Tạp chí KHLN 3/2016 (4538 - 4546)
©: Viện KHLNVN - VAFS
ISSN: 1859 - 0373 Đăng tải tại: www.vafs.gov.vn

# NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG PHẦN MỀM TỰ ĐỘNG PHÁT HIỆN SỚM CHÁY RỪNG TỪ TRẠM QUAN TRẮC MẶT ĐẤT

**Trần Quang Bảo, Nguyễn Trọng Cương, Lê Ngọc Hoàn, Mai Hà An**
*Trường Đại học Lâm nghiệp*

***Từ khóa:*** Camera IP, cháy rừng, phát hiện cháy rừng, phần mềm

**TÓM TẮT**

Bài báo trình bày kết quả phát triển phần mềm phát hiện cháy rừng từ trạm quan trắc mặt đất của Trường Đại học Lâm nghiệp. Phần mềm sử dụng thuật toán phát hiện khói và lửa trong phân tích ảnh các đám cháy, nhằm 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, phần mềm 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.

***Keywords:*** Forest fire, forest fire detection, software, IP camera

**Designing an application software for early automatic detection of forest fires from ground monitoring station**

This paper presents the results of software development to detect forest fire from ground monitoring stations. The software uses algorithms to detect smoke and fire by image processing in order to extract forest fire information. The software analyzes multi - time pictures taken from IP cameras to detect and communicate forest fire information. The software is installed and operating automatically on the computer. When fires occur, the software will automatically analyze images of the fire to detect fire information and transfer to forest owners, including coordinate system and photo of the fires via text messages (SMS) or email (Email, OTT). The software is used fire detection algorithms widely used in the world. The software was developed by C # language and some other support programs, such as Visual Studio 10, Canon EDSDK Tutorial. Software has been operated many times and works effectively in practice.

## I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nước ta có hơn 14 triệu ha rừng (Bộ NN&PTNT, 2016), trong đó diện tích rừng chủ yếu phân bố ở khu vực có địa hình phức tạp, các vùng xa xôi hẻo lánh, điều kiện đi lại không thuận lợi. Nếu xảy ra cháy rừng, để phát hiện và chữa cháy kịp thời thì diện tích rừng thiệt hại do cháy rừng gây ra rất lớn. Ở hầu hết các địa phương vào mùa cháy rừng thường duy trì chế độ trực cháy thông qua theo dõi thường xuyên cả ngày lẫn đêm. Tuy nhiên, do hạn chế về nhân lực và các trang thiết bị hiện đại, việc phát hiện sớm cháy rừng thường không kịp thời. 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, do vậy hiệu quả chữa cháy thường thấp, tổn thất về tài nguyên rừng rất lớn.

Những năm gần đây, việc đẩy mạnh ứng dụng những thành tựu của khoa học công nghệ trong quản lý tài nguyên rừng đã được quan tâm và phát triển rộng rãi. Việc ứng dụng công nghệ viễn thám trong công tác dự báo cháy rừng đã mang lại những hiệu quả cao, giúp phát hiện sớm và ngăn ngừa được những đám cháy lớn, đặc biệt là vào mùa khô. Tuy vậy sử dụng ảnh viễn thám để phát hiện sớm cháy rừng chỉ phù hợp với những nơi vùng núi xa xôi, hiểm trở, điều kiện đi lại khó khăn, hạn chế được một phần thiệt hại khi có cháy rừng lớn xảy ra. Ngoài ra, việc dự báo cháy rừng bằng ảnh viễn thám phải cần một khoảng thời gian nhất định cho quá trình thu thập, phân tích và xử lý ảnh. Do đó không đảm báo tính kịp thời trong chữa cháy rừng, đặc biệt là đối với những khu vực dễ cháy vào mùa khô. 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 và bố trí người trực thường xuyên 24 giờ trong ngày. Tuy nhiên, mô hình này thường không đem lại hiệu quả cao do ảnh hưởng của yếu tố con người, công nghệ và thời gian, tốn kém nhiều nhân lực và chi phí phát sinh.

Để khắc phục vấn đề nêu trên, phần mềm ứng dụng phát hiện sớm cháy rừng từ trạm quan trắc được thiết kế và xây dựng với mục tiêu phát hiện sớm các đám cháy lúc mới phát sinh thông qua các camera IP đặt tại các trạm quan trắc. Phần mềm có chức năng tự động thu nhận thông tin, xử lý ảnh hiện trường, phát hiện những đám cháy và truyền thông tin đám cháy chủ rừng và cán bộ quản lý.

## II. VẬT LIỆU, PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Vật liệu nghiên cứu

Vật liệu phục vụ nghiên cứu và xây dựng phầm mềm bao gồm: Hệ thống các thiết bị phục vụ xây dựng trạm quan trắc mặt đất để thu thập các thông tin về điểm cháy khi mới phát sinh, bao gồm: Camera IP có độ phân giải ảnh 20Mp, giá đỡ camera và Motor quay, bản mạch để điều khiển chế độ quay của Camera, máy tính NUC PC để chạy phần mềm phân tích và xử lý ảnh và USB 3G để truyền thông tin đám cháy.

Các ảnh đám cháy trong thực tế là tư liệu và cũng là đối tượng nghiên cứu chính của phần mềm. Trong đó, sau mỗi thời điểm khác nhau, sự thay đổi về các giá trị của khói và lửa thu được trên ảnh là cơ sở để báo cáo về đám cháy được phát sinh.

### 2.2. Cơ sở lý thuyết phát triển phần mềm

Hình ảnh chụp hiện trường quan sát được thu được từ camera IP. Camera IP là thiết bị thu cho chất lượng hình ảnh được đảm bảo, không bị nhiễu bởi đường truyền tín hiệu. Tư liệu thu được là một loạt ảnh liên tiếp chụp trong vùng quan sát, số khung hình thu được trong 1 giây tùy thuộc vào từng loại camera khác nhau (khoảng 20 khung hình trong 1 giây). Ưu điểm của camera IP là cho phép truy cập lấy dữ liệu

của camera thu được từ máy tính một cách dễ dàng, thông qua kết nối mạng và dữ liệu thu được thường ở dạng ảnh JPEG (Leonardo Millan - Garcia *et al*., 2012).

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 (Leonardo Millan - Garcia *et al*., 2012).

Ảnh thu được từ camera thường có độ phân giải tương đối lớn, tối thiểu cũng có độ phân giải 1280 × 720 pixels, nếu ta thực hiện các phép phân tích xử lý hình ảnh trực tiếp lên các ảnh này thì thời gian xử lý sẽ tương đối chậm nhưng sẽ cho độ chính xác cao, ngược lại nếu ta thu nhỏ kích thước ảnh rồi thực hiện các phép xử lý sẽ cho tốc độ cao hơn nhưng độ chính xác sẽ bị giảm đi.

Hình ảnh thu được từ camera sẽ được phân chia thành các phần tử có kích thước 8 × 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 × 8 pixel để thu được các khối DCT có kích thước 4 × 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 không phải là đám cháy (Chunyu Yu *et al.*, 2013; Leonardo Millan - Garcia *et al*., 2012).

Sử dụng ngôn ngữ C# và một số chương trình hỗ trợ khác như: Visual Studio 10, Canon EDSDK Tutorial để phát triển xác modul thu nhận dữ liệu, phân tích dữ liệu, kết xuất kết quả và truyền thông tin cháy rừng tới người sử dụng (CHEN Junzhou *et al.,* 2013; John Sharp, 2010).

### 2.3. Các bước thực hiện

- Xây dựng hệ thống cơ sở dữ liệu: Cơ sở dữ liệu ban đầu bao gồm: (1) Các đám cháy thực tế ngoài thực địa (có thể do cháy rừng hoặc đốt thử); (2) Các video đám cháy trong quá khứ làm căn cứ để chạy Demo phần mềm. (3) Hệ thống bản đồ nền: Giao thông, thủy văn, ranh giới hành chính, bản đồ kiểm kê rừng... phục vụ cho báo cáo thông tin chi tiết điểm cháy.

- Thiết kế các chức năng của trạm quan trắc: Xây dựng trạm quan trắc với các chức năng sau: (1) Liên tục thu ảnh khu vực rừng cần theo dõi, giám sát; (2) Chuyển thông tin của ảnh thu được vào phần mềm để phân tích, tính toán; (3) Truyền thông tin đám cháy được phát hiện đến các chủ thể thông qua mạng internet hoặc tin nhắn SMS.

- Thiết kế và xây dựng các trạm quan trắc: Trạm quan trắc là hệ thống thu ảnh, tiền xử lý ảnh và truyền thông tin vào phần mềm để xử lý. Quy trình xây thiết kế trạm quan trắc gồm: (1) Hình thành sơ đồ khối trạm quan trắc; (2) Thiết kế hệ thống và lựa chọn thiết bị phần cứng đáp ứng yêu cầu; (3) Lắp ghép các thiết bị theo thiết kế; (4) Kiểm tra khả năng vận hành của hệ thống; (5) Chỉnh sửa, hoàn thiện và kết nối với phần mềm điều khiển; (6) Lắp đặt các trạm quan trắc lên các khu vực phục vụ theo dõi cháy rừng.

- Xây dựng quy trình phát triển phần mềm Hệ thống: Với đối tượng phát hiện là các đám cháy trong rừng, đầu ra là thông tin của đám cháy được phát hiện sớm và truyền tin đến các chủ thể, quy trình phát triển phần mềm gồm các bước: (1) Phân tích ý tưởng báo cáo các điểm cháy trong rừng qua các trạm quan trắc đặt ngoài thực địa. (2) Phân tích thực tế công tác dự báo cháy rừng từ các chòi canh lửa ở nước ta hiện nay. (3) Xác định những yêu cầu từ thực tiễn mà hệ thống phải giải quyết. (4) Thiết kế, thảo luận, thẩm định chương trình. (5) Mô hình hóa các mối quan hệ bằng các phương trình, thuật toán. (6) Chuyển thể

những phương trình, thuật toán vào chương trình máy tính để phát triển các module chức năng. (7) Kết nối các module để hoàn thành phần mềm. (8) Kết nối phần mềm với hệ thống trạm quan trắc; (9) Kiểm thử, sửa lỗi, điều chỉnh phần mềm. (10) Đóng gói và cài đặt phần mềm trên máy chủ để sử dụng.

- Thiết kế và xây dựng sơ đồ chức năng của phần mềm: Xây dựng sơ đồ và thiết kế các chức năng của phần mềm tương ứng với các bước sau: (1) Điều khiển hệ thống các trạm quan trắc thu ảnh theo lập trình; (2) Sử dụng các thuật toán để phân tích, phát hiện các đám cháy trên các ảnh do các trạm quan trắc cung cấp; (3) Loại bỏ những đám cháy trên ảnh không phải rừng hoặc không nằm trong đất rừng; (4) Truy xuất các thông tin về đám cháy (ảnh cháy, tọa độ, vị trí lô, khoảnh, tiểu khu, tên chủ rừng...); (5) Báo cáo và truyền thông tin đám cháy đến đối tượng có liên quan.

- Phát triển module chức năng: Từ các chức năng của các trạm quan trắc và phần mềm, các module được phát triển dựa vào việc phân tích các chức năng đó. Các bước tiến hành bao gồm: (1) Mô hình hóa các mối quan hệ đó bằng các thuật toán; (2) Kết nối dữ liệu và đưa các thuật toán vào các chương trình máy tính. (3) Chạy thử các thuật toán trên để kiểm tra tính chính xác. (4) Kết nối với hệ thống điều khiển, bản mạch của các trạm quan trắc. (5) Xây dựng chế độ chạy tự động và thường xuyên cập nhật thông tin về cháy rừng.

- Kết nối các trạm quan trắc, các module phần mềm để hoàn thiện hệ thống: Thiết lập một module chính của phần mềm, trong đó có hệ thống thanh menu và hệ thống thanh công cụ. Mỗi menu chi tiết, mỗi nút công cụ được gán với một module để giải quyết một chức năng cụ thể.

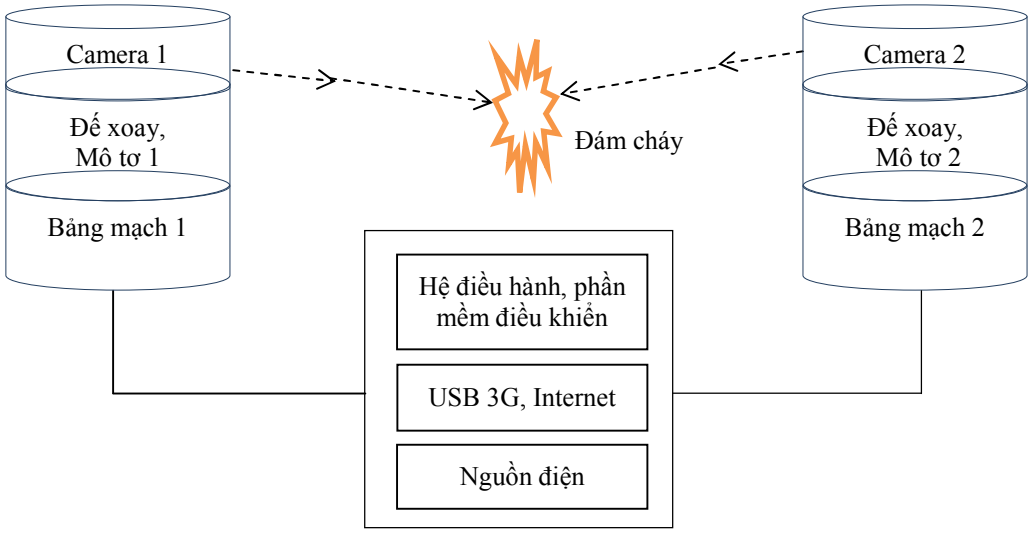
- Kiểm thử, đánh giá: Chạy thử nghiệm hệ thống, phần mềm, phát hiện và điều chỉnh lại phần mềm cho đến lúc đáp ứng được mục tiêu đề ra.

- Đóng gói hệ thống, hoàn thiện phần mềm, cài phần mềm lên máy tính: Cài đặt phần mềm vào máy chủ Server để tự động giám sát và truyền thông tin về các điểm cháy bằng email, SMS.

## 2.4. Thiết kế hệ thống

### *2.4.1. Thiết kế và xây dựng phần cứng (trạm quan trắc)*

Trạm quan trắc được thiết kế thành 1 khối thống nhất, có chức năng tự động chụp ảnh xung quanh trạm quan trắc. Mô hình thiết kế phần cứng thể hiện trong hình 1:

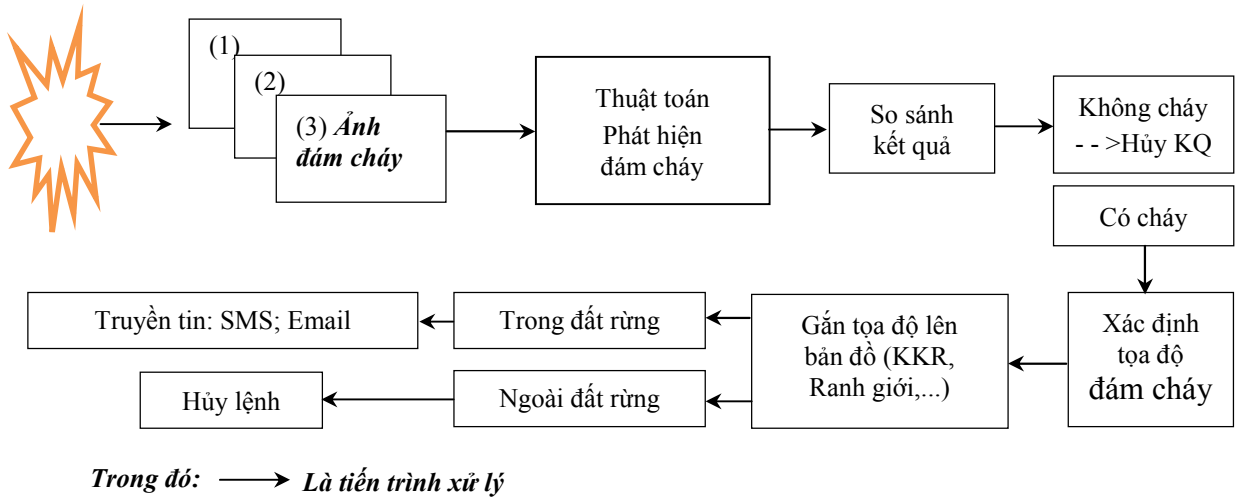



**Hình 1.** Mô hình thiết kế trạm quan trắc

Hệ thống gồm 2 camera IP độc lập, có khả năng tự quay 360 độ quanh đế và liên tục thu các ảnh tại các vị trí dừng lại cách vị trí cũ 11,25 độ. Một chu kỳ quay, một camera sẽ chụp 32 ảnh, các camera được lắp cùng một góc quay giống nhau và chụp các ảnh ở cùng 1 vị trí. Như vậy, tổng thời gian để camera quay hết 1 vòng và trở về vị trí cũ là 5 phút.

### *2.4.2. Thiết kế phần mềm*

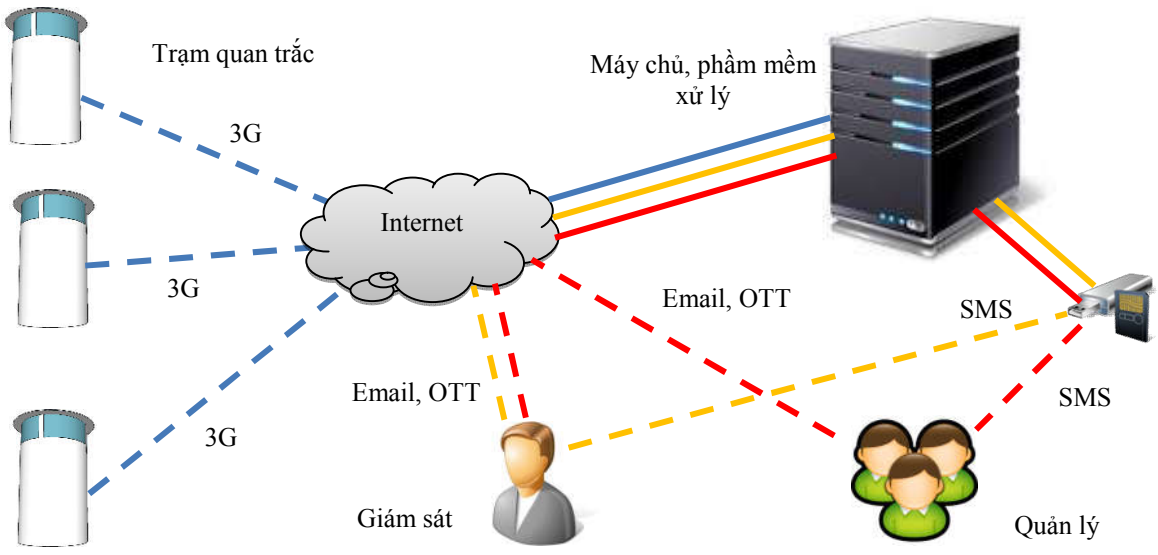
Mô hình cấu trúc phần mềm được thể hiện trong hình 2.




**Hình 2.** Sơ đồ thiết kế phần mềm

Khi camera thu các ảnh tại các lần chụp khác nhau, các ảnh sau sẽ được so sách với các ảnh trước đó tại cùng một vị trí. Sau đó, các ảnh này sẽ được phân tích, xử lý bằng các thuật toán khác nhau để so sánh và đưa ra kết luận cuối cùng về đám cháy. Tọa độ các đám cháy được xác định bằng phương pháp giao hội của 2 camera, tọa độ đám cháy được gắn lên bản đồ kiểm kê rừng, hành trình giao thông, thủy văn để xác định tọa độ có ở trong khu vực có rừng hay không. Nếu đám cháy thuộc phạm vi có rừng thì hệ thống sẽ tiếp tục truyền tin cảnh báo đám cháy thông qua tin nhắn và email.

Kết hợp cả phần cứng và phần mềm, toàn bộ mô hình của hệ thống thể hiện trong hình 3:




**Hình 3.** Sơ đồ hệ thống phát hiện cháy rừng từ trạm quan trắc

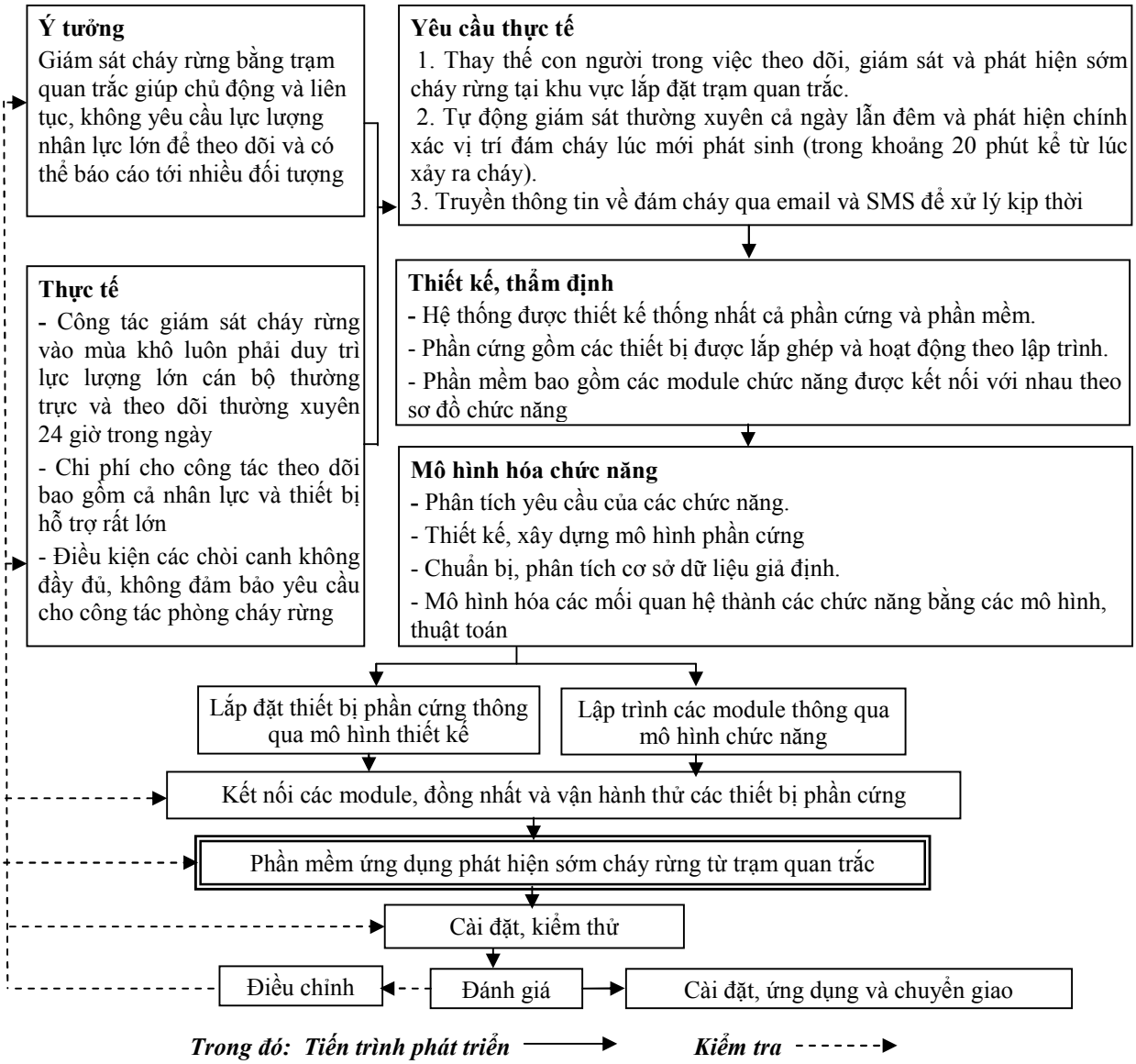
Các trạm quan trắc được nối với máy chủ hệ thống bằng internet thông qua 3G. Máy chủ xử lý và truyền thông tin đến quản trị viên bằng tin nhắn SMS hoặc email, OTT

## III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

### 3.1. Cấu trúc hệ thống

- Phát triển ý tưởng: Hệ thống được phát triển dựa trên điều kiện thực tế về công tác giám sát cháy rừng thường xuyên cả ngày lẫn đêm tại các khu vực có nguy cơ cháy rừng cao, đặc biệt là vào mùa khô. Đây là hoạt động yêu cầu lực lượng nhân lực rất lớn cũng như thiết bị và chi phí thường tốn kém. Thay vào đó, hệ thống trạm quan trắc có thể tự động giám sát và phát hiện và báo cáo nhanh chóng đến các đối tượng để xử lý kịp thời.

- Cấu trúc của hệ thống: Hệ thống bao gồm hai phần chính: (1) Phần cứng là trạm quan trắc, bao gồm 2 camera IP, đế gắn camera có thể tự xoay quanh trục 360 độ, bản mạch điều khiển và thiết bị truyền thông tin (USB 3G). Với một trạm quan trắc, cần có 2 camera IP được lắp trên 2 bản mạch có cùng góc quay để cùng thu một hình ảnh tại cùng một thời điểm (hình 1); (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.




**Hình 4.** Sơ đồ phát triển phần mềm ứng dụng phát hiện sớm cháy rừng từ trạm quan trắc

### 3.2. Cơ sở dữ liệu và chức năng của phần mềm

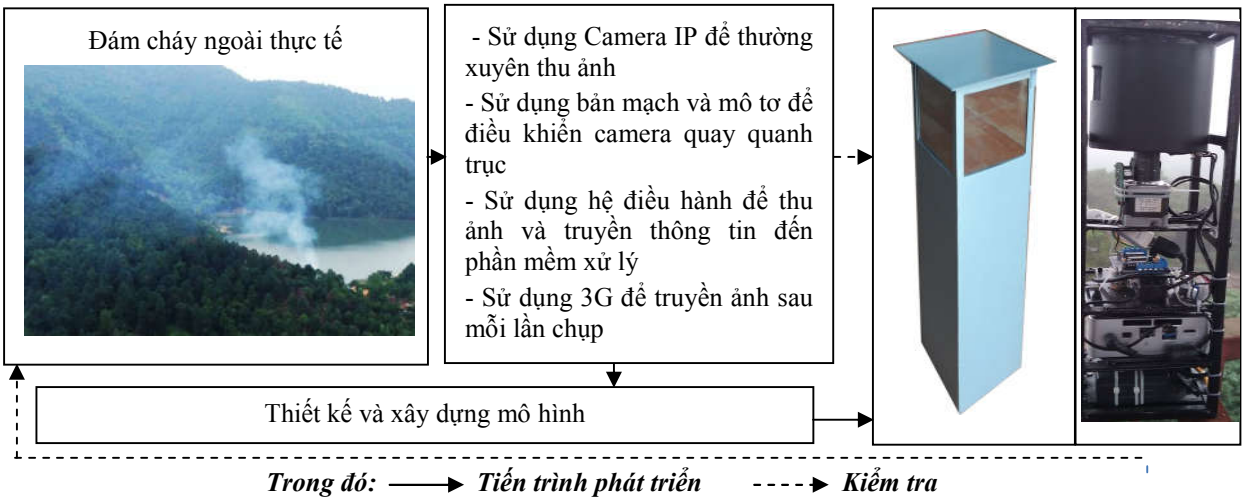
#### *3.2.1. Cơ sở dữ liệu*

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.

#### *3.2.2. Chức năng của phần mềm*

- *Chức năng của trạm quan trắc:* Trạm quan trắc có chức năng giám sát và theo dõi toàn bộ diện tích rừng trong bán kính quan sát của camera IP và liên tục truyền các ảnh thu được tại thực địa đến phần mềm để xử lý.

Sơ đồ mô hình hóa các chức năng của trạm quan trắc như sau:

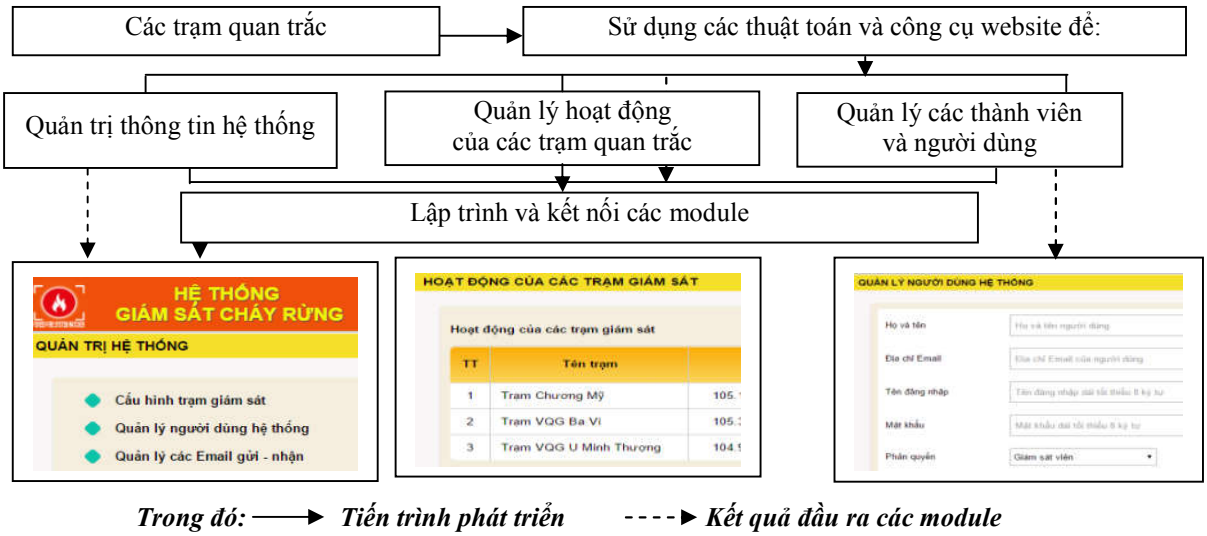



**Hình 5.** Sơ đồ mô hình hóa trạm quan trắc

- *Chức năng của phần mềm:* 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 hợp phần chính.

+ Hợp phần 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.

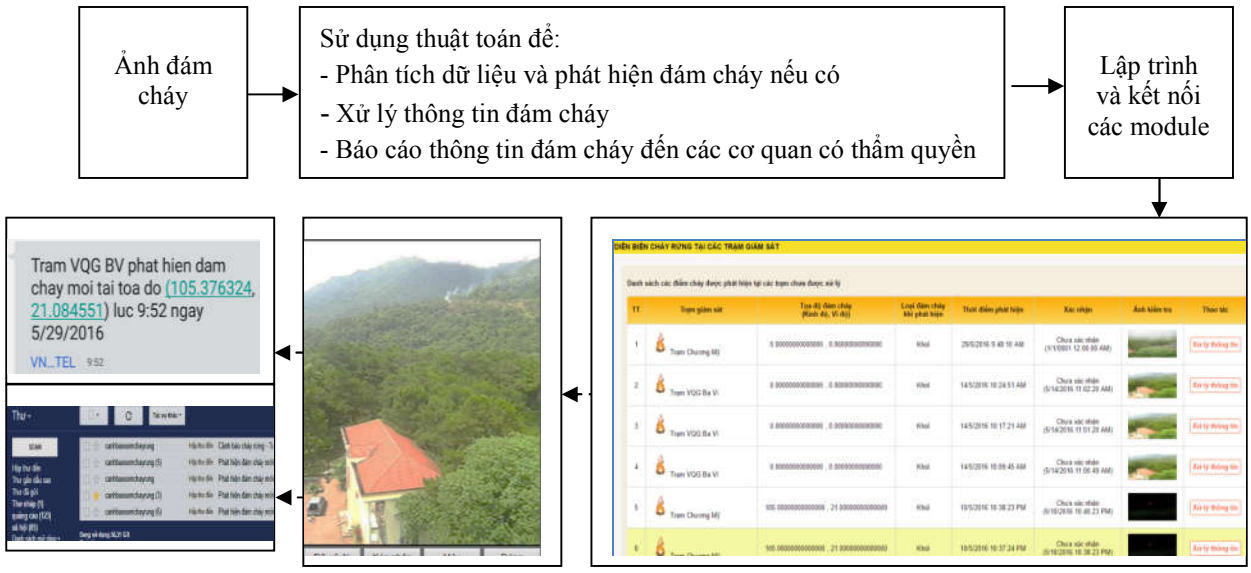
Mô hình hóa hợp phần quản trị hệ thống như sau:




**Hình 6.** Sơ đồ mô hình hóa hợp phần quản trị hệ thống

+ Hợp phần 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.

Mô hình hóa hợp phần xử lý thông tin đám cháy như sau:




**Hình 7.** Sơ đồ mô hình hóa hợp phần xử lý thông tin đám cháy

+ Hợp phần 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:

**Hình 8.** Sơ đồ mô hình hóa hợp phần tra cứu thông tin

### *3.2.3. Kết quả thử nghiệm tại một số khu vực*

Phần mềm được triển khai thử nghiệm tại một số khu vực có nguy cơ cháy rừng cao gồm: Vườn quốc gia U Minh Thượng (Kiên Giang), Vườn quốc gia Ba Vì, Trung tâm PTLT Hà Nội (Sóc Sơn) và rừng thực nghiệm trường Đại học Lâm nghiệp. Trong thời gian từ tháng 9/2015 đến tháng 6/2016, chúng tôi tiến hành đốt có kiểm soát 33 đám cháy tại các khu vực nói trên để kiểm tra thử và điều chỉnh phần mềm. Kết quả cho thấy, tất cả các đám cháy được phát hiện và báo cáo trong thời gian từ 10 - 15 phút kể từ lúc đám cháy bắt đầu phát sinh.

## IV. KẾT LUẬN

Phần mềm ứng dụng phát hiện sớm cháy rừng từ trạm quan trắc mặt đất được thiết kế và phát triển dựa trên yêu cầu về công tác quản lý tài nguyên rừng và giảm thiểu thiệt hại do cháy rừng gây ra đối với các khu vực trọng điểm cháy ở nước ta.

Phần mềm sử dụng các trạm quan trắc đặt ngoài thực địa, các trạm thường xuyên giám sát, theo dõi cháy rừng bằng hệ camera IP. Các trạm quan trắc được thiết kế nhỏ gọn, hoạt động ổn định, chi phí thấp và phù hợp với điều kiện về công tác giám sát cháy rừng ở Việt Nam.

Phần mềm có chức năng tự động theo dõi và kịp thời truyền tin đến các chủ thể nếu có xảy ra cháy rừng trong phạm vi quan sát của các camera tại các trạm quan trắc.

Kết quả của phần mềm được kết hợp với bản đồ kiểm kê rừng để cung cấp thông tin chi tiết các đám cháy. Trong quá trình sử dụng sẽ tiếp thu ý kiến đóng góp để nhóm phát triển hoàn thiện trong những phiên bản sau.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bộ Nông nghiệp và PTNT, 2016. Quyết định số 3158/QĐ - BNN - TCLN, ngày 27/7/2016 của Bộ Nông nghiệp và PTNT về việc công bố hiện trạng rừng năm 2015.
2. CHEN Junzhou, YOU Yong, PENG Qiang, 2013. Dynamic analysis for video based smoke detection. IJCSI International Journal of Computer Science Issues, Vol. 10, Issue 2, (2): 298 - 304.
3. Chunyu Yu*, Zhibin Mei, Xi Zhang, 2013. A Real - time Video Fire Flame and Smoke Detection Algorithm. The 9th Asia - Oceania Symposium on Fire Science and Technology. Vomume 62*: 891 - 898*.
4. 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. Sensors, ISSN 1424 - 8220, (12): 5670 - 5686.

**Người thẩm định:** GS.TS. Vương Văn Quỳnh