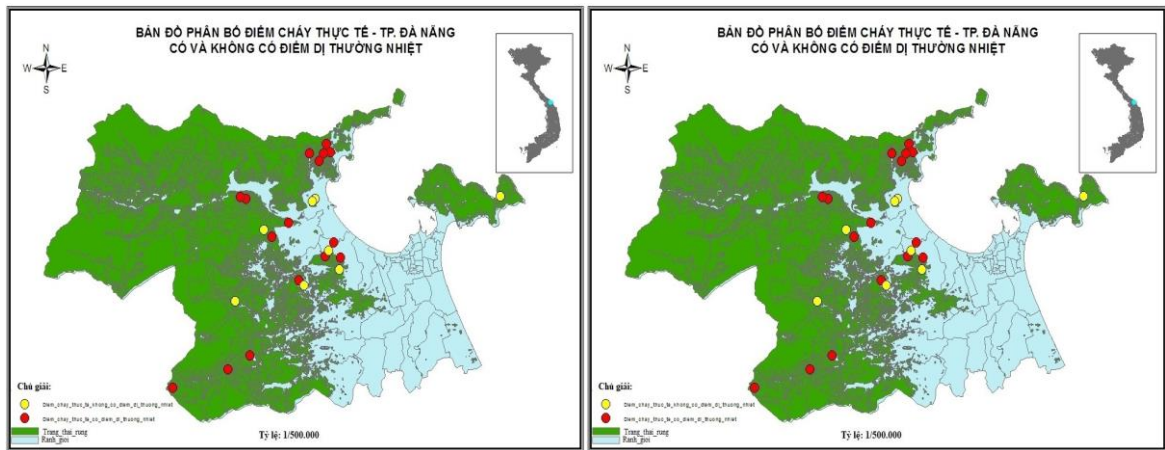
Hình 3.14. a) Bản đồ mô tả điểm cháy rừng tế và b) điểm cháy thực tế có điểm dị thường nhiệt tại tỉnh Hòa Bình



a

b

Hình 3.15. a) Bản đồ mô tả điểm cháy rừng tế và b) điểm cháy thực tế có điểm dị thường nhiệt tại tỉnh Hà Tĩnh



a

b

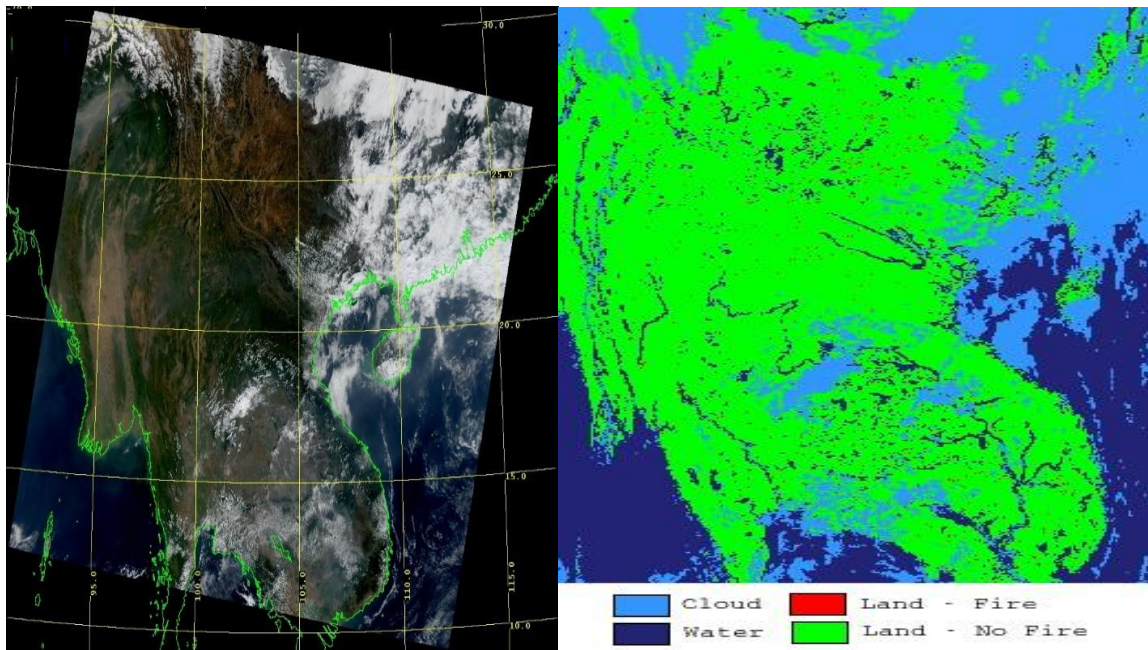
Hình 3.16. a) Bản đồ mô tả điểm cháy rừng tế và b) điểm cháy thực tế có điểm dị thường nhiệt tại TP. Đà Nẵng

Kết quả tổng hợp ở bảng 3.13 và hình 3.13 đến hình 3.16 cho thấy 100 vụ cháy rừng thực tế trong quá khứ thì có 71 vụ có điểm dị thường nhiệt, cụ thể: tỉnh Hòa Bình là 18/24 vụ (đạt 75%), tỉnh Hà Tĩnh là 31/46 vụ (đạt 67,4%), TP. Đà Nẵng là 17/25 vụ (đạt 68%) và đặc biệt là tỉnh Lào Cai 5/5 vụ cháy rừng kiểm tra đều có điểm dị thường nhiệt xuất hiện (đạt 100%), sở dĩ tỷ lệ tại tỉnh Lào Cai cao như vậy là 5 vụ cháy rừng được kiểm tra đều diễn ra tại Vườn Quốc gia Hoàng Liên với qui mô lớn và kéo dài trong nhiều ngày, diện tích thiệt hại đến hàng trăm ha và thậm chí là hàng nghìn ha như vụ cháy năm 2010. Nhìn



chung, qua kết quả kiểm tra sự xuất hiện của điểm dị thường nhiệt tại 4 tỉnh/TP cho thấy trong 100 vụ cháy rừng trong quá khứ dùng để kiểm chứng thì có 71 vụ cháy rừng có xuất hiện các điểm dị thường nhiệt (chiếm 71%). Điều này đã chứng tỏ khả năng trích xuất các điểm dị thường nhiệt của thuật toán là tương đối tốt, có thể ứng dụng để phát hiện cháy rừng ở nước ta.

Mặt khác, với tỷ lệ 29% các vụ cháy rừng trong quá khứ đưa vào kiểm tra không có điểm dị thường nhiệt có thể do nhiều nguyên nhân khác nhau; độ tin cậy của vụ cháy do các địa phương báo cáo về Cục Kiểm lâm (thời gian xảy ra cháy, diện tích, qui mô, ...), hoặc chu kỳ bay chụp của vệ tinh (khi vệ tinh bay qua chưa xuất hiện đám cháy hoặc đã cháy xong vệ tinh mới bay qua vùng cháy), hoặc qui mô đám cháy chưa đủ lớn để hệ thống phát hiện...



Hình 3.17. Cảnh ảnh cháy VQG Hoàng Liên ngày 8/2/2010

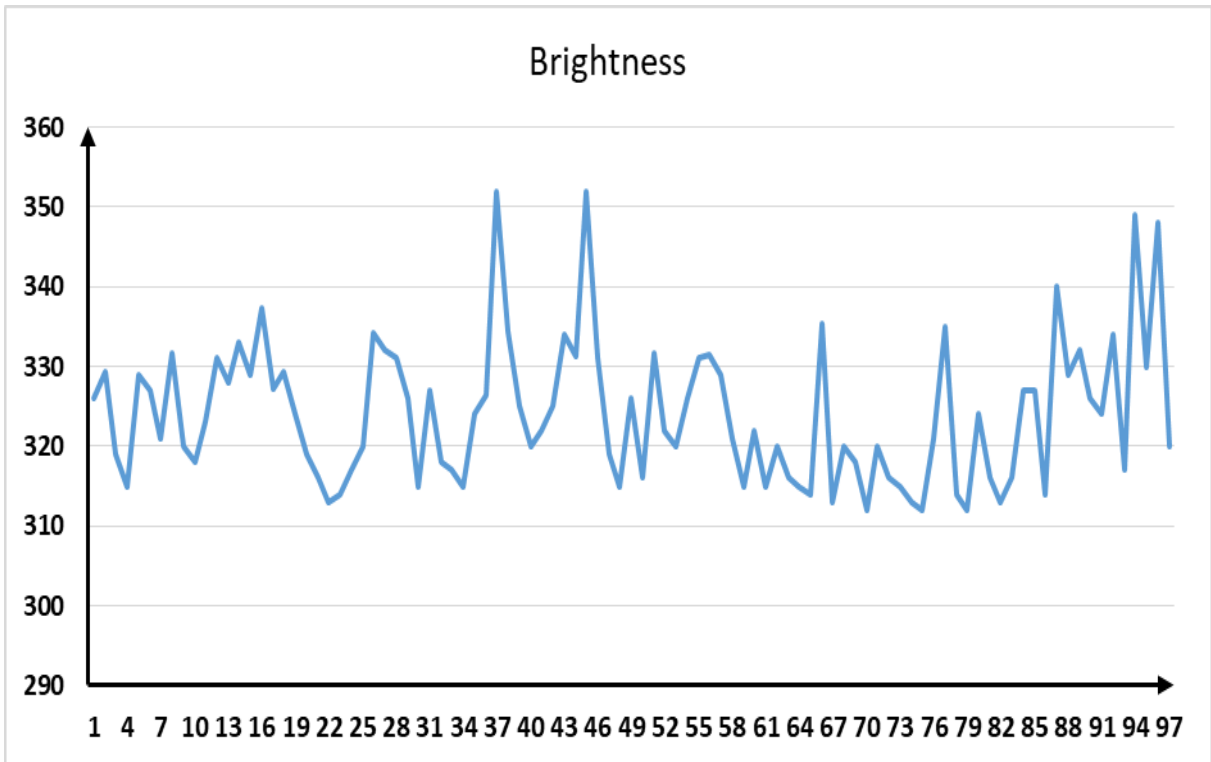
#### 3.1.4.2. Kết quả xác định ngưỡng cấp độ sáng ( $Brightness_{T4}$ ) và giá trị $\Delta T$ theo các vụ cháy rừng trong quá khứ

Trên cơ sở 71 vụ cháy rừng đã diễn ra trong quá khứ được xác định là có điểm dị thường nhiệt, Tác giả tiến hành tổng hợp và phân tích để xác định giá trị cấp độ sáng và độ lệch  $\Delta T$  theo ngưỡng của thuật toán, đồng thời đây cũng là cơ sở quan trọng để xác định ngưỡng giá trị này ở Việt Nam.

Kết quả trích xuất cấp độ sáng và giá trị  $\Delta T$  được mô tả trong biểu 3.15 như sau:

Bảng 3.14. Bảng tổng hợp giá trị cấp độ sáng và giá trị độ lệch ( $\Delta T$ ) các vụ cháy trong quá khứ

Giá trị	Tỉnh/Thành phố			
	Đà Nẵng	Hà Tĩnh	Hòa Bình	Lào Cai
Brightness_T <sub>4</sub> (K)	315-337	313-352	314-335	312-349
Bright_T <sub>31</sub> (K)	280-305	278-308	283-306	282-303
$\Delta T$ (K)	20-49	22-49	11-43	16-62



Hình 3.18. Biểu đồ mô tả ngưỡng cấp độ sáng (Brightness\_T<sub>4</sub>) và giá trị  $\Delta T$

Từ kết quả 71 vụ cháy rừng trong quá khứ trên cho thấy: giá trị cấp độ sáng (Brightness\_T<sub>4</sub>) đạt từ trên 312K trở lên và giá trị cao nhất là 352K (bảng 3.15), với giá trị này thì thuật toán hoàn toàn xử lý được ở kênh T<sub>4</sub> mà chưa cần thay thế bởi kênh phổ khác (giá trị bão hòa của kênh 21 $\mu$ m bão hòa ở giá trị gần 500K). Giá trị này thể hiện rất rõ ở 05 vụ cháy rừng diễn ra trong quá khứ tại Vườn Quốc gia Hoàng Liên (với 31 điểm dị thường khác nhau đều cho giá trị

nằm khoảng 312K đến 348K), đặc biệt là vụ cháy rừng qui mô lớn vào từ ngày 8/2/2010 đến 13/2/2010 cũng chỉ phát hiện được một điểm dị thường duy nhất có giá trị cấp độ sáng là 348K vào ngày 12/2/2010.

Giá trị  $\Delta T$  là giá trị cấp độ sáng kênh  $T_4$  - cấp độ sáng kênh  $T_{11}$ ; giá trị  $\Delta T$  trong 71 vụ cháy rừng trong quá khứ đều đạt ở giá trị từ 11K đến 62K (bảng 3.15).

Với các giá trị của kênh  $T_4$  và  $\Delta T$  đều thỏa mãn điều kiện của thuật toán khi xác định một điểm cháy đang hoạt động: Một điểm ảnh ban ngày được xác định là một điểm cháy tiềm năng nếu thỏa mãn điều kiện:  $T_4 > 310K$ ,  $\Delta T > 10K$  &  $p_{0.86} < 0.3$ . Với những điểm ban đêm nếu thỏa mãn điều kiện:  $T_4 > 305K$ ,  $\Delta T > 10K$  &  $p_{0.86} < 0.3$ . Những điểm không thỏa mãn thử nghiệm sơ bộ này có thể phân loại ngay thành những điểm không cháy.

Với những giá trị của kênh  $T_4$  và giá trị  $\Delta T$  nêu trên, có thể khẳng định rằng giá trị cấp độ sáng ( $brightness_{T_4}$ ) của những vụ cháy rừng hoặc những điểm dị thường nhiệt ở Việt Nam đạt từ 310K và giá trị về độ lệch  $\Delta T$  là từ 10K trở lên theo ngưỡng đầu vào của thuật toán.

### ***3.1.5. Kết quả loại trừ điểm dị thường nhiệt không nằm trong rừng***

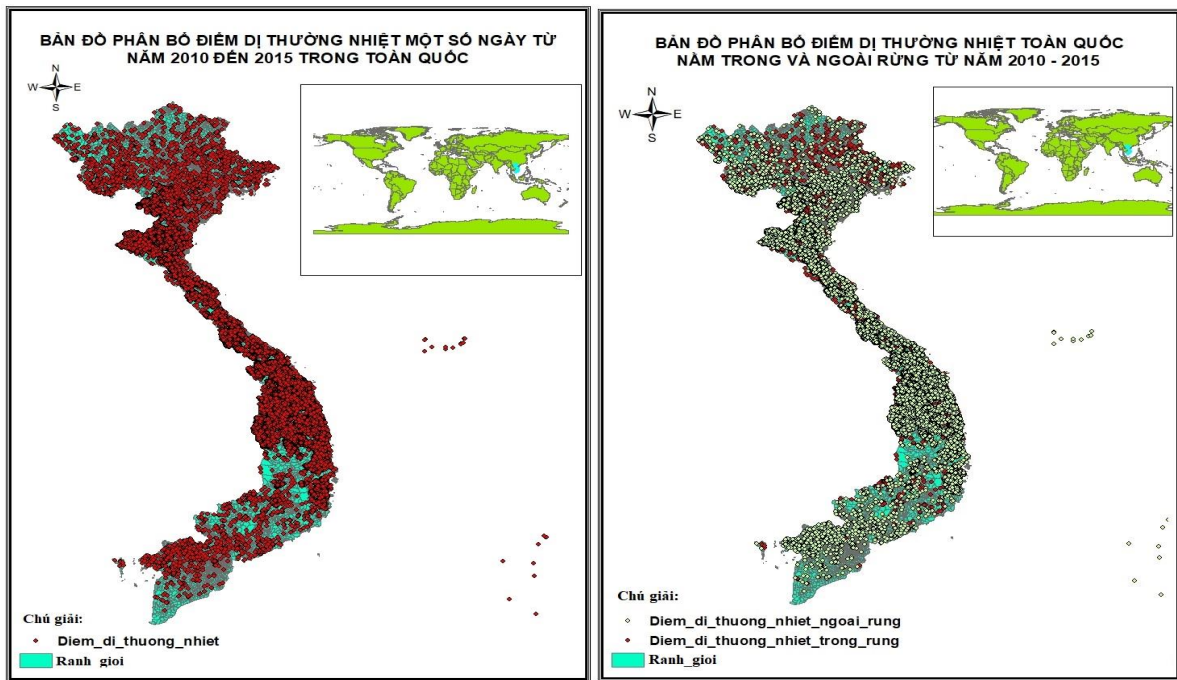
Để xác định các điểm dị thường nhiệt có phải là điểm cháy rừng hoặc là nơi có nguy cơ cháy rừng hay không hay là thuộc những vùng đất trống, khu công nghiệp, nhà máy, khu đô thị,... Tác giả tiến hành loại bỏ các điểm dị thường nhiệt không nằm trong rừng nhằm nâng cao chất lượng thông tin cảnh báo cho nhà quản lý cũng như chủ rừng có phương án phòng và chữa cháy rừng kịp thời.

Trên cơ sở dữ liệu điểm dị thường nhiệt được trích xuất từ thuật toán của Louis Giglio và cộng sự phát triển năm 2003 dựa trên thuật toán gốc của Kaufman năm 1993 đã trình bày trong phần phương pháp nghiên cứu, Tác giả tiến hành sử dụng công cụ ArcGis 10.4.1 và Mapinfor 11.0 để trích xuất các điểm dị thường nhiệt nằm trong và không nằm trong đất rừng trên cơ sở chồng ghép dữ liệu kiểm kê rừng toàn quốc với dữ liệu các điểm dị thường nhiệt, kết quả cụ thể như sau:

Bảng 3.15. Kết quả lọc điểm dị thường nhiệt theo hiện trạng rừng

STT	Tỉnh/Thành phố	Mã tỉnh	Tổng số điểm dị thường nhiệt	Số điểm dị thường nhiệt trong rừng		Số điểm dị thường nhiệt ngoài rừng	
				Số điểm	Tỷ lệ (%)	Số điểm	Tỷ lệ (%)
1	Hà Nội	1	307	5	1.63	302	98.37
2	Hà Giang	2	681	540	79.30	141	20.70
3	Cao Bằng	4	754	686	90.98	68	9.02
4	Bắc Kạn	6	734	687	93.60	47	6.40
5	Tuyên Quang	8	738	681	92.28	57	7.72
6	Lào Cai	10	1078	827	76.72	251	23.28
7	Điện Biên	11	12879	11157	86.63	1722	13.37
8	Lai Châu	12	6684	5457	81.64	1227	18.36
9	Sơn La	14	10252	7882	76.88	2370	23.12
10	Yên Bái	15	969	809	83.49	160	16.51
11	Hoà Bình	17	537	450	83.80	87	16.20
12	Thái Nguyên	19	318	263	82.70	55	17.30
13	Lạng Sơn	20	840	761	90.60	79	9.40
14	Quảng Ninh	22	1671	761	45.54	910	54.46
15	Bắc Giang	24	432	296	68.52	136	31.48
16	Phú Thọ	25	398	321	80.65	77	19.35
17	Vĩnh Phúc	26	242	12	4.96	230	95.04
18	Bắc Ninh	27	234	3	1.28	231	98.72
19	Hải Dương	30	109	9	8.26	100	91.74
20	Hải Phòng	31	55	7	12.73	48	87.27
21	Hưng Yên	33	198	0	0.00	198	100.00
22	Thái Bình	34	82	0	0.00	82	100.00
23	Hà Nam	35	108	2	1.85	106	98.15
24	Nam Định	36	31	0	0.00	31	100.00
25	Ninh Bình	37	49	5	10.20	44	89.80
26	Thanh Hoá	38	1850	1540	83.24	310	16.76
27	Nghệ An	40	5609	4870	86.82	739	13.18
28	Hà Tĩnh	42	736	584	79.35	152	20.65
29	Quảng Bình	44	1257	1088	86.56	169	13.44
30	Quảng Trị	45	1798	1488	82.76	310	17.24
31	Thừa Thiên Huế	46	953	772	81.01	181	18.99

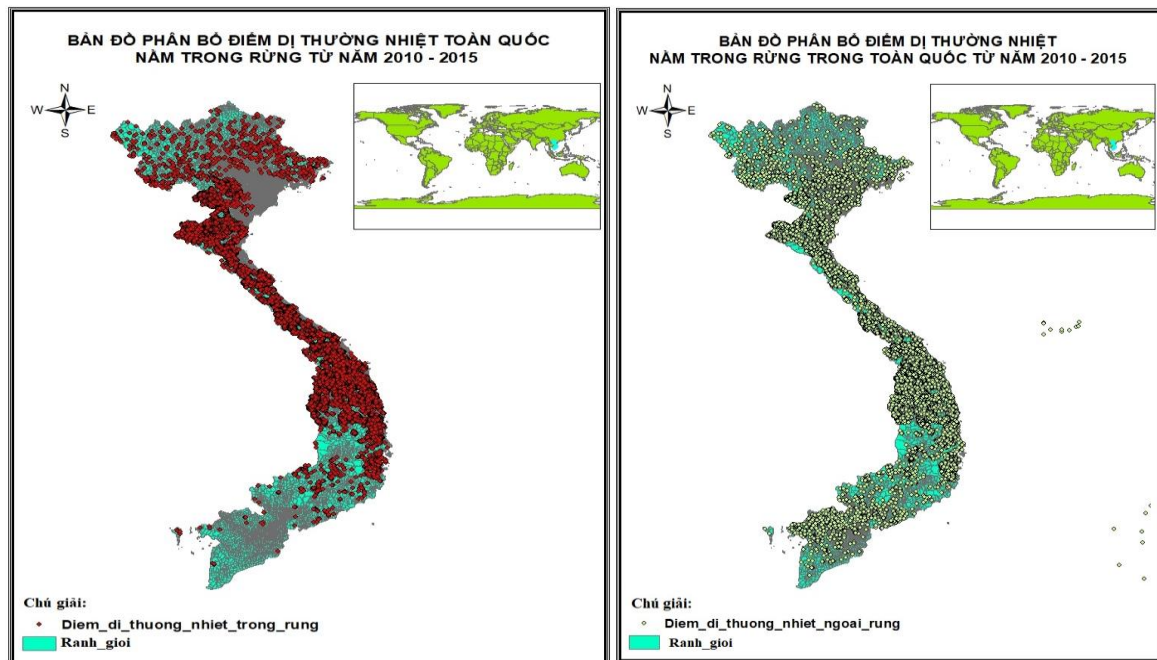
32	Đà Nẵng	48	274	142	51.82	132	48.18
33	Quảng Nam	49	5365	4347	81.03	1018	18.97
34	Quảng Ngãi	51	2968	2528	85.18	440	14.82
35	Bình Định	52	2039	1704	83.57	335	16.43
36	Phú Yên	54	1692	1153	68.14	539	31.86
37	Khánh Hoà	56	1909	1057	55.37	852	44.63
38	Ninh Thuận	58	999	698	69.87	301	30.13
39	Bình Thuận	60	1799	830	46.14	969	53.86
40	Kon Tum	62	10539	9218	87.47	1321	12.53
41	Gia Lai	64	8664	6842	78.97	1822	21.03
42	Đắk Lắk	66	7643	6653	87.05	990	12.95
43	Đắk Nông	67	6136	4531	73.84	1605	26.16
44	Lâm Đồng	68	3564	2808	78.79	756	21.21
45	Bình Phước	70	1840	1222	66.41	618	33.59
46	Tây Ninh	72	893	51	5.71	842	94.29
47	Bình Dương	74	859	29	3.38	830	96.62
48	Đồng Nai	75	1502	327	21.77	1175	78.23
49	Bà Rịa - Vũng Tàu	77	615	101	16.42	514	83.58
50	Hồ Chí Minh	79	447	9	2.01	438	97.99
51	Long An	80	1861	89	4.78	1772	95.22
52	Tiền Giang	82	433	82	18.94	351	81.06
53	Bến Tre	83	79	0	0.00	79	100.00
54	Trà Vinh	84	177	0	0.00	177	100.00
55	Vĩnh Long	86	301	0	0.00	301	100.00
56	Đồng Tháp	87	2185	55	2.52	2130	97.48
57	An Giang	89	2030	58	2.86	1972	97.14
58	Kiên Giang	91	1904	219	11.50	1685	88.50
59	Cần Thơ	92	692	0	0.00	692	100
60	Hậu Giang	93	444	13	2.93	431	97
61	Sóc Trăng	94	450	3	0.67	447	99.33
62	Bạc Liêu	95	362	0	0.00	362	100
63	Cà Mau	96	310	79	25.48	231	74.52
	<b>Tổng</b>		<b>123.558</b>	<b>86.811</b>	<b>70.26</b>	<b>36.747</b>	<b>29.74</b>



a

b

Hình 3.19. a) Phân bố số điểm dị thường nhiệt và b) Phân bố điểm dị thường nhiệt nằm trong và ngoài đất LN từ năm 2010-2015



a

b

Hình 3.20. a) Phân bố số điểm dị thường nhiệt nằm trong đất LN và b) Phân bố điểm dị thường nhiệt nằm ngoài đất LN từ năm 2010-2015

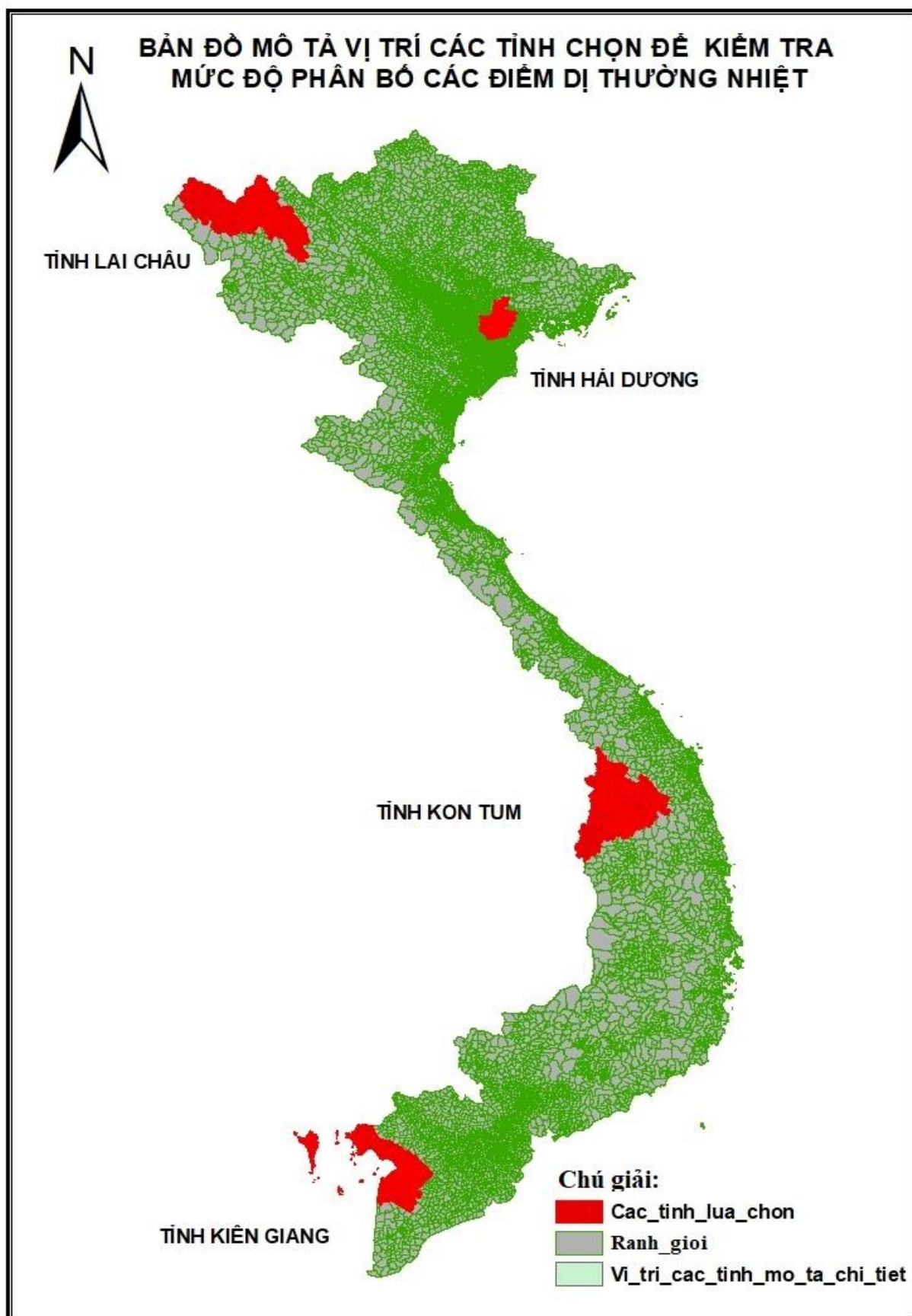
Từ kết quả ở bảng 3.15 và các hình 3.19 và 3.20 cho thấy: Với việc chồng ghép hệ thống bản đồ hiện trạng rừng (kết quả kiểm kê rừng) vào hệ thống cho thấy sẽ loại được 29,74% số điểm dị thường nhiệt không nằm trong diện tích

rừng và đất rừng trong phạm vi toàn quốc. Đặc biệt, một số tỉnh số điểm dị thường nhiệt nằm hoàn toàn ngoài diện tích rừng, vấn đề này tập trung chủ yếu ở một số tỉnh không có diện tích rừng và đất rừng hoặc có những ít, những điểm dị thường này có thể là do phát xạ nhiệt từ các nhà máy, khu công nghiệp, hiệu ứng nhà kính từ khu trung tâm thành phố thuộc khu vực đồng bằng Sông Hồng và đồng bằng Sông Cửu Long.

Kết quả trên cũng cho thấy những điểm dị thường nhiệt nằm trên diện tích đất lâm nghiệp hầu như tập trung chủ yếu ở khu vực Tây Bắc, Miền Trung và Tây Nguyên. Trên thực tế khu vực này là một trong những vùng có nguy cơ cháy rừng cao nhất cả nước, đặc biệt là về mùa khô. Tuy nhiên, như đã trình bày ở trên, những điểm dị thường nhiệt ở chưa chắc đã là vụ cháy rừng đang diễn ra, mà có thể là ở những vị trí đất trống, trảng cỏ cây bụi, núi đá,...trong điều kiện trời nắng nóng, khi lượng nhiệt phát xạ đủ cao theo yêu cầu của thuật toán thì chúng được xác định là một điểm dị thường nhiệt.

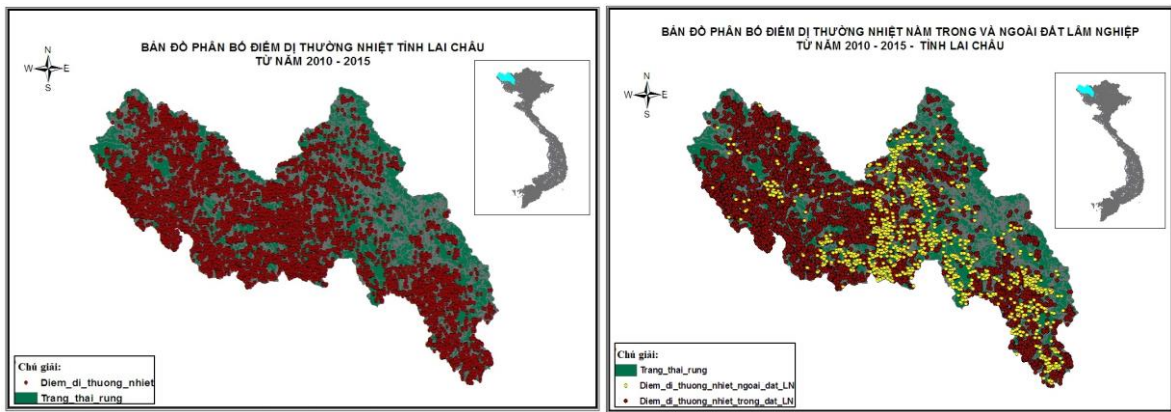
Kết quả này đã giúp cho chủ rừng cũng như nhà quản lý có cơ sở để xác định điểm cháy hoặc có nguy cơ cháy một cách chính xác hơn, từ đó giúp cho nhà quản lý và các bên liên quan có kế hoạch phòng chữa cháy phù hợp, đồng thời kết quả này cũng thể hiện tính ưu việt so với hệ thống đang được vận hành và sử dụng tại Việt Nam.

Để mô tả chi tiết về mức độ phân bố các điểm dị thường nhiệt nằm trong và ngoài diện tích đất lâm nghiệp, tác giả lựa chọn 4 tỉnh (Lai Châu, Hải Dương, Kon Tum và Kiên Giang) để phân tích.



Hình 3.21. Bản đồ vị trí bốn tỉnh lựa chọn để mô tả mức độ phân bố điểm dị thường nhiệt nằm trong và ngoài diện tích đất lâm nghiệp

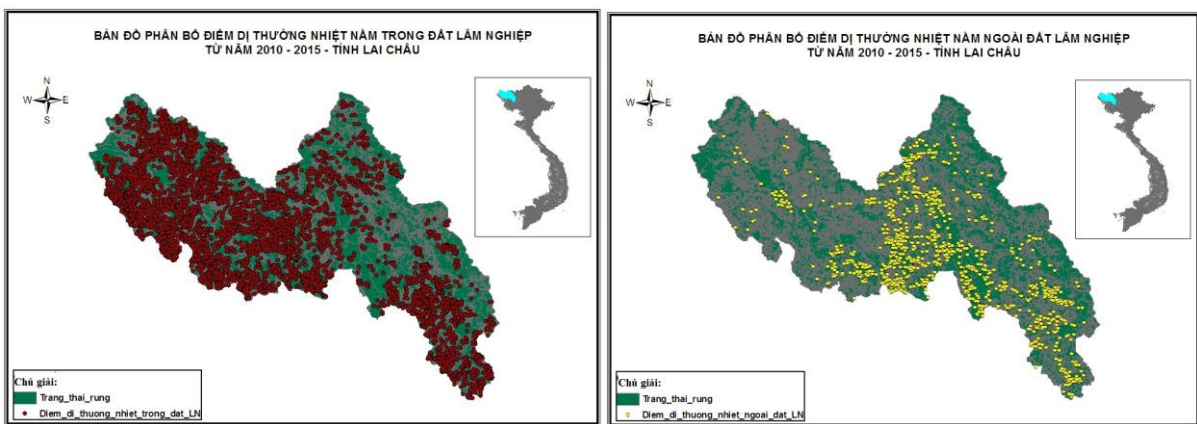




a

b

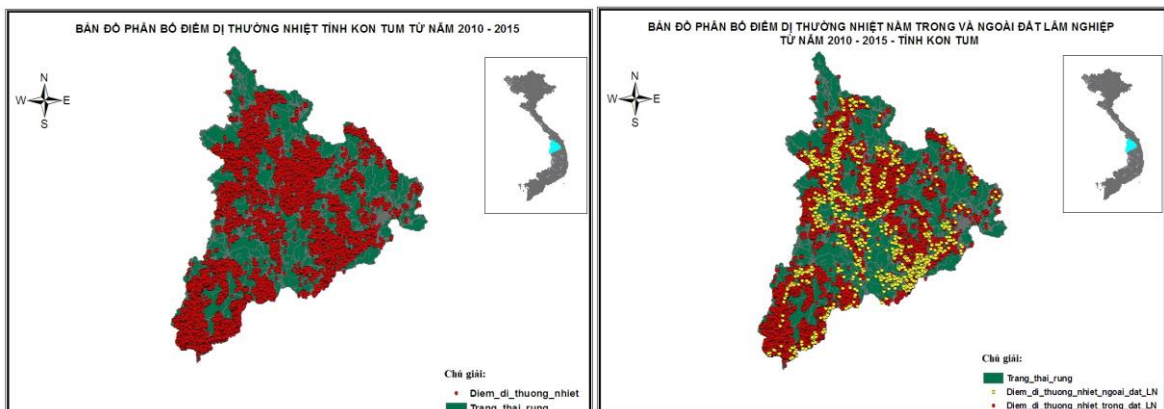
Hình 3.22. a) Phân bố số điểm dị thường nhiệt và b) Phân bố điểm dị thường nhiệt nằm trong và ngoài đất lâm nghiệp từ năm 2010-2015 tỉnh Lai Châu



a

b

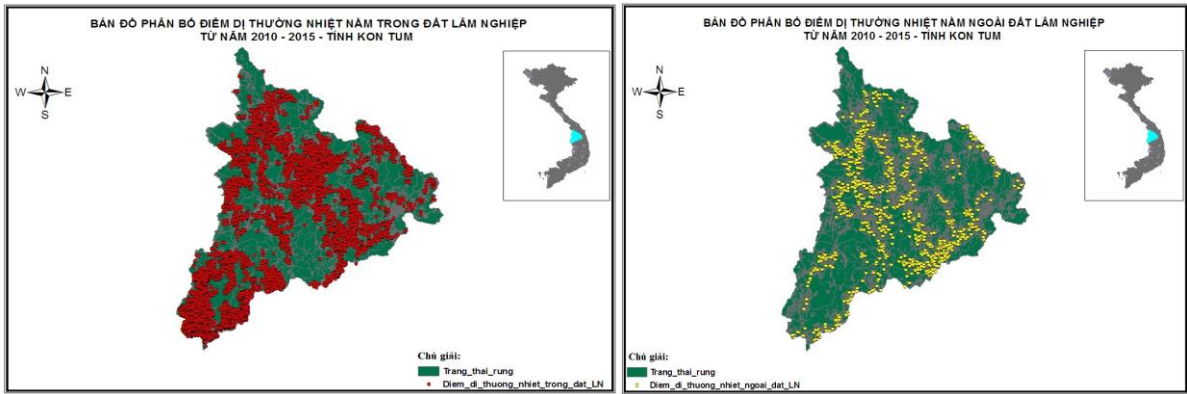
Hình 3.23. a) Phân bố số điểm dị thường nhiệt nằm trong đất LN và b) Phân bố điểm dị thường nhiệt nằm ngoài đất LN từ năm 2010-2015 tỉnh Lai Châu



a

b

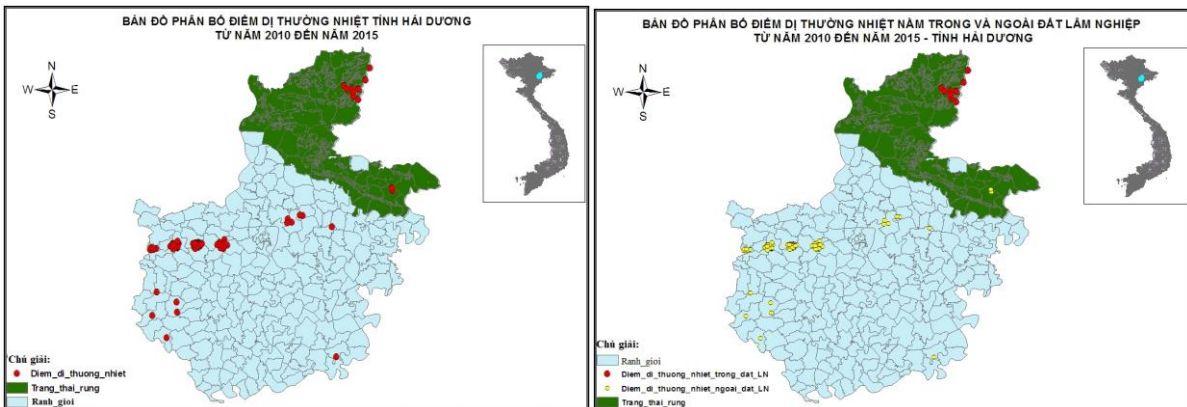
Hình 3.24. a) Phân bố số điểm dị thường nhiệt và b) Phân bố điểm dị thường nhiệt nằm trong và ngoài đất LN từ năm 2010-2015 tỉnh Kon Tum



a

b

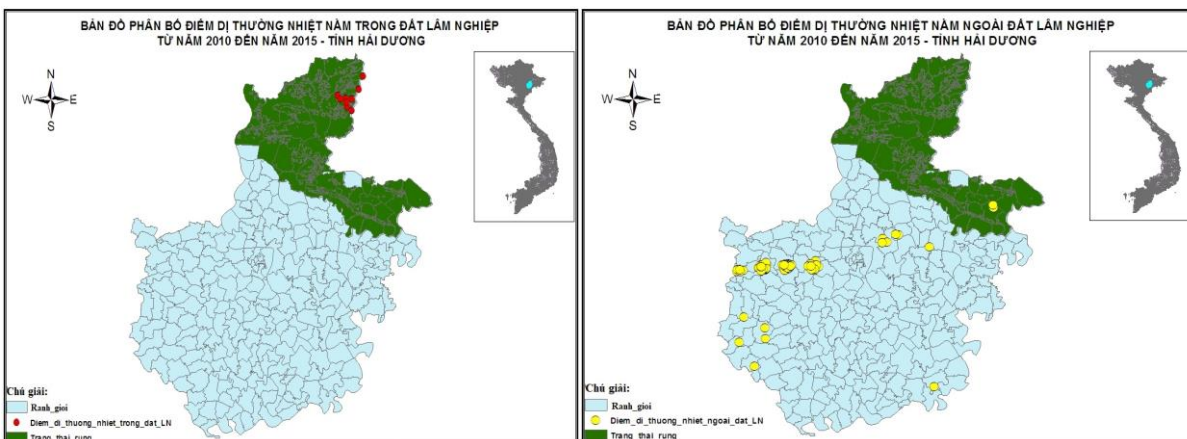
Hình 3.25. a) Phân bố số điểm dị thường nhiệt nằm trong đất LÂM NGHIỆP và b) Phân bố điểm dị thường nhiệt nằm ngoài đất LÂM NGHIỆP từ năm 2010-2015 tỉnh Kon Tum



a

b

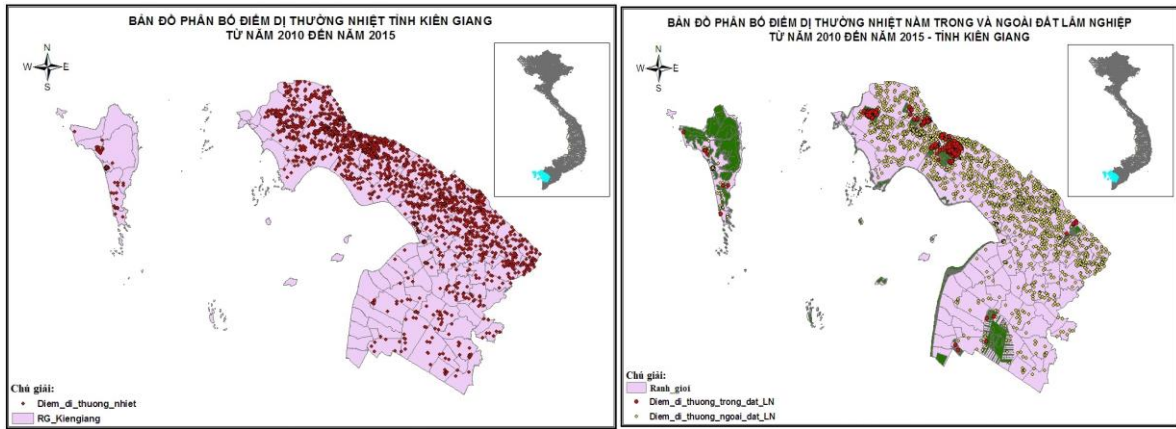
Hình 3.26. a) Phân bố số điểm dị thường nhiệt và b) Phân bố điểm dị thường nhiệt nằm trong và ngoài đất LÂM NGHIỆP từ năm 2010-2015 tỉnh Hải Dương



a

b

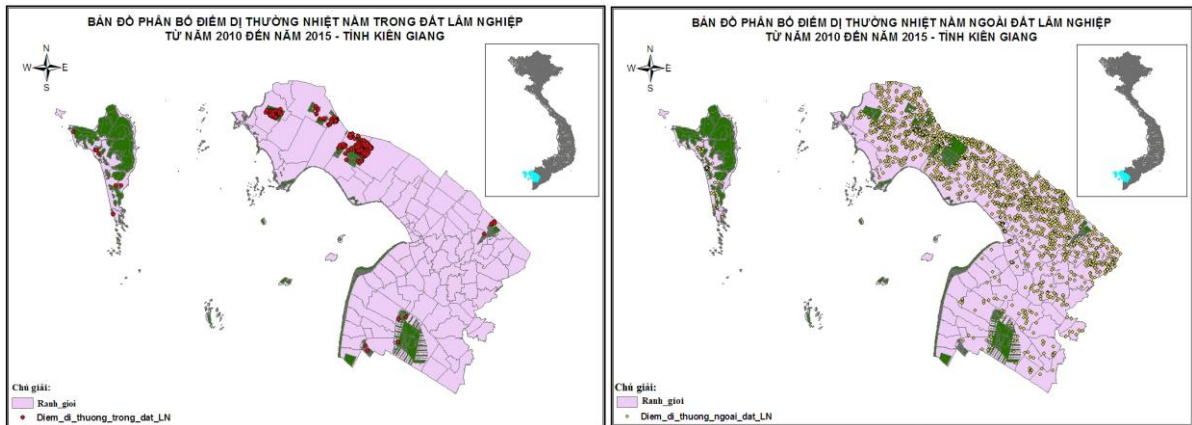
Hình 3.27. a) Phân bố số điểm dị thường nhiệt nằm trong đất LÂM NGHIỆP và b) Phân bố điểm dị thường nhiệt nằm ngoài đất LÂM NGHIỆP từ năm 2010-2015 tỉnh Hải Dương



a

b

Hình 3.28. a) Phân bố số điểm dị thường nhiệt và b) Phân bố điểm dị thường nhiệt năm trong và ngoài đất LN từ năm 2010-2015 tỉnh Kiên Giang



a

b

Hình 3.29. a) Phân bố số điểm dị thường nhiệt năm trong đất LN và b) Phân bố điểm dị thường nhiệt năm ngoài đất LN từ năm 2010-2015 tỉnh Kiên Giang

Kết quả mô tả phân bố các điểm dị thường nhiệt của 4 tỉnh trên cho thấy (hình 3.22 đến 3.29): với những tỉnh có nhiều diện tích đất lâm nghiệp thì điểm dị thường nhiệt năm ngoài chiếm tỷ lệ thấp (tỉnh Lai Châu: 18,32%; tỉnh Kon Tum: 12,50%) và ngược lại tỉnh có diện tích đất lâm nghiệp thấp thì tỷ lệ điểm dị thường nhiệt lại cao (tỉnh Hải Dương: 91,74%; tỉnh Kiên Giang: 88,53%). Việc lọc được những điểm dị thường nhiệt này có ý nghĩa rất lớn trong công tác phòng và chữa cháy rừng hiện nay ở nước ta.

### **3.1.6. Giải pháp kỹ thuật về phát hiện và truyền tin cảnh báo cháy rừng từ ảnh vệ tinh**

#### **3.1.6.1. Giải pháp kỹ thuật về phát hiện cháy rừng**

##### **(1) Thu nhận ảnh**

Ảnh MODIS được cung cấp bởi NASA thông qua phần mềm phát hiện cháy rừng. Phần mềm (*mô tả phần phụ lục*) sẽ tự động download ảnh vệ tinh từ website của NASA (<http://modis.gsfc.nasa.gov/>) và Cục Kiểm lâm Việt Nam để làm tư liệu đầu vào cho việc trích xuất điểm dị thường nhiệt.

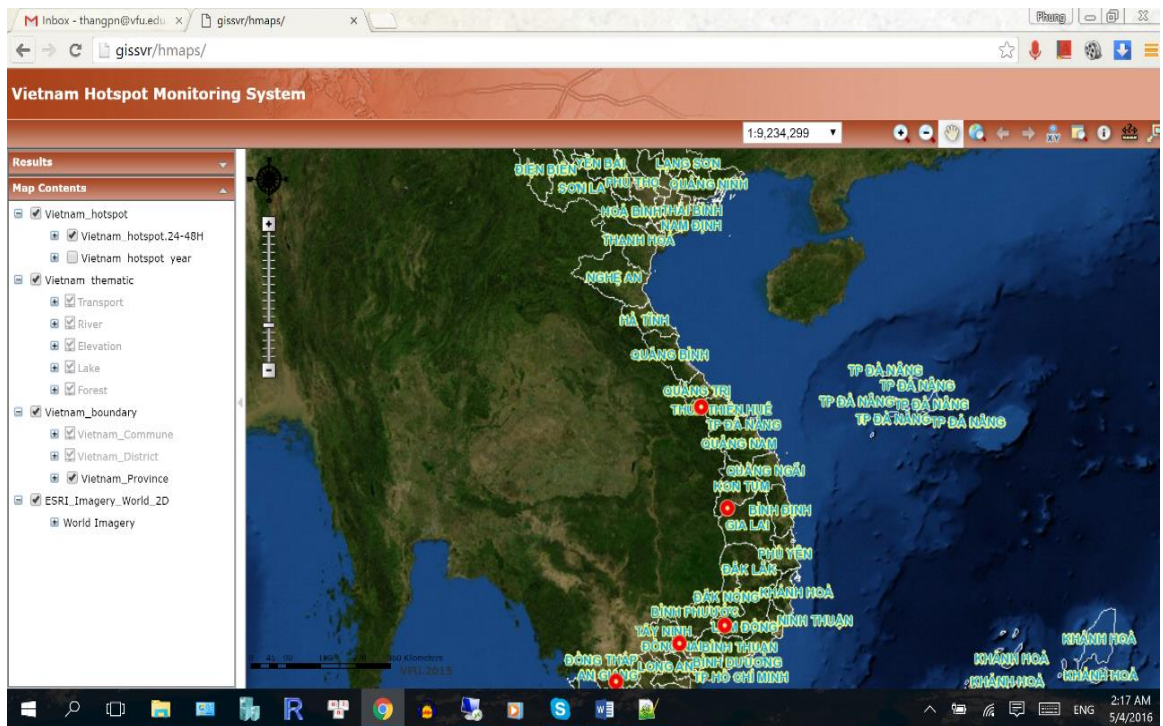
##### **(2) Xử lý dữ liệu và xác định các điểm dị thường nhiệt**

Sau khi máy chủ Server tự động thu dữ liệu MODIS từ vệ tinh qua trạm thu và xử lý đến sản phẩm bức xạ mức 1b (đã được chuẩn hóa và nắn chỉnh hình học), module Vulcan sử dụng thuật toán của Louis Giglio và cộng sự phát triển năm 2003 dựa trên thuật toán gốc của Kaufman năm 1993 tự động xử lý dữ liệu kênh 20, 22 và 31 cùng với ảnh mặt nạ mây để tạo ra dữ liệu cháy dưới dạng ảnh và danh mục các điểm dị thường nhiệt.

Để giảm dung lượng tải về, dung lượng lưu trữ đồng thời giảm thời gian xử lý thông tin trên ảnh, thông tin các cảnh ảnh được mã hóa và xử lý theo một chu trình khép kín hoàn toàn tự động. Kết quả các file chứa các điểm dị thường nhiệt của các cảnh ảnh sẽ được lưu trữ ở định dạng riêng của phần mềm. Các file chứa thông tin điểm dị thường nhiệt được lưu trữ như sau:

```
Reading Hotspots From FIRM System from E:\FIRM\Hotspot_2017008.tha
E:\FIRM\Hotspot_2017008.tha not found ....DONE!
File SouthEast_Asia_MCD14DL_2017008.txt does not exist on server
Reading Hotspots From FIRM System from E:\FIRM\Hotspot_2017007.tha
E:\FIRM\Hotspot_2017007.tha not found ....DONE!
Reading Hotspots From FIRM System from E:\FIRM\Hotspot_2017008.tha
E:\FIRM\Hotspot_2017008.tha not found ....DONE!
```

Các điểm dị thường nhiệt được đưa lên bản đồ googlemaps, loại bỏ những điểm cháy ngoài ranh giới quốc gia, loại bỏ những điểm ngoài biển. Người sử dụng cũng có thể lựa chọn các thông tin khác như: Địa hình, giao thông, sông suối, độ cao, ranh giới hành chính, khu vực có rừng và không có rừng,...



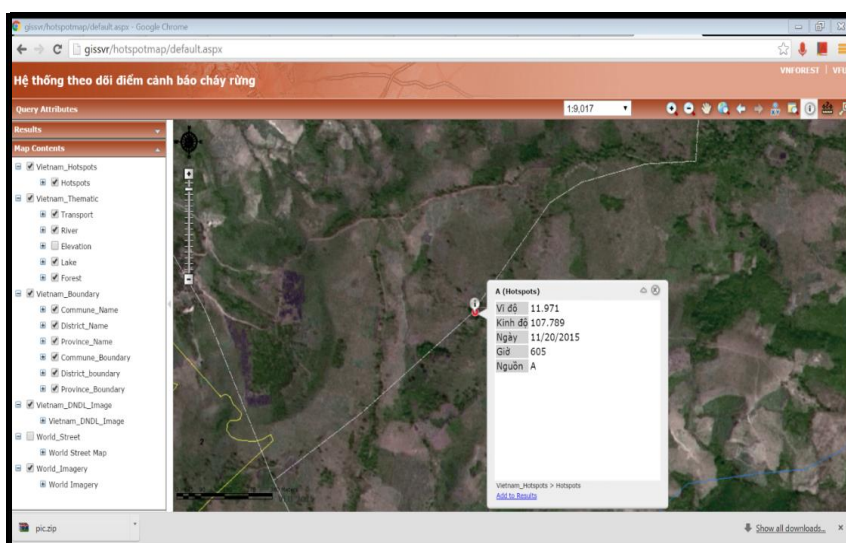
Nguồn: Trần Quang Bảo et al.,

Hình 3.30. Các điểm dị thường nhiệt được đưa lên bản đồ googlemaps [2]

### (3) Loại bỏ các điểm dị thường nhiệt ngoài đất rừng

Sau khi xác định các điểm dị thường tại các khu vực, phần mềm sẽ tự động chồng ghép các điểm dị thường nhiệt với bản đồ kiểm kê rừng của từng tỉnh (dữ liệu kiểm kê rừng toàn quốc). Kết quả cho thông tin chi tiết của các điểm cháy về tên lô, khoảnh, tiểu khu, chủ sở hữu và loại rừng.

Nếu người truy cập cần các thông tin, chỉ cần click vào điểm cháy trên màn hình sẽ cho các thông tin chi tiết về tiểu khu, khoảnh, lô, diện tích lô, địa danh, và tên chủ rừng.



Hình 3.31. Thông tin về tọa độ của điểm dị thường nhiệt

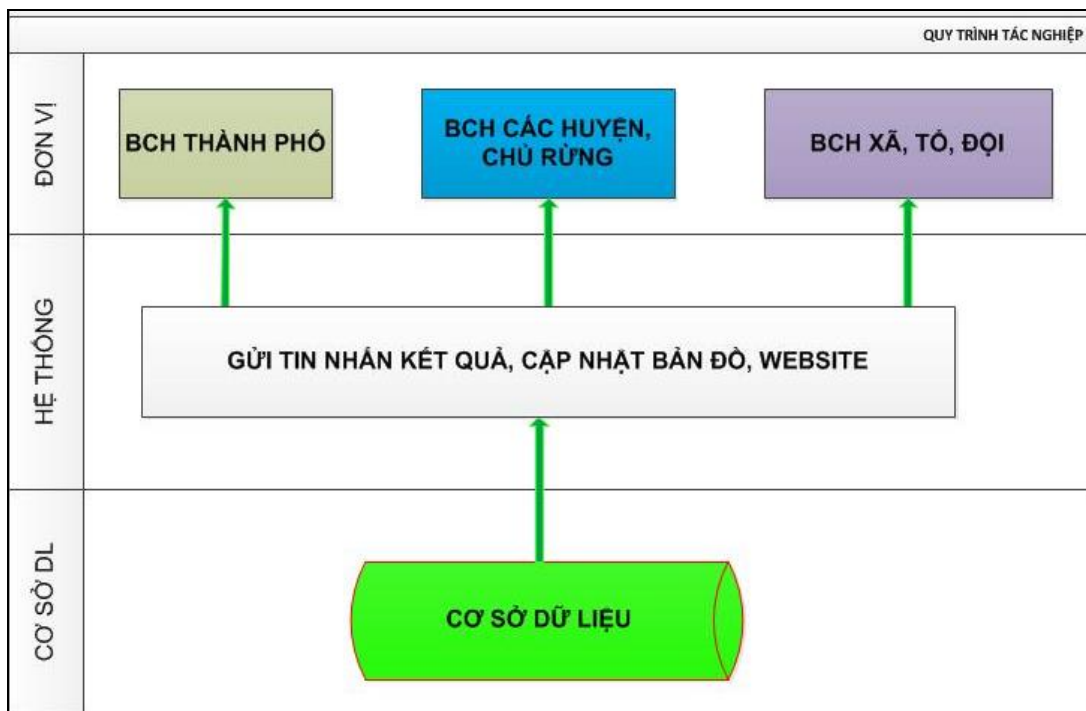
Nguồn: Trần Quang Bảo et al.,

### 3.1.6.2. Giải pháp về truyền tin cảnh báo cháy rừng từ ảnh vệ tinh

Để có các giải pháp ứng phó, nhằm hạn chế tối đa thiệt hại do cháy rừng gây ra. Thông tin cảnh báo được phát đi theo các hình thức sau:

- Tin nhắn SMS đến điện thoại di động.
- Thư điện tử Email.
- Trang tin theo dõi cháy rừng trực tuyến.

Điện thoại và email của các chủ thể quản lý có liên quan được cập nhật lên phần mềm truyền tin. Hàng ngày, nếu có điểm dị thường nhiệt xuất hiện thì hệ thống sẽ tự động truyền thông tin cảnh báo đến các địa chỉ email và số điện thoại đã thiết lập. Ngoài ra thông tin về sự xuất hiện các điểm dị thường nhiệt còn được cập nhật thường xuyên trên trang tin theo dõi cháy rừng trực tuyến. Quy trình truyền tin được mô tả trong hình 3.32 dưới đây.



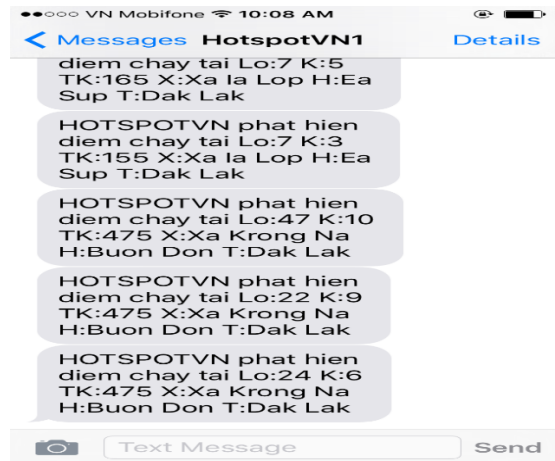
*Nguồn: Trần Quang Bảo et al.,*

Hình 3.32. Quy trình truyền tin cháy rừng từ ảnh vệ tinh

Thông tin về điểm cháy đã được kiểm chứng, chòng ghép các lớp thông tin sẽ được gửi đến các chủ thể quản lý từ đó để có phương án phòng và chữa cháy rừng phù hợp.



a



b

Nguồn: Trần Quang Bảo et al.,

Hình 3.33. Thông tin cảnh báo cháy rừng: a) thông qua email, và b) thông qua tin nhắn SMS

Các thông tin về sự xuất hiện các điểm dị thường nhiệt được cập nhật thường xuyên trên trang theo dõi thông tin cháy rừng trực tuyến.

THÔNG TIN CHÁY XÂY RA TRONG 24 ĐẾN 48 GIỜ QUA		
Dữ liệu cập nhật đến ngày: 7/23/2016		
TT	Tỉnh	Số Điểm
	Totat Quac	14
1	Phu Tho	1
2	Nghé An	1
3	Quảng Ngãi	3
4	Bình Định	1
5	Phu Yên	2
6	Khánh Hòa	3
7	Bình Thuận	1
8	Đàk Lăk	1
9	Đông Nai	1

Nguồn: Trần Quang Bảo et al.,

Hình 3.34. Thông tin điểm dị thường nhiệt được cập nhật lên trang theo dõi cháy rừng trực tuyến

### 3.1.6.3. Giải pháp về cấu trúc hệ thống

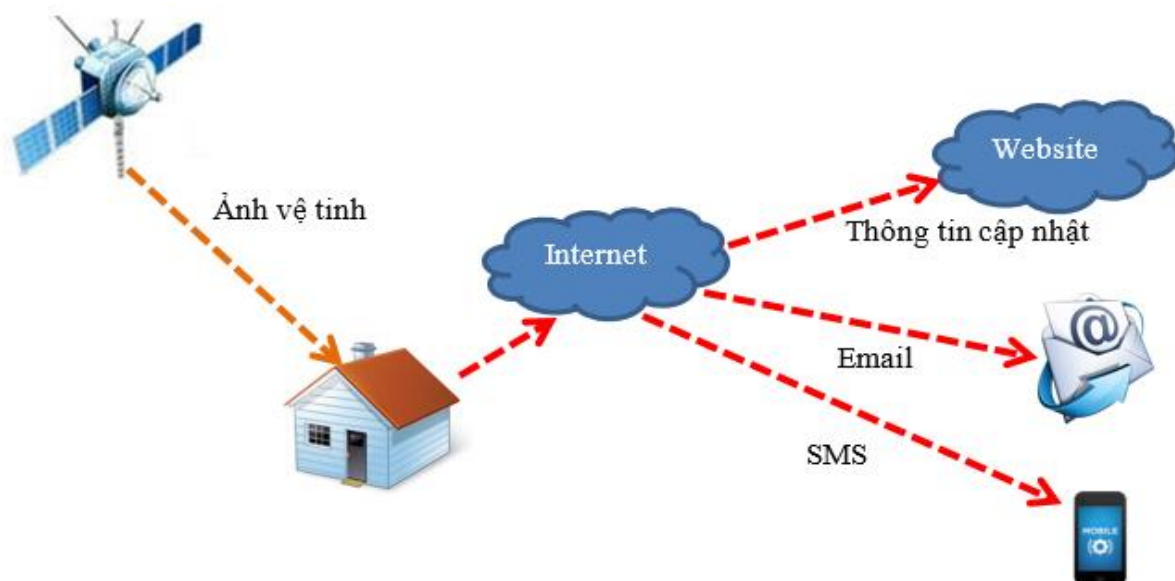
Để vận hành vào thực tiễn, hệ thống cần đảm bảo cấu trúc như sau:

(1) Máy chủ Server: chạy hệ điều hành Windows, có .NET Framework 4.0 trở lên; Microsoft SQL Server 2008, Web sử dụng là IIS 7.0 trở lên; ArcGIS Server 10.5. Máy có kết nối internet.

(2) Phần mềm xử lý trích xuất điểm dị thường nhiệt và truyền tin cháy rừng.

(3) Trạm thu ảnh vệ tinh: sử dụng từ Website của NASA hoặc thu trực tiếp từ Trạm thu của Cục Kiểm lâm.

(4) Hệ thống thiết bị nhận tin cảnh báo: Điện thoại, Tablet, máy tính,...



Hình 3.35. Sơ đồ hệ thống phát hiện và truyền tin cháy rừng từ ảnh vệ tinh Modis

#### 3.1.6.4. Giải pháp về cơ sở dữ liệu

- Ảnh MODIS cung cấp bởi NASA hoặc từ trạm thu của Cục Kiểm lâm.

- Dữ liệu (bản đồ) ranh giới tỉnh của Việt Nam, hệ quy chiếu WGS84.

- Dữ liệu về hệ thống giao thông, thủy văn của Việt Nam, hệ quy chiếu WGS84.

- Dữ liệu (bản đồ) kiểm kê rừng các tỉnh từ năm 2015-2016, chuyển về dạng hệ quy chiếu WGS84.

#### 3.1.6.5. Ưu nhược điểm và điều kiện áp dụng

- Ưu điểm: (i) Các điểm cháy cháy lớn thường được phát hiện kịp thời và đem lại hiệu quả nhất định trong công tác phòng cháy và chữa cháy rừng; (ii) Phát hiện sự bất thường về nhiệt độ (điểm dị thường nhiệt) từ đó có những



khuyến cáo cho các chủ thể liên quan chủ động trong việc phòng và chữa cháy rừng một cách hiệu quả.

- Nhược điểm: (i) Không phát hiện được những đám cháy rừng có diện tích nhỏ kể cả đám cháy đã xuất hiện; (ii) nhiều khi bị nhiễu loạn thông tin từ những điểm dị thường nhiệt không phải là đám cháy (tồn kém nhân lực và vật lực khi phải bố trí theo dõi giám sát những khu vực rừng có cảnh báo xuất hiện điểm dị thường nhiệt nhưng không phải là đám cháy).

- Điều kiện áp dụng: Hệ thống phát hiện và truyền tin cháy rừng từ ảnh vệ tinh ứng dụng để theo dõi và cảnh báo cháy rừng cho phạm vi cả nước trên cơ sở hệ thống được lắp đặt cố định tại một vị trí.

### **3.2. Kết quả khả năng phát hiện cháy rừng từ thiết bị giám sát mặt đất**

Khả năng phát hiện cháy mà đặc biệt là cháy rừng từ thiết bị giám sát mặt đất là hết sức quan trọng, đây là cơ sở để khẳng định khả năng ứng dụng của thuật toán. Để khẳng định vấn đề này NCS đã tiến hành thử nghiệm thuật toán với 2 loại tư liệu đó là: (i) thử nghiệm thuật toán với khung hình Video, và (ii) thử nghiệm thuật toán với khung hình từ máy ảnh kỹ thuật số. Kết quả thử nghiệm như sau:

#### ***3.2.1. Thử nghiệm thuật toán với khung hình Video***

Như đã trình bày trong phần phương pháp nghiên cứu, NCS đã sử dụng 10 đoạn video mẫu. Kết quả được trình mô tả trong bảng 3.17 dưới đây.

Bảng 3.16. Kết quả thử nghiệm của thuật toán với các khung hình Video

Lần thử	Đoạn Video số 1			Đoạn Video số 2			Đoạn Video số 3			Đoạn Video số 4			Đoạn Video số 5			Đoạn Video số 6		
	Phát hiện	Không phát hiện	Tỷ lệ	Phát hiện	Không phát hiện	Tỷ lệ	Phát hiện	Không phát hiện	Tỷ lệ	Phát hiện	Không phát hiện	Tỷ lệ	Phát hiện	Không phát hiện	Tỷ lệ	Phát hiện	Không phát hiện	Tỷ lệ
1	532	3	0.56	180	0	0	49	0	0	24	0	0	130	0	0	154	0	0
2	337	6	1.78	210	1	0.48	65	1	1.54	38	0	0	112	0	0	128	0	0
3	465	22	4.73	191	0	0	51	0	0	39	0	0	168	0	0	153	0	0
4	531	7	1.32	208	1	0.48	39	1	2.56	35	1	2.86	132	0	0	154	0	0
5	531	6	1.13	177	0	0	35	0	0	32	1	3.13	149	0	0	130	0	0
6	531	7	1.32	147	0	0	32	1	3.13	21	0	0	151	0	0	151	0	0
7	401	25	6.23	206	0	0	21	0	0	21	0	0	162	1	0.62	154	0	0
8	332	36	10.84	226	1	0.44	21	0	0	21	0	0	145	0	0	154	0	0
9	216	6	2.78	238	1	0.42	23	0	0	23	0	0	122	0	0	154	0	0
10	314	8	2.55	220	0	0	29	0	0	29	1	3.45	156	1	0.64	154	0	0
<b>TB</b>	<b>419</b>	<b>12.6</b>	<b>3.32</b>	<b>200</b>	<b>0.4</b>	<b>0.18</b>	<b>36.5</b>	<b>0.3</b>	<b>0.72</b>	<b>28.3</b>	<b>0.3</b>	<b>0.94</b>	<b>143</b>	<b>0.2</b>	<b>0.13</b>	<b>149</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Kết quả từ bảng 3.16 cho thấy trong tất cả các khung hình video thử nghiệm đều có tỷ lệ cảnh báo sai tương đối thấp, cụ thể khung hình video số 01 có tỷ lệ cảnh báo sai cao nhất là 3% và đặc biệt khung hình số 6 có tỷ lệ phát hiện sai là 0%, các khung hình video còn lại có tỷ lệ cảnh báo sai từ 0,2 đến 1%. Sở dĩ có sự cảnh báo sai trong các khung hình là do đường giao thông có nhiều phương tiện đi lại, gần máy quay có 1 cành cây lớn gió lay động tương đối mạnh và hình nền mờ; và ngược lại các khung hình video còn lại đều trong trạng thái tĩnh, hình nền rõ hơn, với điều kiện này chứng tỏ việc áp dụng thuật toán cho phát hiện cháy rừng là có cơ sở.

### ***3.2.2. Kết quả thử nghiệm thuật toán đối với khung hình từ máy ảnh kỹ thuật số***

Để thực hiện được nội dung này, NCS tiến hành đốt thử các đám cháy tại Vườn Quốc gia Ba Vì, Vườn Quốc Gia U Minh Thượng, BQL Rừng phòng hộ Hà Nội và Rừng thực nghiệm thuộc Trường ĐH Lâm nghiệp; đồng thời sử dụng máy ảnh kỹ thuật số để chụp các khung hình liên tiếp của các đám cháy làm tư liệu đầu vào cho thuật toán, sau đó ứng dụng thuật toán để xử lý các khung hình. Kết quả xử lý các khung hình của thuật toán được thể hiện ở một số hình ảnh như sau:

Hiệu suất của thuật toán dự định được tính toán dựa trên các đám cháy đốt thử. Hình 3.136 (a1, a2, a3, a4 và b1, b2, b3, b4) là khung hình của các đám cháy đốt thử nghiệm và hình (c1, c2, c3, c4) là các hình ảnh sau khi xử lý.

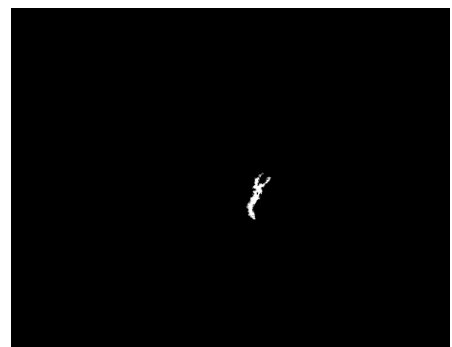
*- Kết quả phát hiện khói*



a1



b1



c1

Đốt thử nghiệm Tại VQG Ba Vì



a2



b2



c2

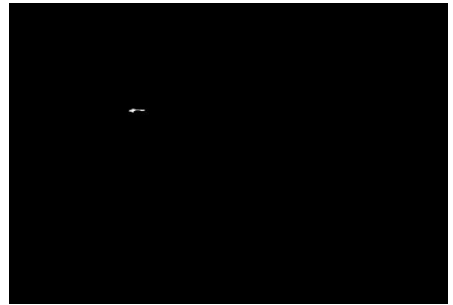
Đám cháy đốt tại BQL Rừng Phòng hộ - Đặc dụng Hà Nội (Sóc Sơn)



a3



b3



c3

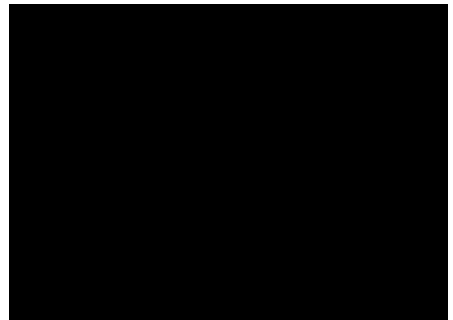
Đám cháy đốt thử nghiệm tại Vườn Quốc gia U Minh Thượng



a4



b4



c4

Đám cháy đốt thử nghiệm tại Vườn Quốc gia U Minh Thượng

Hình 3.36. Khói khói thử nghiệm; (a<sub>i</sub>, b<sub>i</sub>) khung hình liên tiếp; (c<sub>i</sub>) hình ảnh sau xử lý  
- *Kết quả phát hiện lửa (đốt ban đêm)*



a



b



c

Hình 3.37. Sự phát hiện của khối màu lửa thử nghiệm; (a, b) khung hình liên tiếp; (c) hình ảnh sau xử lý.

Thuật toán phát hiện khói, lửa giả định được tính toán theo thuật toán sau khi xử lý các khung hình liên tiếp và kết quả cho hình ảnh phát hiện hoặc không phát hiện. Trường hợp của thuật toán giả định không có khả năng phát hiện khói hoặc lửa bởi vì có rất nhiều lý do khác nhau, nền và màu khói hoặc lửa khá là giống nhau và máy ảnh thì rất xa từ chỗ có khói hoặc lửa như là trong hình 3.37 (a4, b4 và c4).

Từ các kết quả thử nghiệm thuật toán đối với khung hình video và khung hình từ máy ảnh kỹ thuật số nêu trên cho thấy:

- Thuật toán chuyển đổi cosine rời rạc (Discrete Cosine Transform - DCT) của mỗi khối có kích thước  $8 \times 8$  là dữ liệu đầu vào trong xử lý phát hiện khói và lửa từ các đám cháy.

- Các đặc điểm khói, lửa riêng lẻ, chuyển động, màu sắc và thuộc tính giãn nở được phân tích trực tiếp trong miền DCT, nhằm giảm thiểu thời gian và tăng độ chính xác của kết quả tính toán.

- Thuật toán DCT sử dụng các chuỗi video và đốt thử nghiệm, tỷ lệ phát hiện đúng đạt trên 97%. Lý do chủ yếu cho lỗi phát hiện sai là có sự giống nhau của màu sắc giữa nền và khói, khoảng cách xa gần của máy ảnh với đám cháy đốt thử nghiệm.

- Thuật toán xử lý ảnh động JPEG chụp từ máy ảnh kỹ thuật số có thể ứng dụng tốt trong phát hiện sớm cháy rừng ở Việt Nam.

### ***3.2.3. Kết quả đốt thử nghiệm mô hình phát hiện cháy rừng bằng thiết bị quan sát mặt đất***

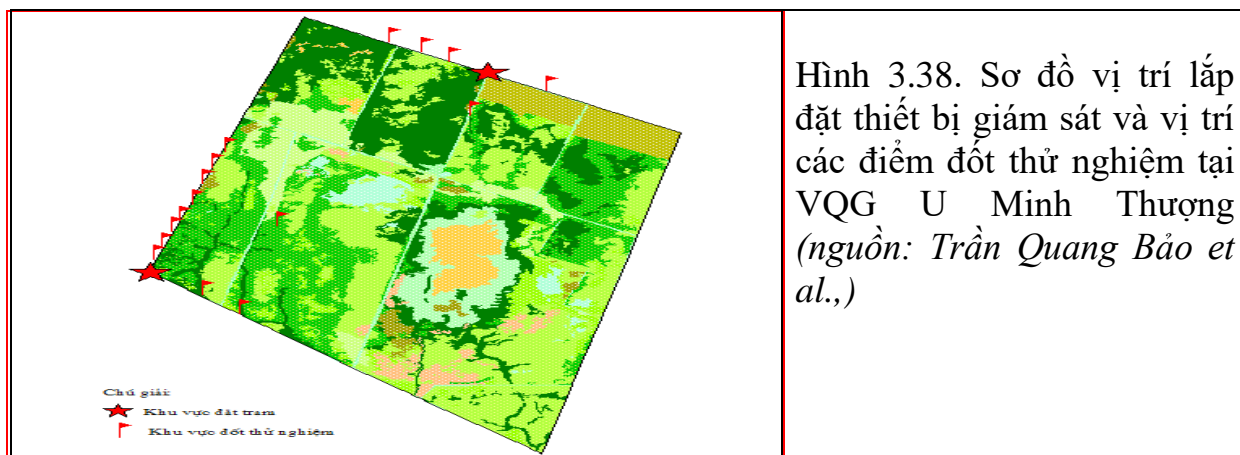
#### ***3.2.3.1. Kết quả đốt thử tại VQG U Minh Thượng***

Vị trí địa lý: VQG U Minh Thượng thuộc tỉnh Kiên Giang có tọa độ địa lý  $9^{\circ}31'16''$  đến  $9^{\circ}39'45''$  vĩ độ Bắc,  $105^{\circ}06'06''$  đến  $105^{\circ}07'59''$  kinh độ Đông. Diện tích tự nhiên của VQG là 21.107ha.

Địa hình, địa thế, địa mạo: VQG U Minh Thượng nằm trong vùng địa hình đồng bằng khá bằng phẳng, độ chênh cao giữa các khu vực không quá 1,5m. Thảm họa cháy rừng năm 2002 và nhiều năm trước đã làm giảm độ cao của lớp than bùn. Diện tích của VQG chủ yếu ở độ cao dưới 1,0m chiếm đến 47,8%, diện tích trên 1,6m chỉ chiếm 6,78%.

VQG U Minh Thượng thuộc kiểu địa mạo đồng lụt kín, ngập nước vào mùa mưa, thời gian ngập từ tháng 5 đến tháng 12. Vào mùa khô phần lớn diện tích đất thiếu nước, cạn kiệt, nứt nẻ.

Tại VQG U Minh Thượng, NCS đặt thiết bị giám sát tại hai khu vực: Chòi quan sát Xáng Mượn và Cây Gòn và đã tiến hành đốt thử nghiệm có kiểm soát 18 điểm với khoảng cách các đám cháy khác nhau. Kết quả như sau:



Hình 3.38. Sơ đồ vị trí lắp đặt thiết bị giám sát và vị trí các điểm đốt thử nghiệm tại VQG U Minh Thượng (nguồn: Trần Quang Bảo et al.,)

Bảng 3.17. Kết quả đốt thử nghiệm tại Vườn Quốc gia U Minh Thượng

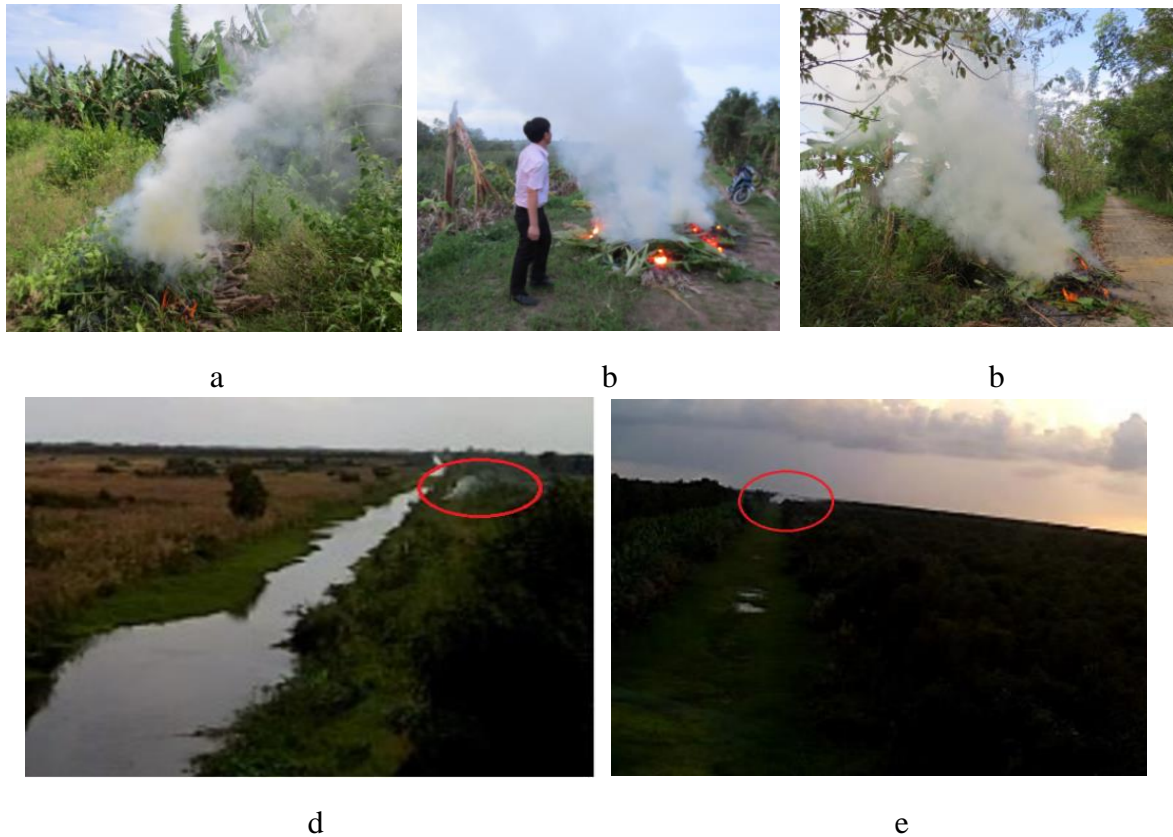
Điểm cháy	Ngày	Giờ	Chiều cao hệ thống quan sát	Khoảng cách	Diện tích đám cháy thực tế	Kích thước (px)	Kết quả phát hiện	Lý do
1	11-Nov	10:56	13 m	1.1km	3		Không	Cây che khuất
2	11-Nov	11:37	13 m	0.6 km	2	735	Có	
3	11-Nov	12:00	13 m	1,3 km	2	260	Có	
4	11-Nov	12:24	13 m	1.5 km	4	245	Có	
5	11-Nov	16:37	13 m	0.5 km	2	1056	Có	
6	11-Nov	17:00	13 m	1.2 km	4	384	Có	
7	11-Nov	17:23	13 m	1.7 km	4	216	Có	
8	11-Nov	18:10	13 m	2.7 km	4		Không	Cây che khuất
9	11-Nov	18.30	13 m	5,2 km	4		Không	Trùng đường chân trời

10	12-Nov	9;04	11 m	2.0 km	3	198	Có	
11	12-Nov	9;23	11 m	2.6 km	3	180	Có	
12	12-Nov	10;13	11 m	2.0 km	4	108	Có	
13	12-Nov	10;16	11 m	2.5 km	4	115	Có	
14	12-Nov	10;52	11 m	3.1 km	4	102	Có	
15	12-Nov	11;23	11 m	4.2 km	4	154	Có	
16	12-Nov	15;17	11 m	1.9 km	4	583	Có	
17	12-Nov	15;55	11 m	2.3 km	4	154	Có	
18	12-Nov	16.40	11 m	5.1 km	4		Không	Trùng đường chân trời

Từ kết quả bảng 3.17 cho thấy: chiều cao để lắp thiết bị giám sát là 11m, 13m và khoảng cách bố trí đốt thử nghiệm thực tế là từ 0,5 đến 5,1km, tổng số điểm đốt thử nghiệm là 18 điểm, trong đó số điểm thiết bị giám sát phát hiện được là 14 và số điểm không phát hiện được là 04 điểm.

Trong số 04 điểm không phát hiện được đám cháy 02 điểm là do chiều cao của cây rừng cao hơn chiều cao của thiết bị giám sát, 02 điểm (ở khoảng cách trên 5000m) do tầm nhìn của thiết bị giám sát trùng với đường chân trời, nên không phát hiện được khói của đám cháy. Kết quả trên cho thấy với một thiết bị giám sát mặt đất ở độ cao từ 11 đến 13m có thể quan sát được đám cháy cách vị trí đặt hệ thống tối đa là 4km, tương đương với diện tích rừng có thể giám sát là 5539 ha trong điều kiện địa hình bằng phẳng tại VQG U Minh Thượng. Như vậy, nếu xét về mặt cơ giới thì cần 04 thiết bị giám sát mặt đất sẽ theo dõi và phát hiện cháy rừng cho toàn bộ VQG U Minh Thượng (diện tích tự nhiên 21.107ha).

Qua kết quả thử nghiệm đã trình bày ở trên, có thể khẳng định thiết bị giám sát mặt đất chỉ phát hiện được đám cháy (lửa hoặc khói) khi nhìn thấy đám cháy và đảm bảo đủ 3 yếu tố của thuật toán là: màu sắc, chuyển động và dẫn nổ.



Hình 3.39. a) b) c) đốt thử có kiểm soát, d) e) hình ảnh thu được từ thiết bị quan sát mặt đất tại VQG U Minh Thượng

### 3.2.3.2. Kết quả đốt thử tại Ban Quản lý rừng Phòng hộ - Đặc dụng Hà Nội

Vị trí địa lý: Khu rừng phòng hộ Sóc Sơn thuộc vùng đồi gò huyện Sóc Sơn (trên địa bàn 11 xã, thị trấn) nằm phía Tây Bắc của huyện Sóc Sơn, cách Thủ đô Hà Nội 40 km. Tổng diện tích rừng và đất rừng: 4557,0 ha.

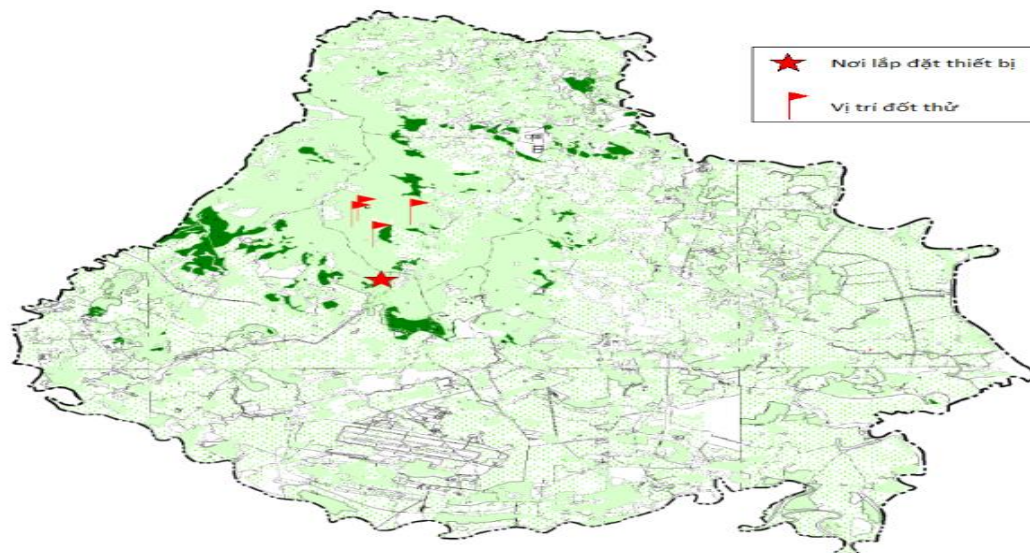
Địa hình, địa thế: Địa hình vùng đồi gò Sóc Sơn là hệ thống núi thấp và đồi gò, là một phần kéo dài về phía đông của dãy núi Tam Đảo, có độ cao trung bình từ 200m-300m so với mặt biển. Có đỉnh núi cao nhất là: Hàm Lợn (485m), Cánh Tay( 332m), núi Đền Sóc (308m)... Điểm thấp nhất là: 20m.

Nhìn chung địa hình của vùng đồi gò thấp dần theo hướng Tây Bắc-Đông Nam. Địa hình ở đây chia cắt tương đối mạnh, sườn dốc lưu vực ngắn. Độ dốc trung bình từ 20 - 25<sup>0</sup>, có nơi dốc > 35<sup>0</sup>.

Địa hình đất đồi gò Sóc Sơn có thể chia thành 2 vùng: Vùng núi thấp và đồi và Vùng đồi gò bát úp; ngoài ra xen kẽ các vùng núi, đồi, gò là những cánh đồng nhỏ hẹp.



Như đã trình bày trong phần phương pháp nghiên cứu, để tiếp tục có những kết quả để khẳng định khả năng phát hiện cháy rừng từ thiết bị giám sát mặt đất, NCS đã triển khai đốt thử tại BQL rừng Phòng hộ - Đặc dụng Sóc Sơn. Kết quả như sau:



Nguồn: Trần Quang Bảo et al.,

Hình 3.40. Vị trí lắp đặt thiết bị giám sát mặt đất và vị trí đốt thử tại rừng phòng hộ Sóc Sơn, thuộc BQL rừng phòng hộ - đặc dụng Hà Nội

Bảng 3.18. Kết quả đốt thử nghiệm tại rừng phòng hộ Sóc Sơn, thuộc BQL rừng phòng hộ - đặc dụng Hà Nội

TT	Ngày	Giờ	Chiều cao hệ thống quan sát	Khoảng cách (km)	Diện tích đám cháy thực tế	Kích thước (px)	Phát hiện	Lý do
1	30/11/2015	9.00	15 m	0.4	2	736	Có	
2	30/11/2015	9.30	15 m	1.2	2	435	Có	
3	30/11/2015	10.10	15 m	1.6	3	417	Có	
4	30/11/2015	10.35	15 m	2.3	4	403	Có	
5	30/11/2015	11.00	15 m	2.4	4	154	Có	
6	30/11/2015	11.35	15 m	1,7	4	132	Có	
7	30/11/2015	13.30	15 m	2.2	4	235	Có	
8	30/11/2015	14.05	15 m	1.7	4	301	Có	
9	30/11/2015	14.40	15 m	1.2	4	320	Có	
10	30/11/2015	15.20	15 m	2.4	4	178	Có	



a

b



c



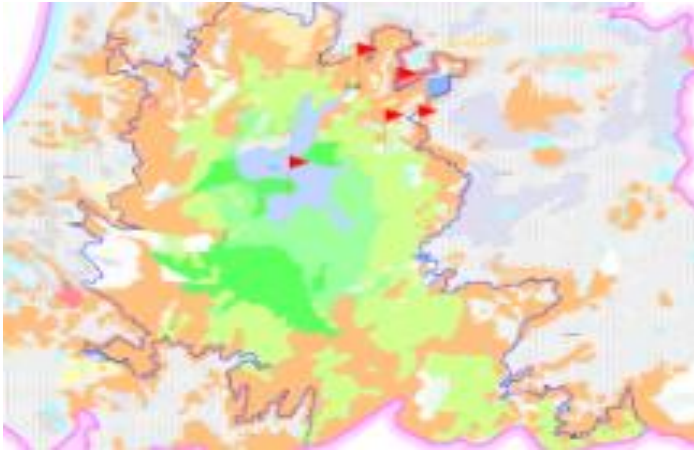
d

Hình 3.41. a), b) Đốt thử có kiểm soát và c), d) hình ảnh thu được từ thiết bị quan sát

Vì lý do an toàn, đơn vị chủ rừng chỉ cho phép đốt thử tại các vị trí đất trống trong rừng hoặc các tuyến đường tuần tra bảo vệ nên nhóm nghiên cứu chỉ thực hiện đốt được 10 vị trí khác nhau với khoảng cách từ 0.5 đến 2,4km và kết quả là hệ thống đã phát hiện được tất cả các đám cháy đốt thử.

Với kết quả trên cho thấy với độ cao của thiết bị giám sát mặt đất là 175m so với mực nước biển cùng với điều kiện về địa hình của khu vực rừng phòng hộ Sóc Sơn thì một thiết bị giám sát có thể quan sát được 1808,64 ha. Như vậy, tại khu rừng phòng hộ Sóc Sơn thì cần 03 thiết bị giám sát mặt đất sẽ giám sát, theo dõi và phát hiện cháy rừng cho toàn bộ diện tích rừng và đất rừng hiện có (4557ha). Tuy nhiên, đây chỉ là phân chia cơ giới, trên thực tế sẽ cần nhiều hơn vì với điều kiện địa hình phức tạp, chia cắt sẽ hạn chế khả năng quan sát của thiết bị.

### 3.2.3.3. Kết quả đốt thử nghiệm tại Vườn Quốc gia Ba Vì



Hình 3.42. Vị trí lắp đặt thiết bị giám sát mặt đất và vị trí đốt thử tại VQG Ba Vì.

Toạ độ địa lý: Từ 200 55' đến 210 07' vĩ độ Bắc Từ 105016' đến 105025' kinh độ Đông, thuộc địa bàn 5 huyện: Ba Vì, Thạch Thất, Quốc Oai Thành phố Hà Nội, huyện Lương Sơn, Kỳ Sơn tỉnh Hòa Bình, cách thủ đô Hà Nội 60Km theo đường Quốc lộ 21A, 87. Diện tích trên 35.000 ha.

Địa hình - địa thế: Ba Vì là vùng núi trung bình và núi thấp, đồi núi tiếp giáp với vùng bán sơn địa, vùng này trông như một dải núi nổi lên giữa đồng bằng chỉ cách hợp lưu sông Đà và Sông Hồng 20Km về phía Nam. Trong Vườn quốc gia Ba Vì có một số đỉnh núi có độ cao trên 1000m như Đỉnh Vua (1296), đỉnh Tản Viên (1227m), đỉnh Ngọc Hoa (1131m), đỉnh Viên Nam (1081m) và một số đỉnh thấp hơn như đỉnh Hang Hùm 776, đỉnh Gia Dê 714m...

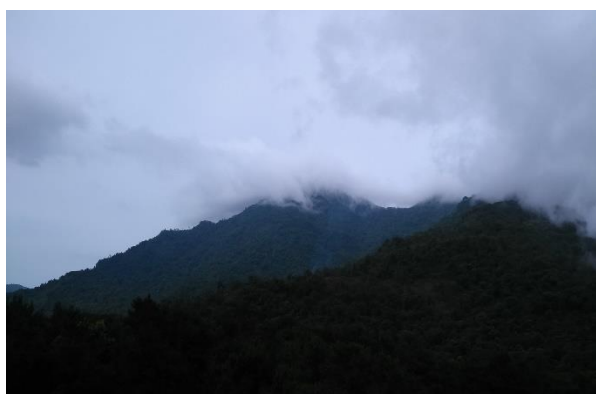
Ba Vì là một vùng núi có độ dốc khá lớn, sườn phía Tây đồ công sông Đà, dốc hơn so với sườn Tây bắc và Đông Nam, độ dốc trung bình khu vực là 25<sup>0</sup>, càng lên cao độ dốc càng tăng, từ độ cao 400m trở lên, độ dốc trung bình là 35<sup>0</sup>, và có vách đá lộ, nên việc đi lại trong Vườn là không thuận lợi.

Để tiếp tục khẳng định khả năng phát hiện cháy rừng từ thiết bị giám sát mặt đất, NCS đã triển khai đốt thử nghiệm tại VQG Ba Vì; thiết bị được lắp đặt trên chòi canh lửa của trạm quan sát lửa rừng của Chi cục Kiểm lâm Hà Nội, trạm quan sát có độ cao so với mặt nước biển 425m. Cũng tương tự như tại Sóc Sơn, vì lý do an toàn trong công tác phòng cháy nên chủ rừng (Vườn Quốc gia Ba Vì) chỉ cho phép đốt tại 4 vị trí trong phạm vi phía Đông của Vườn. Kết quả đốt thử nghiệm được mô tả trong bảng 3.23 dưới đây.

Bảng 3.19. Kết quả đốt thử nghiệm tại Vườn Quốc gia Ba Vì

Điểm cháy	Ngày	Giờ	Khoảng cách (km)	Diện tích đám cháy thực tế	Kích thước	Phát hiện	Lý do
1	14/5/2016	9.00	2.6	4		Không	Mây và sương mù
2	14/5/2016	10.30	1.7	4	202	Có	
3	14/5/2016	11.10	0.8	2	385	Có	
4	14/5/2016	11.45	1.3	4	307	Có	

Kết quả từ bảng 3.19 cho thấy: chiều cao đặt thiết bị giám sát là 425m so với mực nước biển, khoảng cách từ thiết bị đến đám cháy là từ 0,8 - 2,6km, diện tích đám cháy đốt thử nghiệm từ 2-4 m<sup>2</sup>. Tổng số đám cháy đốt được là 04 đám, trong đó có 03 đám cháy thiết bị giám sát phát hiện được, 01 điểm cháy không phát hiện được, và lý do thiết bị không phát hiện được đám cháy là vì vào thời điểm đốt thử nghiệm buổi sáng (9h00) do trời vẫn có sương mù và mây bao phủ nên khói của đám cháy bị mây trùm phủ dẫn đến thiết bị không phát hiện được. Kết quả này cũng giống như 02 điểm đốt bị trùng đường chân trời tại VQG U Minh Thượng, Vậy nên, một lần nữa khẳng định thiết bị giám sát mặt đất chỉ phát hiện được đám cháy (khói và lửa) trong điều kiện thời tiết không có sương mù hoặc là mây bao phủ, không bị che khuất hoặc trùng với đường chân trời,...nghĩa là thiết bị phải nhìn thấy đám cháy (khói và lửa) để đảm bảo thực hiện trình tự xử lý: màu sắc, chuyển động và dẫn nổ để phát hiện đám cháy.



a



b

Hình 3.43. a) Hiện tượng mây và sương mù bao phủ, b) Hình ảnh đốt thử quan sát từ vị trí đặt thiết bị quan sát (nguồn: Trần Quang Bảo et al.,)

Thiết bị giám sát được lắp đặt thử nghiệm cố định tại Chòi canh lửa ở độ cao 400m thuộc VQG Ba Vì để theo dõi, giám sát cháy rừng cho khu vực phía Đông Bắc, Vườn Quốc gia Ba Vì. Để đảm bảo cho hoạt động, thiết bị được thường xuyên bảo dưỡng, cập nhật phần mềm để theo dõi mức độ ổn định của thiết bị.

### 3.2.3.4. Kết quả phân tích ảnh hưởng chiều cao và khoảng cách của thiết bị giám sát mặt đất đến đám cháy

Để phân tích mối quan hệ giữa chiều cao và khoảng cách từ thiết bị giám sát mặt đất tới khả năng phát hiện cháy, đồng thời phát hiện và tính toán được khoảng cách và chiều cao lớn nhất mà thiết bị giám sát vẫn còn phát hiện ra đám cháy, phân tích hồi quy logistic đã được áp dụng. Hồi quy logistic là công cụ thích hợp trong nghiên cứu này, bởi lẽ đây là phân tích hồi quy giữa các biến độc lập với một biến phụ thuộc nhị phân. Bằng công cụ của phần mềm SPSS trình bày trong phần phương pháp nghiên cứu đã cho kết quả như sau:

(1) Kết quả phân tích hồi quy logistic và các tham số ước lượng (bảng 3.24)

Bảng 3.20. Kết quả ước lượng các tham số của hồi quy logistic

		Variables in the Equation					
		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1 <sup>a</sup>	Chieu_cao	-.154	.124	1.535	1	.215	.857
	Khoang_cach	-1.339	.560	5.722	1	.017	.262
	Constant	7.238	2.962	5.972	1	.015	1391.738

a. Variable(s) entered on step 1: Chieu\_cao, Khoang\_cach.

Kết quả trên cho thấy mô hình hồi quy logistic là:

$$\ln(\text{Phat\_hien}) = 7.238 - 0.154 * \text{Chieu\_cao} - 1.339 * \text{khoang\_cach}$$

Do tham số của biến Chiều cao và khoảng cách đều âm, có nghĩa là khi khoảng cách và chiều cao tăng thì khả năng phát hiện cháy sẽ giảm đi. Hơn thế nữa, ảnh hưởng của khoảng cách là thực sự rõ rệt đến khả năng phát hiện cháy (Sig=0.017<0.05), trong khi đó ảnh hưởng của độ cao không thực sự rõ rệt (Sig=0.217>0.05).

Do quan hệ nghịch biến, vì vậy, khoảng cách và độ cao tối đa để bộ cảm có thể phát hiện được cháy rừng như sau:

Chiều cao tối đa dự đoán là:  $(7.238 - \ln(1))/0.154 = 47$  (m).

Khoảng cách xa nhất dự đoán là:  $(7.238 - \ln(1))/1.339 = 5.4$  (Km).

Điều này có nghĩa là thiết bị quan sát phải gần hơn 5.4 Km và thấp hơn 47m thì mới có thể phát hiện ra đám cháy.

(2) Hệ số đường ảnh hưởng

Kết quả hệ số đường ảnh hưởng được trình bày trong bảng dưới đây.

Bảng 3.21. Tổng hệ số ảnh hưởng trực tiếp và gián tiếp của mô hình

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.535 <sup>a</sup>	.286	.237	.32228

a. Predictors: (Constant), Khoang\_cach, Chieu\_cao

Bảng 3.22. Kết quả hệ số đường ảnh hưởng của các nhân tố

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1.453	.261		5.564	.000
	Chieu_cao	-.017	.014	-.197	-1.207	.237
	Khoang_cach	-.179	.053	-.554	-3.397	.002

a. Dependent Variable: Phat\_hien

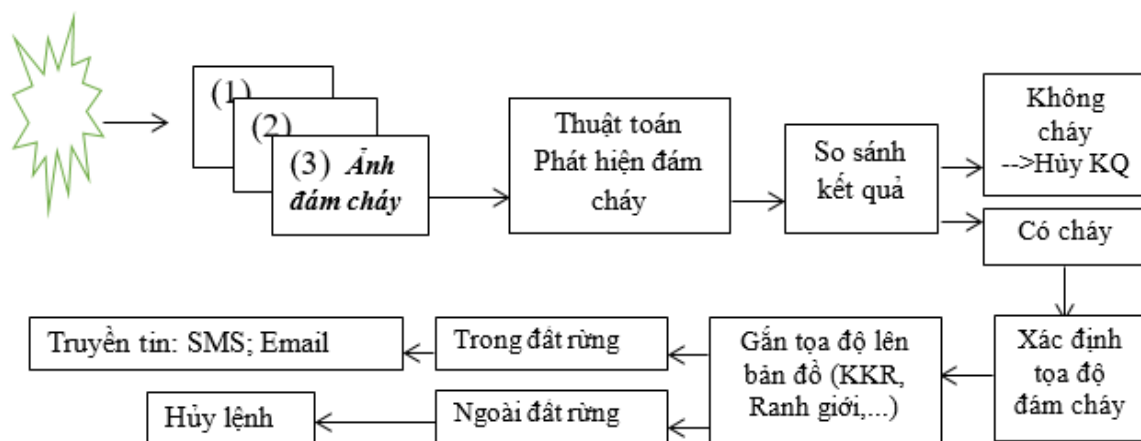
Kết quả hệ số đường ảnh hưởng một lần nữa khẳng định rằng ảnh hưởng của nhân tố khoảng cách là rõ rệt hơn nhân tố chiều cao. Bởi lẽ, trị tuyệt đối của Beta của biến khoảng cách là 0.554, trong khi đó giá trị tuyệt đối Beta của biến chiều cao là 0.197. Hệ số ảnh hưởng trực tiếp là 0.346, trong khi đó hệ số ảnh hưởng gián tiếp là -0.06. Như vậy, ảnh hưởng trực tiếp từ hai yếu tố khoảng cách và chiều cao lớn hơn ảnh hưởng gián tiếp từ các nhân tố ngoại cảnh khác chưa được xem xét đến.

### 3.2.4. Giải pháp kỹ thuật phát hiện và truyền tin cháy rừng từ thiết bị giám sát mặt đất

#### 3.2.4.1. Giải pháp kỹ thuật phát hiện cháy rừng từ thiết bị giám sát mặt đất

Thiết bị tự động lấy ảnh từ các camera thông qua phần mềm xử lý khung hình video và ảnh kỹ thuật số, thời gian thu ảnh được thiết lập trong phần mềm (thường giá trị này được thiết lập là 5s). Hình ảnh thu được từ các camera sẽ được lưu trữ trong ổ đĩa cứng. Sau một khoảng thời gian, các hình ảnh này sẽ được xóa bỏ một cách tự động (thời gian lưu trữ dài hay ngắn phụ thuộc vào số camera mà hệ thống giám sát và dung lượng của ổ đĩa cứng máy tính). Ảnh mà hệ thống ghi nhận lại có kích thước khoảng 100Kb/ảnh, như vậy trong 1 ngày 1 camera sẽ ghi lại 1440 ảnh, tương đương với 140Mb lưu trữ trong ổ đĩa cứng.

Hình ảnh thu được sẽ được thuật toán phân tích, xử lý và trích xuất ra thông tin đám cháy (vị trí, tọa độ) và hình ảnh về đám cháy. Quy trình kỹ thuật phát hiện đám cháy được mô tả trong hình dưới đây.



Trong đó: —> Là tiến trình xử lý

Nguồn: Trần Quang Bảo et al.,

Hình 3.44. Sơ đồ quy trình phát hiện cháy rừng từ thiết bị giám sát mặt đất [3]

#### 3.2.4.2. Giải pháp về truyền tin cảnh báo cháy rừng từ thiết bị giám sát mặt đất

Cơ chế phát hiện đám cháy dựa trên phân tích dữ liệu ảnh thu được từ các camera theo thuật toán phát hiện khói và lửa. Trong trường hợp có cháy rừng xảy ra, thông tin đám cháy sẽ được gửi đến quản trị viên thông qua phần mềm hỗ trợ, quản trị viên xử lý xác nhận thông tin đám cháy sẽ được truyền đến chủ thể quản lý

có liên quan bằng email, tin nhắn SMS, chuông báo và cập nhật lên trang thông tin theo dõi cháy rừng trực tuyến.

Quản trị viên tiếp nhận và xử lý tin cảnh báo từ hệ thống như sau:

### **(1) Kiểm tra thông tin đám cháy**

Khi nhận được tin nhắn SMS từ hệ thống cảnh báo sớm cháy rừng, quản trị viên truy cập Internet và sử dụng quyền quản trị để xử lý.

- Truy cập địa chỉ: <http://gscr.siteam.vn>.

- Đăng nhập vào hệ thống theo tài khoản đã được phân quyền

- Truy cập vào trang chủ.

- Nhấn chọn tin cảnh báo mới nhất có biểu tượng đóm lửa nhấp nháy để xem ảnh từ các trạm gửi về.

### **(2) Xử lý thông tin đám cháy**

Kiểm tra kỹ ảnh của ảnh chụp đám cháy từ các trạm quan trắc gửi về để xác nhận khu vực, quy mô đám cháy, nếu có xảy ra cháy, quản trị viên dùng lệnh “Xác nhận” để hệ thống phát đi thông cảnh báo cháy rừng, nếu không phát hiện có đám cháy hoặc đám dùng lệnh “Hủy” để dừng cảnh báo thông tin.

+ Với lệnh “Xác nhận”, hệ thống sẽ tự động gửi tin nhắn cảnh báo kèm theo Email đến các địa chỉ liên lạc được cài đặt trong cơ sở dữ liệu của hệ thống có liên quan đến trạm đã gửi tin cảnh báo về để cảnh báo (hình.....).

+ Với lệnh “Hủy”, hệ thống sẽ coi đó là một cảnh báo nhầm và không truyền tin cảnh báo đám cháy.

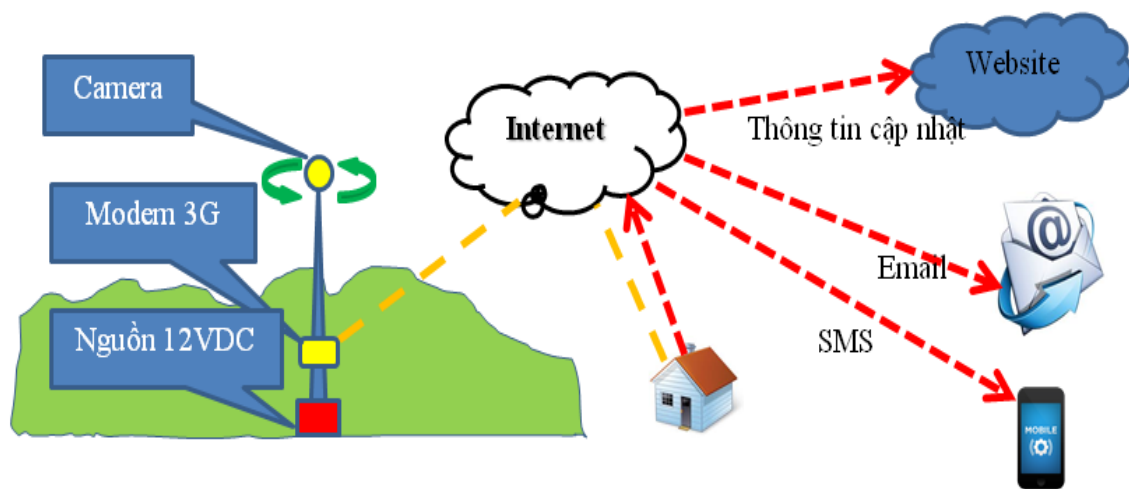
Việc xác nhận thông tin là việc làm hết sức quan trọng và có ảnh hưởng rất lớn đến nhiều đối tượng khác nhau. Chính vì vậy, quản trị viên phải là người có kinh nghiệm và am hiểu địa hình, hiện trạng rừng khu vực được phân công theo dõi để truyền tin một cách chính xác nhất.





giám sát mặt đất có thể tự động giám sát và phát hiện và báo cáo nhanh chóng đến các đối tượng để xử lý kịp thời.

- Thiết bị bao gồm hai phần chính: (1) Phần cứng là thiết bị giám sát, bao gồm camera, để gắn camera có thể tự xoay quanh trục 360 độ, Bản mạch điều khiển và thiết bị truyền thông tin (USB 3G) và NUC PC và Hệ thống giá đỡ. (2) Phần mềm được lập trình trên máy tính có chức năng điều khiển hoạt động của các Camera và xử lý thông tin từ các hình ảnh, báo cáo và truyền tin nếu có xảy ra cháy rừng. Các thông số kỹ thuật của thiết bị được mô tả tại bảng 2.6 phần phương pháp nghiên cứu.



Hình 3.47. Sơ đồ cấu trúc thiết bị quan sát mặt đất [27]

#### 3.2.4.4. Giải pháp về cơ sở dữ liệu

Cơ sở dữ liệu bao gồm để đảm bảo cho thiết bị hoạt động ba gồm:

- Dữ liệu (bản đồ) ranh giới tỉnh của Việt Nam, hệ quy chiếu WGS84.
- Dữ liệu về hệ thống giao thông, thủy văn của Việt Nam, hệ quy chiếu WGS84.

- Dữ liệu (bản đồ) kiểm kê rừng các tỉnh từ năm 2015-2016, chuyển về dạng hệ quy chiếu WGS84.

- Ảnh đám cháy hiện tại được chụp từ trạm quan trắc.

#### 3.5.2.5. Ưu nhược điểm và điều kiện ứng dụng

- Ưu điểm: (i) Hệ thống giám sát mặt đất phát hiện được chính xác đám cháy rừng đang hoạt động thông qua màu khói vào ban ngày và màu lửa vào ban

đêm; (ii) Hệ thống thiết bị giám sát và truyền tin cháy rừng từ mặt đất có thể ứng dụng tốt cho phát hiện những đám cháy qui mô nhỏ, đây là ưu điểm, hỗ trợ rất tốt cho hệ thống phát hiện cháy rừng từ ảnh vệ tinh MODIS khi kết hợp 2 hệ thống lại với nhau.

- Nhược điểm: Hệ thống không giám sát được cho một vùng rừng rộng lớn; Không phát hiện được những đám cháy trong những điều kiện địa hình phức tạp, hạn chế góc nhìn của thiết bị.

- Điều kiện ứng dụng: (i) điều kiện áp dụng lý tưởng cho thiết bị là ở vùng rừng có điều kiện địa hình bằng phẳng độ dốc thấp như kiểu địa hình vùng Tây Nam Bộ.(ii)Ngoài ra, thiết bị phát hiện cháy sớm và truyền tin cháy rừng từ thiết bị giám sát mặt đất được thiết kế để quan sát các khu vực trọng yếu, khu rừng có giá trị về lịch sử, văn hóa, các khu bảo tồn, vườn quốc gia có nguy cơ cháy cao và diện tích nhỏ.

# KẾT LUẬN, TỒN TẠI VÀ KHUYẾN NGHỊ

## 1. Kết luận

Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu và kiểm chứng thực tế. Luận án đưa ra một số kết luận sau đây:

### *1.1. Phát hiện và truyền tin cháy rừng từ ảnh vệ tinh*

1. Tư liệu ảnh viễn thám được chọn để trích xuất điểm dị thường nhiệt và truyền tin cảnh báo cháy rừng ở Việt Nam là ảnh vệ tinh MODIS; ảnh độ phân giải thời gian 4 ảnh/ngày, 2 ảnh ban ngày và 2 ảnh ban đêm, trong đó có 2 kênh phổ 4  $\mu\text{m}$  số 21 và 22 được thiết kế đặc biệt và hữu ích cho việc phát hiện đám cháy.

2. Thuật toán sử dụng các kênh hồng ngoại nhiệt của ảnh vệ tinh MODIS để phát hiện điểm dị thường nhiệt trên mỗi điểm ảnh cơ bản, thuật toán tự động xử lý dữ liệu kênh 20, 22 và 31 cùng với ảnh mặt nạ mây để tạo ra dữ liệu cháy dưới dạng ảnh và danh mục các điểm dị thường nhiệt.

3. Kết quả thử nghiệm thuật toán để trích xuất điểm dị thường nhiệt đã khẳng định sự phù hợp với mùa cháy rừng theo thời gian cũng như theo không gian ở Việt Nam.

4. Sử dụng ảnh vệ tinh MODIS để phát hiện cháy rừng ở Việt Nam đạt tỷ lệ 71% so với các vụ cháy rừng đã diễn ra trong quá khứ.

5. Ngưỡng giá trị cấp độ sáng (brightness\_ $T_4$ ) của những vụ cháy rừng hoặc những điểm dị thường nhiệt ở Việt Nam đạt từ 310K và giá trị về độ lệch  $\Delta T$  là từ 10K trở lên.

6. Ứng dụng dữ liệu phi ảnh (dữ liệu kiểm kê rừng toàn quốc) đã loại bỏ được 30% số điểm dị thường nhiệt nằm ngoài diện tích đất lâm nghiệp trong phạm vi toàn quốc, tỷ lệ này thay đổi có thể trên 90% với những tỉnh/thành phố có ít diện tích đất lâm nghiệp. Kết quả này đã giúp cho chủ rừng cũng như nhà quản lý có cơ sở để xác định điểm cháy hoặc có nguy cơ cháy một cách chính xác hơn.

7. Mô hình tự động thu thập các cảnh ảnh MODIS từ website của NASA hoặc từ trạm thu của Cục Kiểm lâm; tự động xử lý thông tin thu thập được từ các ảnh, thông tin các cảnh ảnh được mã hóa và xử lý theo một chu trình khép

kín hoàn toàn tự động. Kết quả là các điểm dị thường nhiệt được trích xuất và truyền tin kịp thời đến các chủ thể quản lý quản lý thông qua Email, SMS,...

Tóm lại, việc phát hiện cháy rừng bằng tư liệu viễn thám đa thời gian mang lại hiệu quả rất lớn, là tiền đề quan trọng trong việc chủ động được về công nghệ để xây dựng mô hình phát hiện và truyền tin cháy rừng ở Việt Nam.

## ***1.2. Phát hiện và truyền tin cháy rừng từ thiết bị giám sát mặt đất***

1. Thuật toán chuyển đổi cosine rời rạc (Discrete Cosine Transform - DCT) là công cụ xử lý hình ảnh để phát hiện khói và lửa từ các đám cháy.

2. Kết quả thử nghiệm đã khẳng định:

- Khả năng giám sát của thiết bị theo địa hình: ở vùng có điều kiện địa hình bằng phẳng độ dốc thấp thì diện tích thiết bị giám sát được cao hơn những vùng có điều kiện địa hình phức tạp và độ dốc lớn.

- Khả năng giám sát của thiết bị theo góc nhìn của thiết bị: khi thiết bị giám sát được đặt ở vị trí phù hợp và có đủ tầm nhìn đến đối tượng đám cháy (lửa hoặc khói) thì khả năng phát hiện là rất cao. Ngược lại trong điều kiện có sương mù, mây che phủ hoặc thiết bị giám sát có vật che khuất tầm nhìn thì thiết bị không phát hiện được đám cháy.

3. Thiết bị phát hiện cháy rừng từ mặt đất có thể phát hiện được những đám cháy qui mô nhỏ, đây là ưu điểm, hỗ trợ rất tốt cho hệ thống phát hiện cháy rừng từ ảnh vệ tinh MODIS khi kết hợp 2 hệ thống lại với nhau; thiết bị giám sát mặt đất phù hợp để quan sát các khu vực trọng yếu, khu rừng có giá trị về lịch sử, văn hóa, các khu bảo tồn, vườn quốc gia có diện tích nhỏ hoặc những khu vực có kiểu địa hình bằng phẳng như một số VQG thuộc khu vực Tây Nam Bộ (VQG U Minh Thượng, U Minh Hạ, Chàm Chim,...). Thiết bị này có thể ứng dụng, chuyển giao vào trong thực tiễn để nâng cao hiệu quả của công tác quản lý bảo vệ rừng hiện nay.

4. Hệ thống giám sát cháy rừng bao gồm các bước xử lý: (i) Camera đảm nhận việc theo dõi các khu rừng (phạm vi quan sát của camera phụ thuộc vào vị trí lắp đặt và địa hình của khu rừng), (ii) Phần mềm xử lý dữ liệu liên tục kết nối với camera để lấy ảnh chụp được từ camera thông qua mạng Internet. Ảnh thu

nhận được từ mỗi camera sẽ được phân tích để từ đó xác định vị trí quan sát nào có xảy ra đám cháy. Nếu xảy ra đám cháy, hệ thống sẽ thực hiện cảnh báo bằng âm thanh và bằng thư điện tử đến những địa chỉ email, SMS được cài đặt trước.

(iii) Khi phát hiện ra đám cháy, người giám sát trước khi đưa ra cảnh báo chính thức có thể quan sát hình ảnh từ camera có báo động để xác minh lại cảnh báo, từ đó có các hành động phù hợp.

## **2. Tồn tại**

Về cơ bản nghiên cứu này đã đạt được những yêu cầu trong việc nghiên cứu ứng dụng công nghệ địa không gian để phát hiện cháy rừng. Tuy nhiên do một số lý do khác nhau nên vẫn còn một số tồn tại sau:

1. Phát hiện cháy rừng từ ảnh vệ tinh hiện tại chỉ sử dụng 1 tư liệu ảnh ...Chưa kết hợp được một số loại ảnh viễn thám khác có độ phân giải không gian cao vào nghiên cứu để nâng cao chất lượng thông tin cảnh báo như ảnh AVHRR, ảnh ASTER, ảnh LANDSAT 8,...

2. Chưa tích hợp được lượng mưa và các thông số khí tượng khác vào hệ thống phát hiện cháy rừng từ ảnh vệ tinh để nâng cao hiệu quả công tác cảnh báo cháy rừng.

3. Thiết bị giám sát mặt đất chưa thử nghiệm phát hiện cháy rừng ở nhiều địa điểm khác nhau, các điều kiện địa hình, vị trí, khoảng cách và diện tích các đám cháy khác nhau

4. Thiết bị giám sát mặt đất không phát hiện được cháy rừng khi điều kiện thời tiết có sương mù, hoặc trời nhiều mây, vấn đề này thể hiện rất rõ tại khu vực Vườn Quốc gia Ba Vì. Với điều kiện địa hình phức tạp, độ dốc lớn hoặc lưu vực nhỏ, thì diện tích mà thiết bị quan sát được sẽ không đạt theo yêu cầu thiết kế.

## **3. Khuyến nghị**

Để ứng dụng hiệu quả tư liệu ảnh viễn thám trong việc phát hiện cháy rừng, tác giả xin đề xuất như sau:

1. Kết hợp đồng thời một số tư liệu ảnh viễn thám khác như ảnh AVHRR, ảnh ASTER, ảnh LANDSAT 8 để nâng cao hiệu quả của công tác phòng chữa cháy rừng ở Việt Nam hiện nay.

2. Tiếp tục nghiên cứu hoàn thiện hệ thống phát hiện cháy rừng từ ảnh vệ tinh MODIS và làm rõ ảnh hưởng lượng mưa và các thông số khí tượng khác đến nguy cơ xảy ra cháy rừng từ đó xây dựng mô hình dự báo cháy rừng ngắn hạn và dài hạn.

3. Tiếp tục thử nghiệm mô hình phát hiện cháy rừng từ thiết bị giám sát mặt đất ở nhiều độ cao khác nhau, khoảng cách khác nhau, địa hình khác nhau để khẳng định khả năng phát hiện cháy rừng của hệ thống với nhiều loại thiết bị có cấu hình cao hơn.

4. Đối với hệ thống phát hiện và truyền tin cảnh báo cháy rừng từ ảnh vệ tinh, cho phép phát triển thêm và kết hợp cùng hệ thống cảnh báo cháy rừng của Cục Kiểm lâm để sử dụng cho công tác phòng cháy rừng ở nước ta.

5. Đối với thiết bị phát hiện và truyền tin cháy rừng từ thiết bị giám sát mặt đất, cho phép tiếp tục phát triển, chuyển giao và lắp đặt cố định tại các khu vực có nguy cơ cháy rừng cao (VQG, Khu BTTN, rừng đặc sản...), nhằm thay thế hệ thống các chòi canh lửa sử dụng con người hiện nay.

## DANH MỤC BÀI BÁO ĐÃ CÔNG BỐ

TT	Tên bài báo	Tác giả/đồng tác giả	<i>Nơi phát hành</i>	Số/năm phát hành
1	Nghiên cứu xây dựng phần mềm tự động phát hiện cháy rừng từ trạm quan trắc mặt đất	Đồng tác giả	<i>Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp</i>	Số 3/2016
2	Nghiên cứu phát triển phần mềm ứng dụng phát hiện sớm cháy rừng từ ảnh vệ tinh MODIS.	Đồng tác giả	<i>Tạp chí NN&amp;PTNT</i>	Số 21/2016
3	Designing and Manufacturing Ground Station for Monitoring and Transmitting Forest Fire Information.	Đồng tác giả	<i>Journal of Forest Science and Technology</i>	No 05/2016
4	Kỹ thuật phát hiện sớm lửa rừng bằng phân tích ảnh động chụp từ camera IP.	Tác giả chính	<i>Tạp chí NN&amp;PTNT</i>	Số chuyên đề 2016
5	Kiểm chứng khả năng phát hiện cháy rừng từ ảnh vệ tinh MODIS ở Việt Nam	Đồng tác giả	<i>Tạp chí NN&amp;PTNT</i>	Số 3+4 /2018
6	Ứng dụng thuật toán trích xuất điểm dị thường nhiệt từ ảnh vệ tinh MODIS để phát hiện cháy rừng ở Việt Nam	Tác giả chính	<i>Tạp chí Khoa học Công nghệ Lâm nghiệp</i>	Số 01/2018



## TÀI LIỆU THAM KHẢO

### Tiếng Việt

1. Trần Quang Bảo, Chu Ngọc Thuấn, Nguyễn Huy Hoàng (2013), *GIS và viễn thám*, Giáo trình trường Đại học Lâm nghiệp, Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội.
2. Trần Quang Bảo và cộng sự (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, Hà Nội.
3. Trần Quang Bảo et al., (2016), “Nghiên cứu xây dựng phần mềm tự động phát hiện cháy rừng từ trạm quan trắc mặt đất”, Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp, Số 3/2016.
4. Trần Quang Bảo, Phùng Nam Thắng, Lê Ngọc Hoàn (2016), “Nghiên cứu phát triển phần mềm ứng dụng phát hiện sớm cháy rừng từ ảnh vệ tinh MODIS”, Tạp chí NN&PTNT, Số 21/2016.
5. Trần Quang Bảo, Lê Ngọc Hoàn (2018), “Kiểm chứng khả năng phát hiện cháy rừng từ ảnh vệ tinh MODIS ở Việt Nam”, Tạp chí NN&PTNT, Số 3+4/2018.
6. Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, Quyết định số 1819/QĐ-BNN-TCLN ngày 16/5/2017 của Bộ trưởng Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn về việc công bố hiện trạng rừng toàn quốc năm 2016.
7. Bế Minh Châu (2001), *Nghiên cứu ảnh hưởng của độ ẩm đến khả năng cháy của vật liệu dưới rừng thông góp phần hoàn thiện phương pháp dự báo cháy rừng tại một số vùng trọng điểm thông ở Miền Bắc Việt Nam*, Luận án tiến sỹ, Hà Tây.
8. Bế Minh Châu và cộng sự (2010), *Nghiên cứu hoàn thiện phương pháp và phần mềm cảnh báo nguy cơ cháy rừng ở Việt Nam*, Bộ NN&PTNT.
9. Huỳnh Văn Chương, Phạm Gia Tùng (2011), *Hệ thống định vị toàn cầu*, Giáo trình Đại học Nông lâm Huế. TP.Huế.
10. Đặng Vũ Cẩn, Hoàng Kim Ngũ, Phạm Ngọc Hưng, Trần Công Loanh, Trần Văn Mão (1972), *Quản lý bảo vệ rừng - Giáo trình tập 1*, NXB Nông nghiệp - Hà Nội.
11. Cục Kiểm lâm, Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, Trang Web về phát hiện sớm điểm cháy <http://www.kiemlam.org.vn/dubaochay/dubaochay.htm> và cảnh báo cháy rừng <http://www.kiemlam.org.vn/dubaochay/canhbao.asp>.
12. Lê Sỹ Doanh, Vương Văn Quỳnh (2014), “Phương pháp dự báo nguy cơ cháy rừng theo điều kiện khí hậu ở Việt Nam”, Tạp chí Khoa học Công nghệ lâm nghiệp, Số 1/2014.

13. Phùng Văn Khoa, Đỗ Xuân Lâm (2013), *Ứng dụng công nghệ không gian địa lý trong quản lý tài nguyên và môi trường lưu vực*, NXB Nông nghiệp, Hà Nội.
14. Lê Ngọc Hoàn, Trần Quang Bảo, Mai Hà An (2016), “Kỹ thuật phát hiện sớm lửa rừng bằng phân tích ảnh động chụp từ camera IP”, *Tạp chí NN&PTNT*, Số chuyên đề 2016.
15. Lê Ngọc Hoàn, Trần Quang Bảo (2018), “Ứng dụng thuật toán trích xuất điểm dị thường nhiệt từ ảnh vệ tinh MODIS để phát hiện cháy rừng ở Việt Nam”, *Tạp chí Khoa học Công nghệ Lâm nghiệp*, Số 01/2018.
16. Phạm Ngọc Hưng (1998), *Xây dựng phương pháp dự báo cháy rừng Thông nhựt (Pinus merkusii J.) ở Quảng Ninh*, Luận án PTS khoa học Nông nghiệp. Hà Nội.
17. Phan Thanh Ngọc (1996), *Nghiên cứu một số biện pháp phòng cháy chữa cháy rừng thông ba lá, rừng tràm ở Việt Nam*, Luận án tiến sỹ. Hà Nội.
18. Nguyễn Hồng Quảng, Nguyễn Hồng Minh, Nguyễn Thu Hà, Nguyễn Thanh Hải, Trần Hùng (2008), *Thu nhận và sử dụng dữ liệu MODIS phục vụ quản lý lửa rừng tại Việt Nam*, Hà Nội.
19. Vương Văn Quỳnh và cộng sự (2005), *Nghiên cứu giải pháp phòng chống và khắc phục hậu quả cháy rừng cho vùng U Minh và Tây Nguyên*, Đề tài khoa học công nghệ cấp Nhà nước, mã số KC0824. Bộ khoa học và công nghệ.
20. Vương Văn Quỳnh (2012), *Nghiên cứu giải pháp phòng cháy, chữa cháy rừng cho các trạng thái rừng ở Thành phố Hà Nội*, Đề tài khoa học công nghệ cấp thành phố, mã số : 01C-09/05-2011-2, Thuộc chương trình: Môi trường và Tài nguyên 01C- 09. Hà Nội.
21. Nguyễn Ngọc Thạch (2005), *Cơ sở viễn thám*, Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG Hà Nội.
22. Võ Đình Tiến (1995), “Nghiên cứu phương pháp phân vùng trọng điểm cháy rừng cho tỉnh Bình Thuận”, *Tạp chí Lâm Nghiệp*.
23. Trần Mạnh Tuấn, Đào Thị Hồng Điệp (2006), *Các hệ thống vệ tinh định vị toàn cầu và ứng dụng*; NXB Giáo dục, Hà Nội.
24. Nguyễn Hải Tuất, Vũ Tiến Hình, Ngô Kim Khôi (2006), *Phân tích thống kê trong lâm nghiệp*, Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội.

### **Tiếng Anh**

25. AhmadA.A.Alkhatib (2014), “A Review on Forest Fire Detection Techniques”, *International Journal of Distributed Sensor, Networks* Volume 2014, Article ID 597368, 12 pages.
26. Arino, O and J.M. Mellinotte (1998), *The 1993 Africa fire map*, *Int. J. Rem. Sens.*, 19:2019- 2023.

27. Tran Quang Bao, Mai Ha An, Le Ngoc Hoan (2016), "Designing and Manufacturing Ground Station for Monitoring and Transmitting Forest Fire Information", *Journal of Forest Science and Technology*, No 05/2016.
28. Belward, A.S, P.J. Kennedy and J.M. Gregoire (1994), *The limitation and potential of AVHRR GAC data for continental scale fire studies*, *Int. J. Rem. Sens.*, 15:2215-2234.
29. Belop C. V (1982), *Forest fire*, Leningrat.
30. Brown A.A (1979), *Forest fire control and use*, New york - Toronto.
31. B.U. Toreyin, A. Enis-Cetin (2005), *Wavelet Based Real-Time Smoke Detection in Video*, In Proceedings of European Signal Processing Conference, Antalya, Turkey, 4-8 September.
32. B.U. Toreyin, Y. Dedeoglu, A. Enis-Cetin (2005), "Flame Detection in Video Using Hidden Markov Models", *In Proceedings of IEEE International Conference on Image Processing*, Genoa, Italy, 11-14.
33. B.U. Toreyin, Y. Dedeoglu, and A.E. Cetin (2006), *Contour based smoke detection in video using wavelets*, In 14th European Signal Processing Conference EUSIPCO, pages 1-5.
34. Cahoon, D.R., Jr., J.S. Levine, P. Minnis, G.M. Tennille, T.W. Yip, P.W. Heck, and B.J. Stocks (1991), *The Great Chinese Fire of 1987: A View from Space, Global Biomass Burning: Atmospheric, Climate, and Biospheric Implications*, J.S. Levine, editor, MIT Press, Cambridge, MA, 61-66.
35. Christopher Justice, Louis Giglio, Luigi Boschetti, David Roy, Ivan Csiszar, Jeffrey Morisette, and Yoram Kaufman (2006), "*Modis fire products*", Version 2.3, 1 October 2006, Algorithm Technical Background Document.
36. D. Zhang, S. Han, J. Zhao, Z. Zhang, C. Qu, Y. Ke, and X. Chen (2009), *Image based forest fire detection using dynamic characteristics with artificial neural networks* In Artificial Intelligence, JCAI'09. International Joint Conference on, pages 290-293. IEEE.
37. Eva, H.D., and E. Lambin (1998), *Burnt area mapping in central Africa using AATSR data*, *Int. J. Rem. Sens.*,18:3473-3497.
38. Feiniu Yuan (2008), *A fast accumulative motion orientation model based on integral image for video smoke detection*, *Pattern Recognition Letters*, 29 (7), 925-932.
39. Feiniu Yuan (2011), *Video-Based Smoke Detection with Histogram Sequence of LBP and LBPV Pyramids*, *Fire Safety*, 46, 132-139.
40. Feiniu Yuan (2012), *A double mapping framework for extraction of shape-invariant features based on multi-scale partitions with adaboost for video smoke detection*, *Pattern Recognition*, 45(12):4326-4336.

41. FireWatch (2013), *An Early Warning System for Forest Fires, successfully in the global use*, <http://www.fire-watch.de/systemoverview>.
42. Flasse, S.P., and P. Ceccato (1996), *A contextual algorithm for AVHRR fire detection*, *Int. J. Rem. Sens.*, 17:419 -424.
43. Franca, J.R, J.M. Brustet, J. Fontan, *Multispectral remote sensing of biomass burning in West Africa*, *J.Atmos. Chem.*, 22:81-110.
44. George, C., Rowland, C., Gerard, F., and Balzter, H (2006), “Retrospective mapping of burnt areas in Central Siberia using a modification of the normalized difference water index”, *Remote Sensing of Environment*, 104,346-359.
45. G. Healey (1994), *A system for real-time fire detection*, *Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Seattle, WA, pp. 605-606.
46. G. Marbach, M. Loepfe, and T. Brupbacher (2006), *An Image Processing Technique for Fire Detection in Video Images*, *Fire Safety* vol. 41, no. 4, pp. 285-289.
47. Giglio, L., J.D. Kendall, and C. O. Justice (1999), *Evaluation of global fire detection using simulated AVHRR infrared data*, *Int. J. Rem. Sens.*, 20:1947-1985.
48. Giglio, L., Loboda, T., Roy, D. P., Quayle, B., and Justice, O. C (2009), “An active-fire based burned area mapping algorithm for the MODIS sensor”, *Remote Sensing of Environment*, 113, Issue 2, 408–420.
49. Hilbe Joseph M., *Logistic Regression Models*. (2009), Chapman & Hall/CRC, Taylor & Francis Group, 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite, USA.
50. Ho Robert, *Handbook of Univariate and Multivariate Data Analysis with IBM SPSS*. (2013), CRC Press, USA.
51. Horng, W.; Peng, J (2006), *Image-Based Fire Detection Using Neural Networks*, *Proceedings of Joint Conference on Information Sciences*, Kaohsing, Taiwan, 8-11.
52. Horng, J.-W. Peng, and C.-Y. Chen (2005), *A New Image-Based Real-Time Flame Detection Method Using Color Analysis*, *Proc. IEEE Networking, Sensing Control*, pp. 100-105.
53. J. Solobera (2010), *Detecting Forest Fires using Wireless Sensor Networks with Waspnote*, Libelium.
54. Kaufman, Y.J., C. Justice, L. Flynn, J. Kendall, E. Prins, D.E. Ward, P. Menzel, and A. Setzer (1998), *Potential global fire monitoring from EOS-MODIS*, *J. Geophys. Res.*, 103:32215-32238.
55. Kaufman, Y. J., R. G. Kleidman, M. D. King (1998), *SCAR-B Fires in the Tropics: properties and their remote sensing from EOS-MODIS*. *J. Geophys. Res.*, 103:31,955- 31,969, 1998b.

56. Kaufman, Y. J., L. Remer (1994), *Detection of forests using mid-IR reflectance: An application for aerosol studies*, IEEE J. Geosc. Rem. Sens., 32:672-683.
57. Kaufman, Y.J., C.J. Tucker, I. Fung (1990), *Remote sensing of biomass burning in the tropics*, J. Geophys. Res., 95:9927-9939.
58. Kennedy, P.J., Belward, A.S., Gregoire, J.-M (1994), *An improved approach to fire monitoring in West Africa using AVHRR data*, Int. J. Remote Sens, 15:2235-2255.
59. K. Nakau, M. Fukuda, K. Kushida, H. Hayasaka, K. Kimura, and H. Tani (2006), *Forest Fire Detection Based on MODIS Satellite Imagery, and Comparison of NOAA Satellite Imagery with Fire Fighters Information*.
60. Kudoh J.-I., Hosoi K (2003), *Two dimensional Forest Fire Detection method by using NOAA AVHRR images*, IEEE International Proceedings of Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS).
61. Leonardo Millan-Garcia, Gabriel Sanchez-Perez, Mariko Nakano, Karina Toscano-Medina, Hector Perez-Meana and Luis Rojas-Cardenas (2012), *An Early Fire Detection Algorithm Using IP Cameras*, in Sensors 2012, 12, 5670-5686, pp. 5670-5686.
62. Langaas S (1992), *Temporal and spatial distribution of Savannah fires in Senegal and the Gambia, West Africa, 1989-90, derived from multi-temporal AVHRR night images*, Int. J. Wildland Fire, 2: 21-36.
63. Langaas S (1993), "A parameterised bispectral model for savanna fire detection using AVHRR night images", *Int. J. Remote Sens*, 14:2245-2262.
64. Li. Z., Cihlar, J., Moreau, L., Huang, F., Lee, B (1997), *Monitoring fire activities in the boreal ecosystem*, J. Geophys. Res., 102:29611-29624.
65. Li. Z., A. Khananian, R. Fraser (2000), *Detecting smoke from boreal forest fires using neural network and threshold approaches applied to AVHRR imagery*, IEEE Tran. Geosci. & Rem. Sen., revised.
66. Li. Z., Cihlar, J., Moreau, L., Huang, F., Lee, B (1997), *Monitoring fire activities in the boreal ecosystem*, J. Geophys. Res., 102:29611-29624.
67. Liu Shixing, Zhang Yongming, Song Weiguo, Xiao Xia,(2010), *An Enhanced Algorithm for Forest Fire Detection Based on MODIS Data*, International Conference of Optoelectronics and Image Processing (ICOIP).
68. Loboda. T., O'Neal. K. J., and Csiszar, I (2007), "Regionally adaptable dNBR-based algorithm for burned area mapping from MODIS data", *Remote Sensing of Environment*, 109, 429-442.
69. Louis Giglio, Jacques Descloitres, Christopher O. Justice, Yoram J. Kaufman (2003), *"An Enhanced Contextual Fire Detection Algorithm for MODIS"* Remote Sensing of Environment 87, 273-282.

70. Malingreau. J.P (1990), “The contribution of remote sensing to the global monitoring of fires in tropical and sub- tropical ecosystems”, *In Fire in the Tropical Biota, edited by J.G. Goldammer, pp. 337-370*. Berlin: Springer- Verlag.
71. Martin. P., Ceccato, P., Flasse, S., and Downey, I (1999). *Fire detection and fire growth monitoring using satellite data*, Remote Sensing of Large Wildfires in the European Mediterranean Basin, Chuvieco, E., (Ed.). Springer - Verlag Berlin/Heidelberg 3-540-65767-3, XII, 212 pp.
72. NASA (1999), “MOIDS, National Aeronautics and space administration”, <http://modis.gsfc.nasa.gov/>.
73. NOAA satellite and information service (2012), “Advanced Very High Resolution Radiometer – AVHRR”, <http://noaasis.noaa.gov/NOAASIS/ml/avhrr.html>.
74. Ping-He Huang, Jing-Yong Su, Zhe-Ming Lu, Jeng-Shyang Pan (2006), “A Fire-Alarming Method Based on Video Processing”, in *Proceedings of the 2006 International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing (IIH-MSP'06)*.
75. Setzer, A.W. and M.C. Pereira (1992), “Operational detection of fires in Brazil with NOAAAVHRR”, *Proc. 24 th Int. Symp. Remote Sensing of the Environ, pp 469-482, Riode Janeiro*.
76. Simon, M., Plummer, S., Fierens, F., Hoelzemann, J. J., and Arino, O (2004). “Burnt area detection at global scale using ATSR-2: The GLOBSCAR products and their qualification”, *Journal of Geophysical Research*, 109, D14S02.
77. T. Chen, P. Wu, and Y. Chiou (2004), *An Early Fire-Detection Method Based on Image Processing*, Proc. IEEE Int. Image Process, pp. 1707-1710.
78. T. Chen, S. Yin, Y. Huang, Y. Ye (2006), *The Smoke Detection for Early Fire-Alarming System Based on Video Processing*, Proceedings of International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing, Pasadena, CA, USA.
79. T. Celik, H. Demirel, and H. Ozkaramanli (2006), *Automatic Fire Detection in Video Sequences*, Proc. European Signal Process. Conf., Florence, Italy.
80. Turgay Çelik, Hüseyin Özkaramanlı, and Hasan Demirel (2007), *Fire and smoke detection without sensors: Image processing based approach*, in 15th European Signal Processing Conference (EUSIPCO 2007), pp. 1794-1798, Poznan, Poland.
81. Uratek (2013), Urafire is a software for fire forest early detection, <http://www.uratek.com/applications.php?5>.
82. W. Phillips III, M. Shah, and N. Lobo (2002), *Flame recognition in video*, Pattern Recognition Letters, vol. 23, no. 1-3, pp. 319-327.
83. Y. Zhu, L. Xie, and T. Yuan (2012), *Monitoring system for forest fire based on wireless sensor network*, in Proceedings of the 10th World Congress on Intelligent Control and Automation (WCICA '10).

# PHỤ LỤC

**PHỤ LỤC 01. PHÂN BỐ CÁC ĐIỂM DỊ THƯỜNG NHIỆT THEO THỜI GIAN (2010-2015)**

TT	Tỉnh/TP	Thời gian (tháng)											
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1	Hà Nội	1	2	6	42	84	73	76	93	68	12	6	4
2	Hà Giang	57	209	278	157	166	87	25	6	4	15	20	38
3	Cao Bằng	68	324	336	252	102	9	2	5	5	15	23	49
4	Bắc Kạn	66	150	207	352	275	41	11	3	1	5	9	26
5	Tuyên Quang	73	182	342	177	255	58	19	13	8	20	10	33
6	Lào Cai	91	486	516	187	130	76	21	4	6	15	32	36
7	Điện Biên	1055	3889	7208	5261	630	1	0	4	39	272	874	481
8	Lai Châu	353	2366	4061	2062	441	7	1	6	18	71	161	193
9	Sơn La	907	3515	6439	3745	720	41	6	12	10	64	334	463
10	Yên Bái	136	269	455	166	128	55	18	8	14	19	58	100
11	Hoà Bình	86	127	156	172	123	44	7	5	5	12	19	53
12	Thái Nguyên	66	78	72	111	96	25	7	8	12	14	16	53
13	Lạng Sơn	296	369	275	204	130	40	12	10	10	48	60	163
14	Quảng Ninh	478	302	262	401	527	169	77	32	53	72	61	266
15	Bắc Giang	71	61	61	107	125	70	29	33	37	20	17	63
16	Phú Thọ	102	76	107	72	52	18	12	20	13	21	25	108
17	Vĩnh Phúc	23	5	7	27	60	42	47	61	46	15	6	14



18	Bắc Ninh	3	1	5	37	39	43	68	96	61	12	0	1
19	Hải Dương	5	1	4	16	8	12	22	43	45	11	1	3
20	Hải Phòng	0	1	1	2	8	13	16	9	29	9	1	4
21	Hưng Yên	0	0	4	29	37	29	51	76	77	7	2	0
22	Thái Bình	0	0	1	9	17	17	15	24	28	1	0	0
23	Hà Nam	0	1	0	14	34	29	21	32	26	2	2	2
24	Nam Định	0	0	0	1	12	11	12	13	10	2	0	2
25	Ninh Bình	5	6	2	14	12	8	6	12	6	1	2	3
26	Thanh Hoá	111	140	451	1025	896	170	42	34	27	26	24	99
27	Nghệ An	208	498	820	1266	1742	2629	513	58	75	72	79	126
28	Hà Tĩnh	68	73	83	180	173	85	93	120	81	84	28	29
29	Quảng Bình	72	136	225	389	227	169	174	141	122	66	65	59
30	Quảng Trị	86	190	417	685	529	149	107	147	155	115	75	53
31	Thừa Thiên Huế	47	107	149	149	137	93	72	107	187	120	84	69
32	Đà Nẵng	12	21	54	55	50	42	32	31	38	23	7	7
33	Quảng Nam	64	263	1524	2050	1967	819	393	384	263	172	31	17
34	Quảng Ngãi	79	241	412	696	1031	721	402	334	231	124	40	32
35	Bình Định	44	61	157	280	426	291	399	628	439	189	31	17
36	Phú Yên	39	79	253	256	211	195	360	646	237	74	9	4
37	Khánh Hoà	45	130	337	537	312	188	218	234	64	36	13	14

38	Ninh Thuận	58	180	486	438	80	15	21	23	5	5	6	20
39	Bình Thuận	520	627	583	392	125	71	18	15	18	31	51	169
40	Kon Tum	881	2111	7519	2810	423	129	16	9	6	7	40	377
41	Gia Lai	1319	2912	4839	2513	539	174	87	53	25	17	60	380
42	Đắk Lắk	2652	2963	2304	2061	323	113	83	53	43	24	33	405
43	Đắk Nông	919	2867	3616	1313	188	24	9	2	1	4	21	164
44	Lâm Đồng	495	881	1780	1122	293	53	29	8	12	14	16	87
45	Bình Phước	496	674	743	336	210	102	62	48	23	44	48	218
46	Tây Ninh	258	169	251	163	100	49	36	50	37	52	49	127
47	Bình Dương	126	118	256	236	160	117	78	85	50	89	21	52
48	Đồng Nai	194	223	306	274	225	219	140	109	97	179	46	82
49	Bà Rịa - VT	111	100	162	121	97	57	37	24	22	31	35	46
50	Hồ Chí Minh	12	30	37	34	40	47	37	52	26	39	15	4
51	Long An	87	197	997	751	154	174	89	141	43	32	13	25
52	Tiền Giang	11	113	166	71	66	58	21	40	18	16	8	6
53	Bến Tre	0	6	13	36	19	12	6	4	5	6	1	1
54	Trà Vinh	9	31	62	50	14	15	12	13	10	6	11	7
55	Vĩnh Long	12	106	190	20	23	12	11	1	2	3	0	0
56	Đồng Tháp	333	422	1290	340	318	88	64	103	29	14	7	58
57	An Giang	83	124	984	835	148	42	96	152	28	11	71	410

58	Kiên Giang	131	324	1397	373	120	118	48	33	27	35	15	53
59	Cần Thơ	5	147	626	49	23	37	29	11	5	28	14	3
60	Hậu Giang	2	54	406	73	16	6	5	5	8	7	0	1
61	Sóc Trăng	43	46	233	223	29	6	5	14	9	8	1	18
62	Bạc Liêu	10	20	89	139	27	5	8	7	4	11	1	3
63	Cà Mau	24	63	94	37	56	30	24	30	27	22	6	7
	<b>Tổng</b>	<b>13608</b>	<b>29867</b>	<b>55116</b>	<b>35995</b>	<b>15728</b>	<b>8342</b>	<b>4457</b>	<b>4577</b>	<b>3130</b>	<b>2591</b>	<b>2814</b>	<b>5407</b>

**PHỤ LỤC 02. DANH MỤC CÁC ĐIỂM CHÁY RỪNG THỰC TẾ CÓ ĐIỂM DỊ THƯỜNG NHIỆT**

TT	Dữ liệu cháy thực tế				Dữ liệu điểm dị thường nhiệt								
	Date	Commune	District	Province	Latitue	Longitute	Brightness	Bright (T31)	ΔT	Day_365	Sattlite	Confidence	Time
1	07/07/2011	Hoà Phú	Hoà vang	Đà Nẵng	15.9510	107.9550	326	297	29	188	T	59	10:35
2	02/07/2011	Hoà Liên	Hoà vang	Đà Nẵng	16.1030	108.0830	329	299	31	183	A	62	13:22
3	10/06/2011	Hòa Bắc	Hoà vang	Đà Nẵng	16.1260	108.0370	319	296	23	161	T	60	10:54
4	10/06/2011	Hòa Bắc	Hoà vang	Đà Nẵng	16.1280	108.0310	315	290	25	161	T	56	10:54
5	07/06/2013	Hòa K.Bắc	Liên Chiểu	Đà Nẵng	16.0840	108.1310	329	305	24	158	A	77	13:11
6	03/04/2014	Hòa K.Bắc	Liên Chiểu	Đà Nẵng	16.0700	108.1380	327	301	26	93	T	36	10:30
7	03/04/2014	Hòa K.Bắc	Liên Chiểu	Đà Nẵng	16.0820	108.1200	321	301	20	93	T	33	10:30
8	30/06/2013	Hòa H.Bắc	Liên Chiểu	Đà Nẵng	16.1250	108.1150	332	305	27	179	T	55	10:24
9	21/06/2014	Hòa Phú	Hoà Vang	Đà Nẵng	15.9800	108.0390	320	286	34	172	A	65	1:05
10	24/08/2014	Hòa H. Bắc	Liên Chiểu	Đà Nẵng	16.1760	108.1250	318	291	27	236	A	72	12:52
11	24/08/2014	Hòa H. Bắc	Liên Chiểu	Đà Nẵng	16.1680	108.1290	323	300	23	236	A	43	12:52
12	13/04/2014	Hoà Sơn	Hoà Vang	Đà Nẵng	16.0490	108.0930	331	303	28	102	T	71	10:24
13	10/08/2015	Hoà H.Bắc	Liên Chiểu	Đà Nẵng	16.1602	108.1168	328	299	29	222	T	70	10:43
14	10/08/2015	Hoà H.Bắc	Liên Chiểu	Đà Nẵng	16.1673	108.1217	333	300	33	222	T	75	10:43
15	08/08/2012	Hòa Phú	Hoà Vang	Đà Nẵng	15.9670	108.0150	329	280	49	220	T	82	10:48
16	16/05/2014	Hoà Liên	Hoà Vang	Đà Nẵng	16.0905	108.0643	337	301	36	136	A	57	13:17
17	21/06/2014	Hòa Phú	Hoà Vang	Đà Nẵng	15.9800	108.0390	327	297	30	172	A	49	1:05
18	08/07/2010	Đức Bồng	Vũ Quang	Hà Tĩnh	18.3860	105.5400	329	301	28	189	A	56	13:18

19	31/05/2010	Hương Thọ	Vũ Quang	Hà Tĩnh	18.3394	105.6086	324	293	31	151	A	74	13:55
20	08/07/2010	Sơn Tân	Hương Sơn	Hà Tĩnh	18.5560	105.5390	319	284	35	187	A	64	1:42
21	08/07/2010	Sơn Tiến	Hương Sơn	Hà Tĩnh	18.5760	105.5210	316	293	23	189	T	75	10:11
22	19/06/2010	Phương Mỹ	Hương Khê	Hà Tĩnh	18.3500	105.6300	313	286	27	170	T	85	22:11
23	29/06/2012	Hương Lâm	Hương Khê	Hà Tĩnh	18.0900	105.7200	314	280	34	180	A	72	13:05
24	06/08/2013	Hòa Hải	Hương Khê	Hà Tĩnh	18.2350	105.5880	317	291	26	159	T	54	10:48
25	04/06/2014	Hương Giang	Hương Khê	Hà Tĩnh	18.2280	105.7690	320	295	25	155	T	39	10:42
26	03/06/2014	Sơn Tiến	Hương Sơn	Hà Tĩnh	18.6040	105.4900	334	300	34	154	A	68	13:05
27	03/06/2014	Sơn Tiến	Hương Sơn	Hà Tĩnh	18.5920	105.5130	332	303	29	154	A	61	13:05
28	03/06/2014	Sơn Tiến	Hương Sơn	Hà Tĩnh	18.5980	105.4830	331	303	28	154	A	63	13:05
29	06/06/2014	Kỳ Tây	Kỳ Anh	Hà Tĩnh	18.0760	106.1480	326	292	34	155	T	80	10:42
30	12/08/2014	Sơn Tiến	Hương Sơn	Hà Tĩnh	18.6090	105.4840	315	278	37	223	A	9	1:35
31	01/07/2015	Kỳ Trinh	Kỳ Anh	Hà Tĩnh	18.0380	106.3460	327	305	22	182	A	24	12:59
32	10/06/2015	Sơn Trà	Hương Sơn	Hà Tĩnh	18.4980	105.5130	318	294	24	161	Terra	71	0:00
33	10/06/2015	Hương Lâm	Hương Khê	Hà Tĩnh	18.1090	105.6460	317	293	24	161	T	62	11:13
34	10/06/2015	Hương Lâm	Hương Khê	Hà Tĩnh	18.1110	105.6390	315	293	22	161	T	45	11:13
35	04/07/2015	Sơn Thọ	Vũ Quang	Hà Tĩnh	18.3950	105.4430	324	299	25	185	T	71	10:24
36	02/07/2015	Sơn Lĩnh	Hương Sơn	Hà Tĩnh	18.5220	105.3230	326	293	33	182	A	89	12:59
37	01/07/2015	Sơn Lĩnh	Hương Sơn	Hà Tĩnh	18.5250	105.3180	352	303	49	182	A	96	12:59
38	14/05/2014	Kỳ Hoa	Kỳ Anh	Hà Tĩnh	18.0070	106.2670	334	307	27	134	T	50	10:23
39	24/05/2014	Phúc Trạch	Hương Khê	Hà Tĩnh	18.1630	105.7850	325	294	31	144	T	71	11:00
40	24/05/2014	Kỳ Trinh	Kỳ Anh	Hà Tĩnh	18.0260	106.3200	320	291	29	144	T	56	11:00

41	16/05/2014	Hương Bình	Hương Khê	Hà Tĩnh	18.2130	105.6120	322	299	23	136	A	58	13:18
42	30/06/2015	Hương Minh	Vũ Quang	Hà Tĩnh	18.3420	105.5120	325	302	23	181	T	76	10:49
43	29/05/2015	Kỳ Lạc	Kỳ Anh	Hà Tĩnh	17.9560	106.1930	334	301	33	149	T	85	10:48
44	05/07/2010	Hà Linh	Hương Khê	Hà Tĩnh	18.2920	105.6740	331	308	23	127	A	70	13:06
45	02/07/2015	Sơn Lĩnh	Hương Sơn	Hà Tĩnh	18.5220	105.3230	352	303	49	182	A	96	12:59
46	02/07/2015	Sơn Kim 2	Hương Sơn	Hà Tĩnh	18.4104	105.3193	331	301	30	182	Aqua	83	12:59
47	22/7/2012	Sơn Thọ	Vũ Quang	Hà Tĩnh	18.0490	105.7040	319	294	25	104	A	29	13.11
48	13/8/2012	Kỳ Trung	Kỳ Anh	Hà Tĩnh	18.2070	105.9900	315	290	25	271	T	29	10.35
49	02/03/2010	Đồng Bảng	Mai Châu	Hòa Bình	20.7180	105.0110	326	304	22	61	A	57	13:20
50	02/03/2010	Cun Pheo	Mai Châu	Hòa Bình	20.7030	104.8610	316	292	24	61	A	67	1:30
51	03/03/2010	Thu Phong	Cao Phong	Hòa Bình	20.7600	105.3740	332	301	30	62	A	66	14:03
52	26/02/2010	Hào Lý	Đà Bắc	Hòa Bình	20.9380	105.2370	322	294	28	57	A	100	1:55
53	17/06/2010	Liên Vũ	Lạc Sơn	Hòa Bình	20.5020	105.5410	320	283	37	168	A	61	13:01
54	27/02/2010	Nam Phong	Cao Phong	Hòa Bình	20.6080	105.3250	326	305	21	57	A	62	13:44
55	26/02/2010	Đoàn Kết	Đà Bắc	Hòa Bình	20.8950	105.0490	331	306	25	57	A	65	13:45
56	26/02/2010	Hào Lý	Đà Bắc	Hòa Bình	20.9380	105.2370	332	298	34	57	A	100	1:55
57	26/02/2010	Toàn Sơn	Đà Bắc	Hòa Bình	20.8320	105.2690	329	286	43	57	T	67	10:35
58	05/05/2012	Hợp Thịnh	Kỳ Sơn	Hòa Bình	20.9990	105.3470	321	300	21	287	A	20	13:00
59	04/05/2012	Bình Hẻm	Lạc Sơn	Hòa Bình	20.5010	105.5360	315	295	20	125	A	65	13:00
60	04/04/2015	Độc Lập	Kỳ Sơn	Hòa Bình	20.8020	105.3820	322	305	17	94	T	70	10:41
61	22/01/2014	Cuôi Hạ	Kim Bôi	Hòa Bình	20.5920	105.5310	315	293	22	22	A	32	13:30

62	22/01/2014	Nuông Dăm	Kim Bôi	Hòa Bình	20.5290	105.6420	320	297	23	22	A	79	13:30
63	02/06/2014	Cuối Hạ	Kim Bôi	Hòa Bình	20.5750	105.5570	316	298	18	153	T	63	10:54
64	20/03/2013	Đồng Chum	Đà Bắc	Hòa Bình	20.9610	104.9870	315	297	18	69	A	61	13:55
65	25/02/2010	Hiền Lương	Đà Bắc	Hòa Bình	20.8316	105.2114	314	303	11	56	A	65	13:02
66	26/02/2010	P.Tân Hòa	Hòa Bình	Hòa Bình	20.8618	105.3284	335	301	35	57	A	100	1:55
67	02/10/2016	Tả Van	Sa Pa	Lào Cai	22.2730	103.9020	313	282	31	87	T	43	22.25
68	03/02/2012	Tả Van	Sa Pa	Lào Cai	22.2440	103.8710	320	289	31	107	T	99	22.25
	03/02/2012	Tả Van	Sa Pa	Lào Cai	22.2430	103.8610	318	287	31	107	T	71	22.25
69	02/02/2014	TT Sa Pa	Sa Pa	Lào Cai	22.1840	103.9380	312	285	27	79	T	22	22.37
	02/02/2014	TT Sa Pa	Sa Pa	Lào Cai	22.1860	103.9500	320	284	36	79	T	47	22.27
	02/03/2014	TT Sa Pa	Sa Pa	Lào Cai	22.1840	103.9490	316	292	24	80	T	76	10.46
	02/03/2014	TT Sa Pa	Sa Pa	Lào Cai	22.1850	103.9400	315	291	24	80	T	49	10.46
70	03/05/2014	Tả Van	Sa Pa	Lào Cai	22.2450	103.8500	313	285	28	110	T	26	21.54
	03/05/2014	Tả Van	Sa Pa	Lào Cai	22.2480	103.8670	312	287	25	110	T	42	21.54
	03/06/2014	Tả Van	Sa Pa	Lào Cai	22.2430	103.8540	321	293	28	111	A	48	13.12
	03/06/2014	Tả Van	Sa Pa	Lào Cai	22.2330	103.8560	335	295	40	111	A	88	13.12
71	08/02/2010	Bản Hồ, Tả Van	Sa Pa	Lào Cai	22.2300	103.9350	314	288	26	85	T	59	21.42
	08/02/2010	Bản Hồ, Tả Van	Sa Pa	Lào Cai	22.2200	103.9500	312	296	16	85	A	40	13.57
	08/02/2010	Bản Hồ, Tả Van	Sa Pa	Lào Cai	22.2280	103.9430	324	296	28	85	A	80	13.57

08/02/2010	Bản Hồ, Tả Van	Sa Pa	Lào Cai	22.2330	103.9340	316	287	29	86	A	93	6.07
09/02/2010	Bản Hồ, Tả Van	Sa Pa	Lào Cai	22.2360	103.9050	313	292	21	86	T	43	11.29
09/02/2010	Bản Hồ, Tả Van	Sa Pa	Lào Cai	22.2270	103.9500	316	293	23	86	T	62	11.29
09/02/2010	Bản Hồ, Tả Van	Sa Pa	Lào Cai	22.2450	103.9310	327	288	39	86	T	100	22.25
09/02/2010	Bản Hồ, Tả Van	Sa Pa	Lào Cai	22.2440	103.9210	327	289	38	86	T	100	22.25
09/02/2010	Bản Hồ, Tả Van	Sa Pa	Lào Cai	22.2510	103.9360	314	287	27	86	A	45	1.12
10/02/2010	Bản Hồ, Tả Van	Sa Pa	Lào Cai	22.2510	103.9050	340	298	42	87	T	91	10.34
10/02/2010	Bản Hồ, Tả Van	Sa Pa	Lào Cai	22.2460	103.9400	329	297	32	87	T	35	10.34
10/02/2010	Bản Hồ, Tả Van	Sa Pa	Lào Cai	22.1870	103.9340	332	296	36	87	A	41	13.45
10/02/2010	Bản Hồ, Tả Van	Sa Pa	Lào Cai	22.2070	103.9190	326	303	23	87	A	74	13.45
10/02/2010	Bản Hồ, Tả Van	Sa Pa	Lào Cai	22.2490	103.9110	324	297	27	87	A	37	13.45
10/02/2010	Bản Hồ, Tả Van	Sa Pa	Lào Cai	22.4210	103.9080	334	303	31	87	A	58	13.45
10/02/2010	Bản Hồ, Tả Van	Sa Pa	Lào Cai	22.2220	103.9110	317	291	26	87	A	78	1.54
10/02/2010	Bản Hồ, Tả Van	Sa Pa	Lào Cai	22.1090	103.9450	349	293	56	87	A	100	1.54
10/02/2010	Bản Hồ, Tả Van	Sa Pa	Lào Cai	22.1880	103.9550	330	290	40	87	A	100	1.54
12/02/2010	Bản Hồ, Tả Van	Sa Pa	Lào Cai	22.1770	103.9670	348	286	62	87	T	100	22.55
12/02/2010	Bản Hồ, Tả Van	Sa Pa	Lào Cai	22.1780	103.9440	320	298	22	87	A	72	13.33



Bảng 3.17. Danh mục các điểm cháy thực tế không có điểm dị thường nhiệt

TT	Ngày cháy	Diện tích	Xã/Phường	Quận/Huyện	Tỉnh/Thành phố
1	15/05/2014	1.7	Hòa Hiệp Bắc	Liên Chiểu	Đà Nẵng
2	15/4/2010	0.5	Bãi Bắc	Sơn Trà	Đà Nẵng
3	14/7/2012	0.8	Hoà Khánh Bắc	Liên Chiểu	Đà Nẵng
4	16/5/2014	1.2	Hòa Khánh Nam	Liên Chiểu	Đà Nẵng
5	16/5/2014	2	Hoà Liên	Hoà Vang	Đà Nẵng
6	22/5/2010	0.5	Hoà Hiệp Bắc	Liên Chiểu	Đà Nẵng
7	21/3/2010	1.5	Hoà Sơn	Hoà vang	Đà Nẵng
8	09/03/2013	0.5	Hoà H.Bắc	Liên Chiểu	Đà Nẵng
9	02/06/2010	5.5	Hương Thọ	Vũ Quang	Hà Tĩnh
10	29/06/2012	2.7	Đức Giang	Vũ Quang	Hà Tĩnh
11	07/06/2014	5	Kỳ Trinh	TX. Kỳ Anh	Hà Tĩnh
12	10/06/2015	3.9	Ân Phú	Vũ Quang	Hà Tĩnh
13	03/01/2015	13	Sơn Thọ	Vũ Quang	Hà Tĩnh
14	03/07/2015	4.5	Đức Lạng	Đức Thọ	Hà Tĩnh
15	25/05/2014	2.68	Cẩm Mỹ, Cẩm Duệ	Cẩm Xuyên	Hà Tĩnh
16	23/05/2014	15.8	Lộc Yên	Hương Khê	Hà Tĩnh
17	07/07/2010	10	Sơn Thịnh,	Hương Sơn	Hà Tĩnh
18	02/07/2015	2.5	Sơn Quang	Hương Sơn	Hà Tĩnh
19	6/20/2010	4.5	TT Vũ Quang	Vũ Quang	Hà Tĩnh
20	20/5/2010	1	Sơn Tiến	Hương Sơn	Hà Tĩnh
21	20/6/2010	4.5	TT Vũ Quang	Vũ Quang	Hà Tĩnh
22	20/6/2010	4.5	Cẩm Mỹ	Cẩm Xuyên	Hà Tĩnh
23	20/6/2014	0.5	Sơn Thủy	Hương Sơn	Hà Tĩnh
24	03/03/2010	3	Mỹ Thành	Lạc Sơn	Hòa Bình
25	26/02/2010	2	Tu Lý	Đà Bắc	Hòa Bình
26	03/05/2012	15.4	Mỹ Thành	Lạc Sơn	Hòa Bình
27	20/01/2014	1.5	My Hòa	Kim Bôi	Hòa Bình
28	21/04/2015	1.2	Yên Thượng	Cao Phong	Hòa Bình
29	21/4/2015	0.7	Yên Thượng	Cao Phong	Hòa Bình

**PHỤ LỤC 03: DANH MỤC CÁC LOẠI VỆ TINH ĐANG HOẠT ĐỘNG**

Vệ tinh	Quốc gia	Năm phóng	Bộ cảm	Độ phân giải không gian m					Độ rộng cảnh (km)	Chu kỳ lặp (ngày)
				PAN	VNIR	SWIR	TIR	SAR		
Landsat-5	Mỹ	1984	TM		30	30	120		185	16
IRS-1A	Ấn Độ	1988	LISS I		72				148	22
			LISS 2		36				74	22
Resurs-O1 N2	Nga	1988	MSU-SK		170		600		600	2-4
SPOT-2	Pháp	1990	HRV	10	20				60	1-26
ERS-1	Châu Âu	1991	AMI-SAR					30/C	100	16-35
			ATSR-1		1000	1000	50000		500	16-35
IRS-1B	Ấn Độ	1991	LISS I		72				148	22
			LISS 2		36				74x2	22
Meteosat-5	Châu Âu	1991	VISSR	2500			5000		Bán cầu	0,02
NOAA-12	Mỹ	1991	AVHRR/2		1100	1100	1100		3000	0,5
TOPEX/ Poesidon	Pháp/ Mỹ	1992	ALT					2000/K	NA	10
Meteosat-6	Châu Âu	1993	VISSR	2500			5000		Bán cầu	0,02
IRS-P2	Ấn Độ	1994	LISS 2		36				132	24
NOAA-14 (J)	Mỹ	1994	AVHRR/2		1100	1100	1100		3000	0,5
Resurs-O1 N3	Nga	1994	MSU-SK		170		600		600	2-4
ERS-2	ESA	1995	AMI-SAR					30/C	100	16-35
			ATSR-2		1000	1000	50000		500	16-35
GOES-9	Mỹ	1995	Imager		1000, 4000				Bán cầu	0,02
			Sounder		10000	10000	10000		Bán cầu	0,02
IRS-1C	Ấn Độ	1995	PAN	6					70	2-24
			LISS 3		23	70			142-148	24
			WiFS		188	188			774	5-24
Radarsat	Canada	1995	SAR					10-100/C	45-500	4-6

IRS-P3	Ấn Độ	1996	MOS		500				200	5
			WiFS		188	188			770	5
Priroda/Mir	Nga	1996	MOMS-2P		6	16			44-88	14
			MSU-SK		120-300		600		350	14
GOES-10	Mỹ	1997	Imager		1000, 4000				Bán cầu	0.02
			Sounder		10000	10000	10000		Bán cầu	0.02
Meteosat-7	Châu Âu	1997	VISSR	2500			5000		Bán cầu	0.02
OrbView-2 (SeaStar)	Mỹ/ Orbimage	1997	SeaWiFS		1100-4500				1500-2800	1-2
TRMM	Mỹ/ Nhật	1997	PR					4.3km/K	220	0.067
			TMI					4- 38km X,K,Q,W	790	0.067
SPOT-4	Pháp	1998	2xHRV-IR	10	10.2	10, 20			60	3
			Vegetation		1000	1000			2200	1
Landsat- 7	Mỹ	1999	ETM+	15	30	30	60		185	16
Ikonos	Mỹ/ Space Imaging	1999	Ikonos	1	4				11	3
CBERS	Trung Quốc/ Brazil	1999	CCD	20	20	20			120	3-26
			IR-MSS	80		80	80		120	26
			WFI		260	260			900	3-5
Tera (EOS AM-1)	Mỹ/Nhật	1999	ASTER		15	20	90		60	16
			MISR		240, 480, 960, 1900				370-408	2-9
			MODIS		250, 500, 1000	500, 1000	1000		2300	2
EROS-A	Israel Imagesat	2000	EROS-A	2				14	3-4	
NOAA-16 (L)	Mỹ	2001	AVHRR/3		1100	1100	1100		3000	0.5
Jason-1	Mỹ/Pháp	2001	ALT					2000/K	?	10

Quickbird-2	Mỹ: DigitalGlobe	2001	Quickbird	1	4				22	3-5
Aqua (EOSPM-1)	Mỹ	2002	MODIS		250, 500, 1000	500, 1000	1000		2300	2
ENVISAT-1	ESA	2002	AATSR		1000	1000	1000		512	3
			ASAR					30/C	100	3
			MERIS						300, 575, 1150	3
NOAA-17 (M)	Mỹ	2002	AVHRR/3		1100	1100	1100		3000	0.5
SPOT-5a	Pháp	2002	Vegetation		1000	1000			2200	1
OrbView-3	Mỹ/ Orbimage	2003	OrbView-3	1	4				8	3
BILSAT	Thổ Nhĩ Kỳ: BILTEN	2003	BILSAT	12	26				55.25	4
IRS-P6 (RESOURCESAT-1)	Ấn Độ	2003	LISS 3		24	24	24		140	24
			LISS 4	6	6	6	6		24-70	5-24
			AWiFS		60	60	60		740	24
CBERS-2	Trung Quốc/ Brazil	2003	CCD	20	20	20			120	3-26
			IR-MSS	80		80	80		120	26
			WFI		260	260			900	3-5
FORMO SAT-2	Đài Loan/Pháp	2004	RIS							
			ISUAL							
NOAA-18 (N)	Mỹ	2004	AVHRR/3		1100	1100	1100		3000	0.5
ALOS	Nhật	-2004	AVNIR-2	3	15-Oct				35.70	2-45
			PALSAR					10,100/L	70-350	45
Radarsat- 2	Canada	2004	SAR					3-100/C	10-500	4-6
SPOT-5b	Pháp	2004	HRG	5	10	20			60	3
			Vegetation		1000	1000			2200	1
EOS AM-2	Mỹ	2004	MISR		240, 480, 960, 1900				370-408	2-9

			MODIS		250,500, 1000	500, 1000	1000		2300	2
Almaz-1b	Nga	2005	MSU-E2		10				24	3
			MSU-SK		170			600	300	3
			SROMN		600	600	600		1100	3
			SAR-3					5-7/X	20-30	3
			SAR-10					5-30/S	20-170	3
			SAR-70					30/L	120-170	3
			SLR-3					5-700/X	450	3
OSTM	Mỹ/Pháp	2006	ALT					2000/K	NA	10
THAIOS	Thái Lan	2007								
HYDROS	Mỹ	2009	MOIST					40000/L	1000	3
ARIES-1	Úc		ARIES	10	30	30			15	7
Resurs-O2	Nga		MSU-SK		170		600		600	2-4

## **PHỤ LỤC 04. HOẠT ĐỘNG CỦA PHẦN MỀM PHÁT HIỆN VÀ TRUYỀN TIN CHÁY RỪNG**

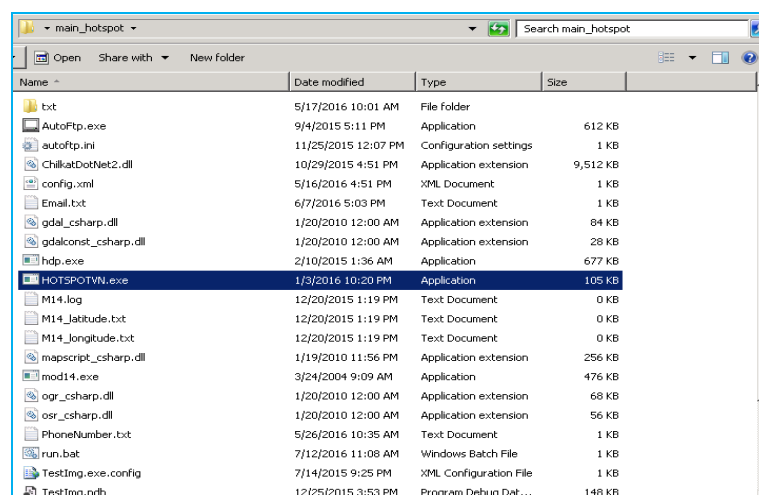
### **I. Phần mềm phát hiện sớm và truyền tin cháy rừng từ ảnh vệ tinh**

Phần mềm được xây dựng trên nền ngôn ngữ lập trình C# và sử dụng các phần mềm hỗ trợ khác như Visual studio, ArcGIS Server 10.0. Phần mềm có các chức năng chính: (1). Thu nhận và xử lý ảnh vệ tinh Modis từ website của NASA để phân tích và truy xuất danh sách các điểm hotspot trên toàn lãnh thổ Việt Nam. (2). Báo cáo danh sách điểm hotspot lên trang web bao gồm các thông tin tọa độ điểm cháy, thông tin chi tiết về loại rừng, lô, khoảnh, tiểu khu và chủ rừng quản lý. Phần mềm phát hiện cháy rừng từ ảnh vệ tinh được cài đặt trên máy chủ chạy hệ điều hành Windows, có .NET Framework 4.0 trở lên; Microsoft SQL Server 2008.

#### **Sử dụng và khai thác các thông tin từ phần mềm**

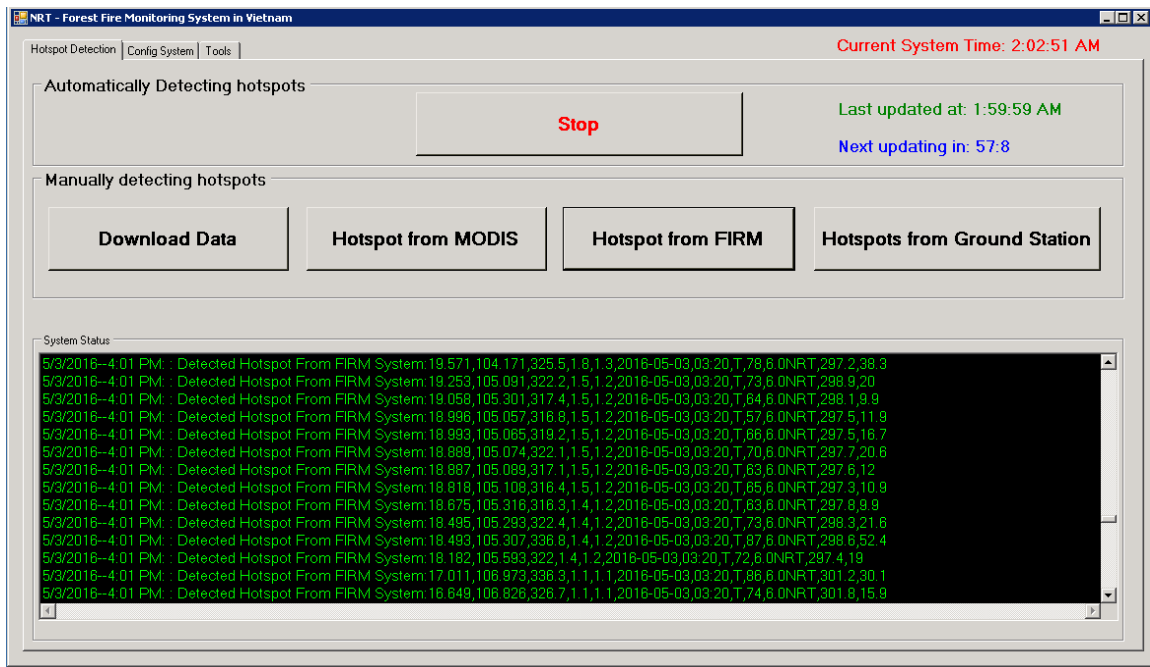
Phần mềm được cài đặt sẵn trên máy chủ và tự động chạy liên tục để cập nhật điểm cháy thường xuyên sau khi thu nhận và xử lý ảnh vệ tinh. Phần mềm tự động chạy và liên tục thu nhận các ảnh Modis từ website của NASA, sau 60 phút sẽ tự động tải ảnh và phân tích dữ liệu ảnh để truy xuất các điểm di thường nhiệt (hotspot) trên ảnh và đưa lên trang thông tin.

Để khởi động phần mềm, người sử dụng cần có tài khoản để vào máy chủ và mở folder chứa phần mềm, trong folder chứa phần mềm, double click vào file HOTSPOTVN.exe để khởi động.



## File khởi động phần mềm

### Giao diện của phần mềm



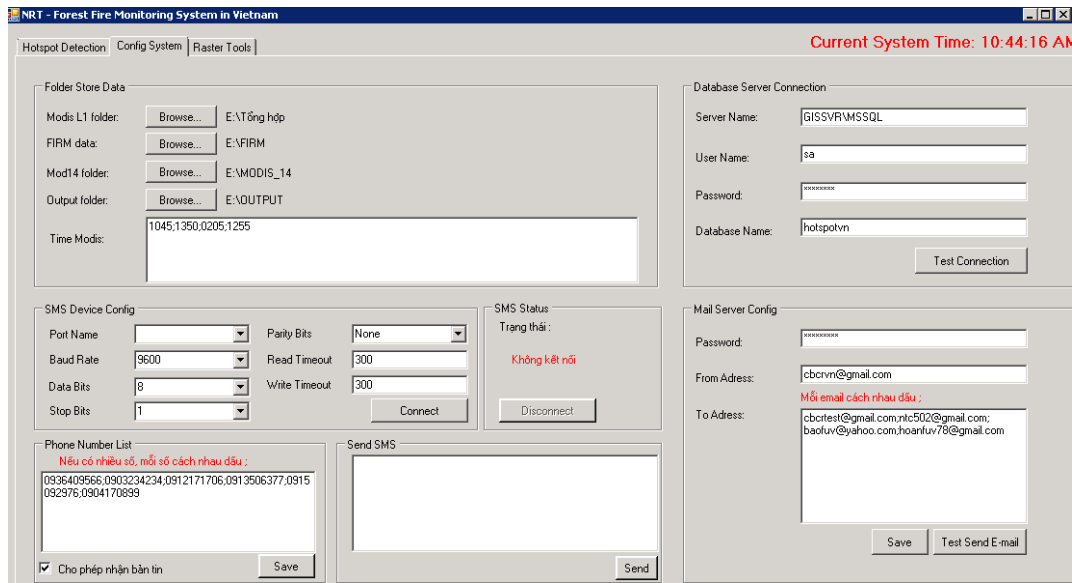
### Giao diện phần tải và cập nhật điểm cháy

Gồm có các chức năng:

- Download Data: Dùng để download ảnh Modis vào cơ sở dữ liệu (file .HDF)
- Hotspot from MODIS: Dùng để đọc ảnh đã được tải về và lưu trong máy, các ảnh trong thời điểm quá khứ được thu thập và kiểm chứng bằng chức năng này
- Hotspot from FIRM: Dùng để đọc các ảnh sau khi đã tự động download thành công và lưu trữ trong ổ cứng máy chủ. Các file ảnh tự động tải về sẽ được xử lý và export ra file lưu trữ dạng .tha (đuôi file của phần mềm) theo thứ tự ngày trong năm của ảnh.
- Hotspots from Ground Station: Dùng để nhập hoặc lấy tọa độ đám cháy trực tiếp từ các trạm quan trắc và đưa thông tin đám cháy lên bản đồ Web-Gis

Để truyền thông tin về các điểm hotspot đến các cơ quan và cá nhân, phần mềm được tích hợp sẵn các địa chỉ email và số điện thoại. Định kỳ hàng ngày sẽ gửi

thông tin về các điểm có nguy cơ cháy rừng qua email và tin nhắn đến số điện thoại đã được xác lập. Giao diện phần truyền tin.



### ***Giao diện các thông tin phục vụ truyền tin cháy rừng***

Các số điện thoại và email để phần mềm tự động truyền tin về danh sách các điểm cháy được thiết lập tại đây. Hệ thống sẽ tự động gửi email và tin nhắn SMS cho các cá nhân và cơ quan quản lý

Phần mềm cho phép tra cứu các thông tin phục vụ quá trình quản lý, báo cáo thông tin cháy rừng trong quá khứ theo nhiều hướng đối tượng khác nhau gồm: Tra cứu thông tin điểm cháy trong ngày, tra cứu thông tin điểm cháy theo thời gian, tra cứu thông tin điểm cháy theo địa phương; tra cứu điểm cháy trong phạm vi đất rừng, thông tin các điểm cháy trên bản đồ,

## **II. Phần mềm phát hiện sớm và truyền tin cháy rừng từ trạm quan trắc**

Phần mềm được hoàn thiện từ mô hình phát hiện sớm và truyền tin cháy rừng từ trạm quan trắc, sử dụng thuật toán phát hiện khói và lửa trong phân tích ảnh các đám cháy, để trích xuất ra các thông tin về đám cháy. Phần mềm có chức năng phân tích tư liệu ảnh đa thời gian, được chụp từ camera IP, nhằm phát hiện và truyền tin cháy rừng. Phần mềm được cài đặt và vận hành tự động trên máy tính, khi có các đám cháy xuất hiện, sẽ tự động phân tích ảnh chụp các đám cháy, phát hiện và thông tin



đám cháy tới chủ rừng, bao gồm tọa độ và ảnh đám cháy thông qua tin nhắn (SMS) và thư điện tử (Email, OTT). Phần mềm sử dụng kết hợp các thuật toán phát hiện đám cháy đang được ứng dụng rộng rãi trên thế giới. Phần mềm được phát triển trên nền ngôn ngữ C# và một số chương trình hỗ trợ khác như: Visual Studio 10, Canon EDSDK Tutorial.

Cơ sở dữ liệu của phần mềm bao gồm: (1) Thông tin chi tiết về đám cháy đang diễn ra gồm: tọa độ, số hiệu lô, khoảnh, tiểu khu, tên chủ rừng; (2) Ảnh đám cháy hiện tại được chụp từ trạm quan trắc; (3) Thông tin về đám cháy được chuyển lên trang web dành cho quản trị viên để xác nhận thông tin và truyền tin xử lý đám cháy.

Phần mềm được xây dựng trong máy chủ và chuyển thể lên website để quản trị viên tác nghiệp thông qua internet. Phần mềm bao gồm các module chức năng được phân thành 3 module chính.

+ Module quản trị hệ thống có chức năng điều khiển hoạt động của các trạm, thông tin người dùng hệ thống và thông qua mạng internet.

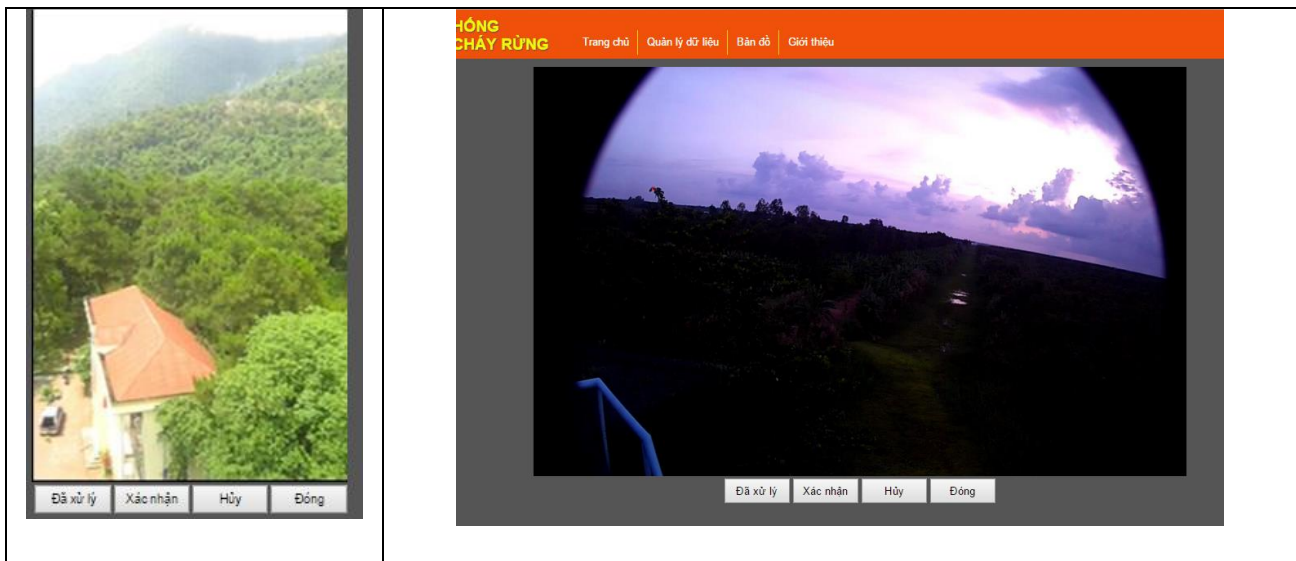
Module quản trị hệ thống như sau:

HE THONG GIAM SAT CHAY RUNG					
DIEN BIEN CHAY RUNG TAI CAC TRAM GIAM SAT					
3	Trạm VQG Ba Vì	0.0000000000000000, 0.0000000000000000	Khởi	14/5/2016 10:17:21 AM	(5/14/2016 11:01:20 AM)
4	Trạm VQG Ba Vì	0.0000000000000000, 0.0000000000000000	Khởi	14/5/2016 10:09:45 AM	Chưa xác nhận (5/14/2016 11:00:49 AM)
5	Trạm Chương Mỹ	105.0000000000000000, 21.0000000000000000	Khởi	10/5/2016 10:38:23 PM	Chưa xác nhận (5/10/2016 10:40:23 PM)
6	Trạm Chương Mỹ	105.0000000000000000, 21.0000000000000000	Khởi	10/5/2016 10:37:24 PM	Chưa xác nhận (5/10/2016 10:38:23 PM)
7	Trạm Chương Mỹ	105.0000000000000000, 21.0000000000000000	Khởi	10/5/2016 10:38:34 PM	Chưa xác nhận (5/10/2016 10:37:24 PM)
8	Trạm Chương Mỹ	105.0000000000000000, 21.0000000000000000	Khởi	10/5/2016 10:35:45 PM	Chưa xác nhận (5/10/2016 10:38:34 PM)
9	Trạm Chương Mỹ	105.0000000000000000, 21.0000000000000000	Khởi	10/5/2016 10:35:30 PM	Chưa xác nhận (5/10/2016 10:35:45 PM)
10	Trạm Chương Mỹ	105.0000000000000000, 21.0000000000000000	Khởi	10/5/2016 10:32:21 PM	Chưa xác nhận (5/10/2016 10:35:30 PM)
11	Trạm Chương Mỹ	105.0000000000000000, 21.0000000000000000	Khởi	10/5/2016 10:30:18 PM	Chưa xác nhận (5/10/2016 10:32:21 PM)
12	Trạm Chương Mỹ	105.0000000000000000, 21.0000000000000000	Khởi	10/5/2016 10:29:48 PM	Chưa xác nhận (5/10/2016 10:30:18 PM)
13	Trạm VQG U Minh Thượng	105.0000000000000000, 21.0000000000000000	Khởi	12/11/2015 3:34:14 PM	Chưa xác nhận (11/12/2015 3:36:05 PM)

### **Module quản trị hệ thống của phần mềm**

+ Module xử lý thông tin đám cháy có chức năng hiển thị thông tin đám cháy và các thao tác xử lý đám cháy cho quản trị viên. Trong trường hợp có cháy rừng xảy

ra, sau khi kiểm tra thông tin thực tế từ ảnh của trạm quan trắc, phần mềm sẽ cho phép xử lý và truyền tin đám cháy để tổ chức chữa cháy kịp thời .



**Module xử lý thông tin đám cháy**

+ Module tra cứu và báo cáo thông tin cháy rừng có chức năng tổng hợp và cho phép tra cứu các thông tin của các đám cháy. Ngoài các thông tin về đám cháy được báo cáo qua email và SMS, phần mềm cũng tích hợp bản đồ các điểm cháy cho phép người dùng tra cứu một cách trực quan và tổng thể.

Sơ đồ mô hình hóa hợp phần tra cứu thông tin như sau:



**Module tra cứu và báo cáo thông tin**

**Quy trình tiếp nhận và xử lý tin cảnh báo từ hệ thống cảnh báo sớm cháy rừng**

**Bước 1: Kiểm tra thông tin đám cháy**

Khi nhận được tin nhắn SMS từ hệ thống cảnh báo sớm cháy rừng, quản trị viên truy cập Internet và sử dụng quyền quản trị để xử lý

- Truy cập địa chỉ: <http://gscr.siteam.vn>

- Đăng nhập vào hệ thống theo tài khoản đã được phân quyền

- Truy cập vào trang chủ

- Nhấn chọn tin cảnh báo mới nhất có biểu tượng đóm lửa nhấp nháy để xem ảnh từ các trạm gửi về

### **Bước 2: Xử lý thông tin đám cháy**

Kiểm tra kỹ ảnh của ảnh chụp đám cháy từ các trạm quan trắc gửi về để xác nhận khu vực, quy mô đám cháy, nếu có xảy ra cháy, quản trị viên dùng lệnh “Xác nhận” để hệ thống phát đi thông cảnh báo cháy rừng, nếu không phát hiện có đám cháy hoặc đám dùng lệnh “Hủy” để dừng cảnh báo thông tin.

+ Với lệnh “Xác nhận”, hệ thống sẽ tự động gửi tin nhắn cảnh báo kèm theo Email đến các địa chỉ liên lạc được cài đặt trong cơ sở dữ liệu của hệ thống có liên quan đến trạm đã gửi tin cảnh báo về để cảnh báo.

+ Với lệnh “Hủy”, hệ thống sẽ coi đó là một cảnh báo nhầm và không truyền tin cảnh báo đám cháy.

Việc xác nhận thông tin là việc làm hết sức quan trọng và có ảnh hưởng rất lớn đến nhiều đối tượng khác nhau. Chính vì vậy, quản trị viên phải là người có kinh nghiệm và am hiểu địa hình, hiện trạng rừng khu vực được phân công theo dõi để truyền tin một cách chính xác nhất.

### **Bước 3: Truyền tin đám cháy**

Hệ thống sẽ truyền tin đám cháy đến các địa chỉ Email và các số điện thoại của các nhà quản lý, các cấp có thẩm quyền để triển khai các phương án chữa cháy. Bên

cạnh đó, quản trị viên phải thông báo đến các cấp, các đơn vị có liên quan đến khu vực có đám cháy để kịp thời xử lý.

### **c. Công việc sau chữa cháy**

- Sau khi thực hiện chữa cháy rừng theo tin cảnh báo từ hệ thống, nhân viên giám sát phải thực hiện xác nhận thông tin đã xử lý đám cháy mà hệ thống đã cảnh báo bằng cách thực hiện các thao tác sau:

- Truy cập địa chỉ: <http://gscr.siteam.vn>

- Đăng nhập vào hệ thống theo tài khoản đã được phân quyền

- Nhấn chọn tin cảnh báo mới nhất có biểu tượng đám lửa nhấp nháy để xem ảnh từ các trạm gửi về ở trạng thái đã xác nhận.

- Dùng lệnh “Đã xử lý” để hệ thống ngừng cảnh báo về đám cháy đó nữa, đồng thời lưu trữ thông tin về thời gian xử lý các đám cháy rừng.

### **d. Xử lý sự cố của trạm giám sát**

- Các trạm giám sát cháy rừng tự động được cài đặt để liên tục gửi thông tin trạng thái hoạt động của các trạm về máy chủ, nếu theo chu kỳ mà trạm nào không gửi thông tin trạng thái về máy chủ thì có nghĩa là trạm đó đã gặp sự cố.

- Nếu hệ thống gặp sự cố, hệ thống sẽ gửi tin cảnh báo đến nhân viên giám sát và nhân viên phụ trách trạm kiểm tra hoạt động của trạm, có thể trạm rơi vào một trong số các sự cố sau:

+ *Mất điện*: Đèn báo nguồn tại trạm giám sát không sáng. Khi nguồn điện cung cấp cho trạm bị gián đoạn hoặc nếu trạm hoạt động dựa vào pin mặt trời thì có thể sự cố do bộ lưu trữ điện hoặc tấm pin có sự cố. Nếu trạm dùng pin cần thông báo đến bên cung cấp dịch vụ để kịp thời khắc phục sự cố.

+ *Mất sóng viễn thông hoặc sóng viễn thông quá yếu*: Không thực hiện bất kỳ thao tác nào, bởi trạm giám sát sẽ tự động kết nối Internet lại khi có sóng. Có thể

kiểm tra lỗi này bằng điện thoại có khả năng kết nối Internet 3G, nếu điện thoại kết nối được thì trạm cũng sẽ tự động kết nối lại được.

+ *Lỗi bộ xử lý dữ liệu hoặc phần mềm*: Khi kiểm tra nguồn điện không lỗi, sóng viễn thông vẫn có thì có thể trạm giám sát bị lỗi bộ xử lý dữ liệu hoặc phần mềm xử lý dữ liệu. Các thông tin về sự cố cần được tư vấn hỗ trợ của kỹ thuật viên để đảm bảo hoạt động cho các trạm và độ chính xác của thông tin cảnh báo.