

ĐỀ XUẤT MỘT THUẬT TOÁN PHÁT HIỆN CHÁY RỪNG DỰA TRÊN KHÓI/LỬA TRONG HÌNH ẢNH

A NEW FOREST FIRE DETECTION ALGORITHM BASED ON SMOKE / FIRE

Nguyễn Hữu Phát¹, Trần Hoàng Vũ²

¹Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, phat.nguyenhuu@hust.edu.vn; nhphat@gmail.com

²Trường Cao đẳng Công nghệ, Đại học Đà Nẵng; thvu@dcet.udn.vn

Tóm tắt - Chúng tôi trình bày một giải thuật để phát hiện lửa cũng như khói bằng việc xử lý video thu được từ các trạm quan trắc nhằm phát hiện sớm cháy rừng. Giải thuật này gồm hai bước chính dựa trên những đặc điểm màu sắc cũng như chuyển động của lửa và khói: đánh dấu chuyển động của các phần tử trong video (kể cả những chuyển động rất chậm), sau đó sẽ thực hiện phân tích đánh giá trên các đặc điểm của các phần tử chuyển động này và đưa ra kết luận đối với từng khung hình (frame) ảnh xử lý trong video hoặc chuỗi hình ảnh thu được từ trạm quan trắc. Giải thuật này nhằm cải thiện độ chính xác và làm cho giải pháp dùng camera phù hợp hơn trong việc phát hiện cháy rừng. Các video nguồn sưu tầm và video tự quay đã được thực hiện với giải thuật mà chúng tôi đưa ra. Kết quả thu được chúng tôi trình bày ở cuối bài báo này.

Từ khóa - phát hiện khói; phát hiện lửa; năng lượng tiêu tốn; đặc tính màu lửa; đặc tính khói

1. Đặt vấn đề

Vấn đề hỏa hoạn ở các xí nghiệp, phân xưởng, khu công cộng, nhà kho hay cháy rừng đều là những hiểm họa đối với cuộc sống con người. Hỏa hoạn gây ra những thiệt hại cực kỳ nghiêm trọng như phá hoại cơ sở vật chất, thiêu rụi các nhà dân, khu rừng chỉ trong một thời gian ngắn. Không những thế, hỏa hoạn còn gây ra nhiều thiệt hại về người, hủy hoại môi trường sống của con người và sinh vật, gây ô nhiễm môi trường..., nếu không được kiểm soát kịp thời thì hậu quả rất nặng nề. Vì vậy, việc phòng chống hỏa hoạn đóng một vai trò hết sức quan trọng và luôn được chú trọng. Tuy nhiên, việc phòng chống hỏa hoạn là một công việc hết sức khó khăn vì nguyên nhân phát sinh của hỏa hoạn là rất nhiều và khó đoán trước được. Để giải quyết vấn đề này thì việc phát hiện cháy sớm, để có biện pháp kịp thời ứng phó được xem là khả thi nhất.

Với sự phát triển nhanh chóng của công nghệ, nhiều hệ thống đã ra đời để đưa ra cảnh báo sớm cho cháy rừng. Có thể kể đến như: hệ thống cảnh báo cháy rừng nhờ cảm biến (cảm biến nhiệt độ, cảm biến khói...); hệ thống cảnh báo cháy rừng thông qua vệ tinh; hệ thống cảnh báo cháy rừng phát hiện qua video, hình ảnh từ camera quan trắc. Tuy nhiên, qua thực tế sử dụng thì hệ thống dùng phương pháp phân tích video mang lại nhiều ưu điểm và chính xác hơn. Với một camera có độ phân giải tốt, hoàn toàn có thể giám sát được một vùng rừng rộng lớn với độ chính xác chấp nhận được. Trong khi đó, hệ thống dùng cảm biến có nhược điểm là vùng giám sát rất nhỏ, và vấn đề năng lượng cung cấp cho các nút cảm biến cũng như tuổi thọ của các nút này bị ảnh hưởng rất nhiều bởi môi trường và điều kiện địa lý. Do đó, độ chính xác của hệ thống dùng cảm biến cũng không cao. Đối với hệ thống cảnh báo dùng vệ tinh thì có thể bao quát vùng rộng, tuy nhiên lại

Abstract - In this paper, we represent an algorithm to detect fire and smoke by processing video sequences obtained from a stationary camera. We design this algorithm based on analyzing color information and motion of smoke and fire. Our algorithm includes two main steps. In the first step, we mask the movement of components (including the movements of smoke, fire and other objects which are noise etc.) in video sequence (slowly moving areas). In the second step, we analyse and assess the areas which masked the movements of its color feature. We then conclude whether they are smoke, fire, or noise of region. We perform this algorithm on real videos which were collected from a stationary camera. Results show that the proposed method improves accuracy of smoke and fire that are detected based on video processing. Besides, our algorithm can also detect fire forest in real time applications.

Key words - smoke detection; fire detection; energy consumption; fire color feature; and smoke color feature

có một số hạn chế như: độ phân giải của ảnh không cao; thời gian thực không được đáp ứng, đắt đỏ; ảnh hưởng của thời tiết làm giảm độ chính xác. Vậy nên dùng xử lý video hình ảnh được xem là một hệ thống tối ưu cho đến thời điểm này.

Một hệ thống cảnh báo cháy rừng sử dụng xử lý ảnh bao gồm 3 thành phần chính như sau:

- Camera (hoặc cảm biến hình ảnh) và bộ thu phát dữ liệu;
- Trung tâm thu nhận và xử lý hình ảnh, video;
- Khôi chấp hành thực hiện đưa ra cảnh báo.

1.1. Camera (hoặc cảm biến hình ảnh) và bộ thu phát dữ liệu

Camera được lắp trên các cấu trúc có độ cao như: cột ăng ten, cột cờ, tháp, nhà cao tầng có hướng đến vùng rừng cần giám sát cháy rừng. Đối với một camera, thiết bị sẽ hướng đến một vùng rừng cố định với một diện tích rừng phù hợp với độ phân giải của camera. Còn đối với một cảm biến quang học, vùng rừng được giám sát là vùng hình tròn có bán kính nằm trong vùng quan sát của nó (do nó thực hiện xoay 360 độ và thực hiện chụp ảnh liên tiếp).

Ngày nay, với sự tiến bộ vượt bậc của công nghệ nên việc truyền hình ảnh (video) về trung tâm điều khiển có thể lựa chọn bằng nhiều giải pháp như dùng mạng internet (IP), mạng số tích hợp đa dịch vụ (ISDN), hoặc mạng cảm biến không dây (WSNs). Một ví dụ điển hình như công nghệ CCTV vẫn thường được áp dụng trong các ứng dụng giám sát.

1.2. Trung tâm điều khiển

Đây là nơi thu nhận dữ liệu hình ảnh (video) từ trạm quan trắc và thực hiện xử lý với các đầu vào là các thông tin từ camera. Và đầu ra là tín hiệu cảnh báo cháy trong trường

hợp xuất hiện đám cháy thực mà được các camera ghi lại.

Ngoài ra, trung tâm điều khiển còn kết nối với khối cảnh báo để thực hiện đưa ra cảnh báo sớm nhất có thể, để các lực lượng chức năng có biện pháp đối phó sớm, qua đó giảm thiểu thiệt hại.

1.3. Thực hiện đưa ra cảnh báo

Là một khối cực kì quan trọng, bởi nếu nó không hoạt động thì cả hệ thống sẽ là vô nghĩa. Có một số phương pháp cảnh báo điển hình như:

- Rung chuông, còi báo động tại các trạm có liên quan;
- Gửi tin nhắn SMS tới các lực lượng chức năng, người có liên quan;
- Đưa cảnh báo lên các trang web quản lí.

1.4. Tổng quan về thuật toán đề xuất

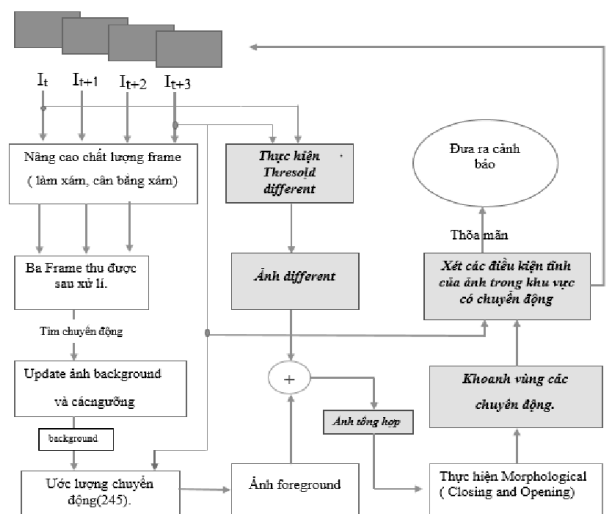
Trên đây là phần tổng quan về hệ thống đang được xây dựng thực tế. Tuy nhiên, trong phạm vi bài báo chúng tôi chỉ đề cập đến việc đưa ra một giải thuật phát hiện sớm cháy thông qua xử lí video thu được. Với giải thuật này giúp chúng tôi phát hiện được những đám khói có kích thước 10 m × 15 m trong điều kiện bình thường hay sương mù. Nhờ đó có thể phát hiện sớm được đám cháy trong các điều kiện mà mắt thường không thể thực hiện được hoặc ở những địa hình con người không đến được. Việc phát hiện lửa được thêm vào như một yếu tố kiểm chứng thêm tính đúng đắn của thuật toán và được giới thiệu để áp dụng cho các ứng dụng thực tế khác.

Đã có rất nhiều giải thuật được đưa ra trong việc xử lí hình ảnh trong các video để đưa cảnh báo được cung cấp bởi nhiều chuyên gia trên thế giới. Các giải thuật đều dựa trên hai đặc điểm chính khác biệt của khói và lửa, đó là chuyển động (đặc điểm động) và đặc điểm về màu sắc (đặc điểm tĩnh) của ngọn lửa và khói. Việc xác định chuyển động là bước đầu tiên để tìm ra vùng có khả năng là lửa hoặc khói. Thuật toán “Subtraction background” được dùng như một phương pháp truyền thống trong xác định chuyển động từ các chuỗi khung hình trong một video [1]-[3]. Bước tiếp theo sẽ phân loại, đánh giá các vùng này dựa trên thông tin, đặc trưng về màu sắc để đi đến kết luận. Đặc trưng màu sắc của ngọn lửa thì khá rõ ràng [4], trong khi đó thì phân biệt khói có ít hơn những đặc trưng [4], [5].

Trong giải thuật chúng tôi đưa ra cũng dựa trên các phương pháp thông dụng trên, và được bổ sung thêm một số ý tưởng về cả chuyển động cũng như màu sắc. Nhờ đó cải thiện được độ chính xác của việc phát hiện và đưa ra cảnh báo.

2. Giải pháp thực hiện

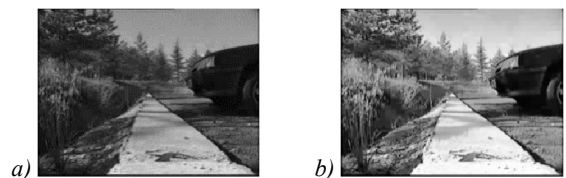
Giải thuật có thể tóm tắt thành các bước như sau: xử lí khung hình đầu vào để nâng cao chất lượng, đánh dấu chuyển động từ việc xử lí các khung hình này [1]-[4], khoanh vùng và phân chia khu vực chuyển động, và phân loại các khu vực để đưa ra kết luận bằng việc so sánh với các đặc trưng. Nếu thỏa mãn các điều kiện yêu cầu thì sẽ kết luận là có khói hoặc lửa để đưa ra cảnh báo kịp thời. Toàn bộ quá trình được mô tả như trên Hình 1 dưới đây.



Hình 1. Khái quát quá trình thực hiện giải thuật đề xuất

2.1. Xử lý ảnh đầu vào

Các ảnh đầu vào được lấy từ video cần được xử lí để tăng độ chính xác ở các bước thực hiện tiếp theo, từ đó tăng độ chính xác của cả giải thuật. Thông thường các video thu được từ các camera ở các trạm khác nhau có thể khác nhau về định dạng kích cỡ, vì thế bước đầu tiên là phải thay đổi kích cỡ ảnh về tiêu chuẩn xử lí (resize ảnh). Tiếp theo, thực hiện xám ảnh (grayscale) đầu vào để thu được ảnh đen trắng. Do mức sáng ngoài trời luôn có xu hướng thay đổi, nên để cải thiện khả năng xử lí, cần cân bằng xám ảnh đen trắng này như trên Hình 2. Còn rất nhiều thuật toán để cải thiện độ chính xác, nhưng phải mất nhiều nhiều thời gian xử lí. Do đó, chúng tôi chỉ dừng lại ở đây cho bước tiền xử lí ảnh của video.



Hình 2. Tiền xử lí ảnh: a) ảnh trước khi cân bằng xám và b) ảnh sau khi cân bằng xám

2.2. Xác định các thành phần chuyển động

Trong quá trình hình thành của mình thì hình dạng cũng như kích thước của khói luôn luôn thay đổi và không cố định. Do khói và ngọn lửa đều di chuyển, nên chúng ta có thể coi là một chuyển động, có thể nhỏ hay lớn tùy lúc. Tuy nhiên, thông thường đối với cháy rừng thì với khoảng cách camera lớn, kích thước đám khói lúc đầu có biến đổi tương đối nhỏ so với ảnh thu được. Thuật toán của chúng tôi dựa trên ý tưởng trong bài báo [2], [6] - [10]. Một ảnh background B_t ở thời điểm t được tính toán gần đúng từ khung hình I_{t-1} ở thời điểm $t-1$ và ảnh background B_{t-1} cũng ở thời điểm $t-1$ của một video như sau [7] :

$$B_t(x, y) = \begin{cases} \alpha B_{t-1}(x, y) + (1 - \alpha) I_{t-1}(x, y) & \text{nếu } (x, y) \text{ điểm chuyển động} \\ B_{t-1}(x, y) & \text{nếu } (x, y) \text{ không là điểm chuyển động} \end{cases} \quad (1)$$

Trong đó, (x, y) là tọa độ của điểm ảnh và hệ số α là một tham số thay đổi trong khoảng 0 đến 1. Tham số này

ứng với sự biến đổi chậm nhanh của chuyển động. Nếu gần 0 thì đồng nghĩa với chuyển động nhanh hơn và tiến đến 1 là chuyển động chậm dần. Vì vậy với chuyển động của khói chúng ta đang xét là khói của cháy rừng nên biến đổi chậm, vì vậy giá trị của α được lấy gần với 1. Theo các kiểm nghiệm từ [10] thì giá trị này có thể lấy $\alpha = 0.98$.

Ở thời điểm ban đầu, ta có thể gán cho $B_0(x,y) = I_0(x,y)$. Điểm ảnh (x,y) được đánh dấu là của chuyển động nếu thỏa mãn điều kiện sau [7] :

$$|I_t(x,y) - I_{t-1}(x,y)| > T_t(x,y) \text{ \& } |I_t(x,y) - I_{t-2}(x,y)| > T_t(x,y) \quad (2)$$

Trong đó $I_{t-2}(x,y)$, $I_{t-1}(x,y)$, $I_t(x,y)$ là giá trị của điểm ảnh ở các thời điểm $t-2$, $t-1$, và t . Vì các điểm ảnh này thuộc về ảnh đã được làm xám nên giá trị này đặc trưng cho ảnh đen trắng. Giá trị $T_t(x,y)$ là một giá trị ngưỡng cho điểm ảnh (x,y) ở thời điểm t và được tính toán theo biểu thức sau [7]:

$$T_t(x,y) = \begin{cases} \alpha T_{t-1}(x,y) + (1-\alpha)(5 * |I_{t-1}(x,y) - B_{t-1}(x,y)|), & \text{điểm chuyển động} \\ T_{t-1}(x,y), & \text{nếu như } (x,y) \text{ không là điểm chuyển động} \end{cases} \quad (3)$$

Ở thời điểm ban đầu, ta có thể lấy giá trị $T_0(x,y) = \text{const}$. Thông thường ta có thể chọn giá trị này là 30 hoặc trong khoảng (30,60). Tùy độ nhạy mà chúng ta cần để mang đến độ chính xác cần thiết.

Chúng ta có thể xem một khung hình I_{t+1} là một sự kết hợp giữa ảnh foreground F_{t+1} (ma trận điểm ảnh nền) và thành phần ảnh background B_t theo biểu thức dưới đây với tham số β [7]:

$$I_{t+1}(x,y) = \beta F_{t+1}(x,y) + (1-\beta)B_t(x,y), \quad (4)$$

Ở đây $F(x,y)$ là giá trị điểm ảnh của nền tại vị trí (x,y) và thời điểm $t+1$. Đối với những điểm ảnh thuộc về vật thể đục (đặc màu) hơn thì giá trị β này gần đến 1 hơn, trong khi đó thì đối với những vật thể trong suốt hơn thì giá trị này lại tiến hành tới giá trị 0. Đối với khói thì giá trị này thuộc khoảng (0,1). Bằng việc sử dụng thực tế kiểm nghiệm thì giá trị $\beta = 0.38$ được coi là hợp lý trong việc xử lý khói.

Đến đây ta chỉ việc áp dụng ngưỡng cuối cùng để thu được ảnh foreground dạng nhị phân như sau [7]:

$$F_{bin} = \begin{cases} 1, & \text{nếu } F_{t+1} > 245 \\ 0, & \text{các trường hợp khác} \end{cases} \quad (5)$$

Vậy là chúng ta đã thu được ảnh nhị phân của ảnh Foreground chứa các điểm ảnh giá trị 1 (màu trắng) cho các pixel thuộc về chuyển động, còn các pixel khác có giá trị 0 (màu đen). Hơn nữa, chúng ta cũng có thể thấy rõ ràng rằng chuyển động của khói hay không phải của khói đều làm thay đổi giá trị của điểm ảnh thuộc về chuyển động. Vì vậy, cần xét đến sự thay đổi của hai khung hình B_{t-2} và khung hình hiện tại I_{t+1} theo một giá trị ngưỡng (Threshold) này được lấy giá trị bằng 60 theo biểu thức để thu được ảnh khác nhau (Different) như sau:

$$D_{bin} = \begin{cases} 1, & \text{nếu } |B_{t-2} - I_{t+1}| \geq 60 \\ 0, & \text{nếu } |B_{t-2} - I_{t+1}| < 60 \end{cases} \quad (6)$$

Khi đó, ta chỉ việc thực hiện phép “and” hai ảnh F_{bin} và ảnh D_{bin} sẽ thu được chính xác nhất ảnh tổng hợp dạng

nhị phân thể sự dịch chuyển của khói như trên Hình 3.



Hình 3. Các kết quả thu được: a) ảnh gốc từ video có đám khói; b) ảnh different nhị phân và c) ảnh tổng hợp thu được

Đến bước này, có thể coi như đã hoàn thành việc khoanh vùng khu vực khả nghi cho việc tìm kiếm khói và lửa. Bước tiếp theo sẽ nêu lên đặc trưng riêng của khói và lửa để có thể đánh giá các khu vực đã được khoanh vùng này.

2.3. Đặc trưng riêng của lửa

Đặc trưng thứ nhất của ngọn lửa đó là vùng ảnh của ngọn lửa luôn có giá trị màu R (Red) lớn hơn giá trị màu kênh G (Green), và giá trị màu trên kênh G lại lớn hơn giá trị màu trên kênh B (Blue) và được biểu diễn dưới biểu thức sau [10] :

$$P(x,y) = \begin{cases} 1, & \text{nếu } R(x,y) > G(x,y) \text{ \& } G(x,y) > B(x,y) \\ 0, & \text{trong các trường hợp khác} \end{cases} \quad (7)$$

Trong đó, $P(x,y)$ là điểm ảnh (x,y) ; $R(x,y)$, $G(x,y)$ và $B(x,y)$ lần lượt là giá trị trên kênh R, kênh G và kênh B của điểm ảnh tại tọa độ (x,y) .

Đặc trưng thứ hai của màu sắc ngọn lửa được rút ra từ thực nghiệm. Đó là các giá trị trên các kênh RGB luôn nằm trong một ngưỡng nhất định [10]:

$$P(x,y) = \begin{cases} 1, & \text{nếu } R(x,y) > 190 \text{ \& } G(x,y) > 100 \text{ \& } B(x,y) < 140 \\ 0, & \text{trong các trường hợp khác} \end{cases} \quad (8)$$

Trên hệ màu YCbCr các nhà nghiên cứu qua thực nghiệm đã tìm ra được các điều kiện đối với một điểm ảnh thuộc về ngọn lửa được thể hiện dưới các biểu thức như sau [10].

$$P(x,y) = \begin{cases} 1, & \text{nếu } Y(x,y) > C_b(x,y) \\ 0, & \text{các trường hợp khác} \end{cases} \quad (9)$$

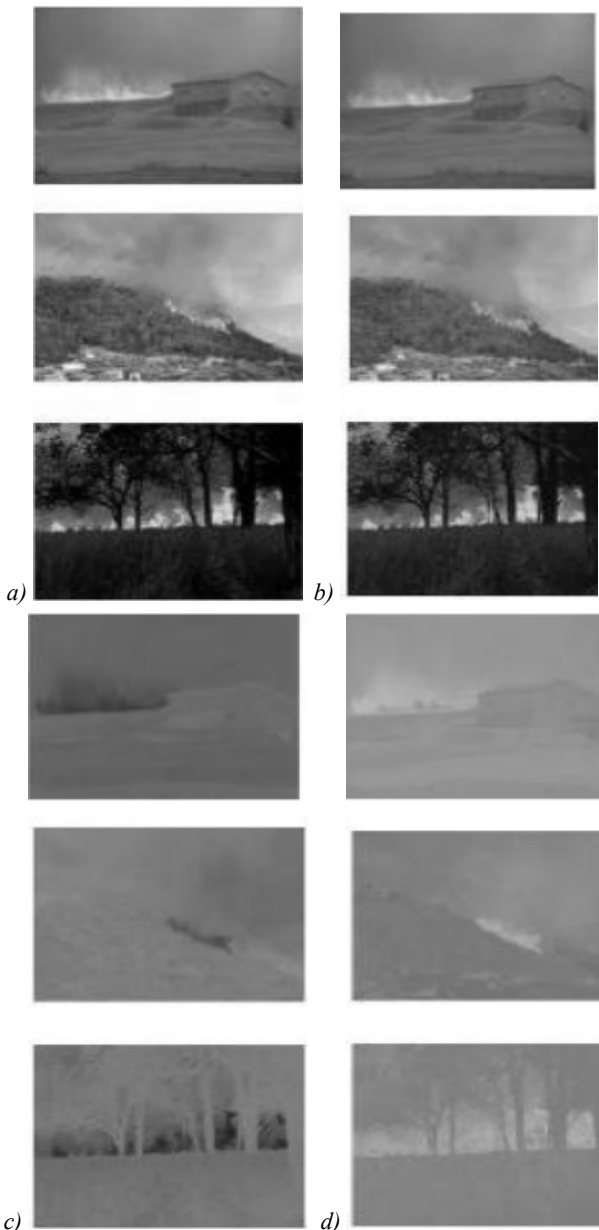
$$P(x,y) = \begin{cases} 1, & \text{nếu } C_r(x,y) > C_b(x,y) \\ 0, & \text{các trường hợp khác} \end{cases} \quad (10)$$

Những vùng ảnh của ngọn lửa luôn luôn là vùng có độ sáng lớn nhất trong một khung hình, điều đó đồng nghĩa với việc ta có thể lấy các giá trị trung bình trên các kênh để làm tiêu chí xét có hay không.

Không gian màu YCbCr được sử dụng rộng rãi trong video số. Trong định dạng này, thông tin về ánh sáng được lưu trữ trong một thành phần riêng Y và thông tin màu sắc được lưu trữ như hai thành phần màu độc lập (Cb và Cr). Cb đại diện cho sự khác nhau giữa giá trị màu xanh (blue) và một giá trị tham chiếu, trong khi đó Cr đại diện cho sự khác nhau giữa thành phần đỏ (red) và một giá trị tham chiếu.

Các điều kiện tiếp theo chúng ta sẽ xét trên hệ màu YCbCr. Cơ sở chuyển đổi từ hệ màu RGB sang YCbCr như sau:

$$\begin{bmatrix} Y \\ C_b \\ C_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.02568 & 0.5041 & 0.0979 \\ -0.1482 & -0.2910 & 0.0439 \\ 0.04392 & -0.3768 & -0.07114 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 16 \\ 128 \\ 128 \end{bmatrix} \quad (11)$$



Hình 4. Xác định đặc trưng của lửa: a) ảnh gốc, b) ảnh trên các kênh Y, c) ảnh trên kênh Cb, và d) ảnh trên kênh Cr

Từ hình 4, ta có thể dễ dàng thấy rằng vùng ngọn lửa có giá trị kênh Y lớn hơn giá trị trung bình trên kênh này, trong khi đó giá trị của thành phần Cb lại nhỏ hơn giá trị Cb trung bình. Mặt khác, giá trị của thành phần Cr của vùng lửa lớn hơn thành phần Cr trung bình, nên chúng ta có được điều kiện sau [10]:

$$P(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{nếu } Y \geq Y_{mean} \text{ \& } C_b \leq C_{b, mean} \text{ \& } C_r \geq C_{r, mean} \\ 0, & \text{các trường hợp khác} \end{cases} \quad (12)$$

Trong đó, các giá trị Ymean, Cb mean, Cr mean là các giá trị trung bình của toàn khung hình.

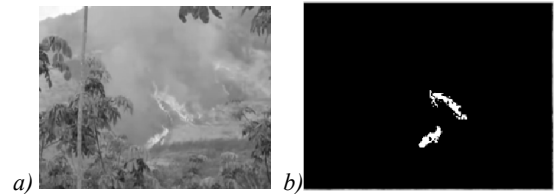
Người ta cũng kiểm nghiệm được rằng có một sự khác biệt đáng kể giữa giá trị Cr và giá trị Cb trên các vùng có lửa. Đối với các điểm ảnh của ngọn lửa thì thành phần Cb chủ yếu là đen, trong khi đó thành phần Cr lại chủ yếu là trắng (do có giá trị cao hơn). Từ đó có thể rút gọn dưới biểu thức [10]:

$$P(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{nếu } |C_b - C_r| \geq Threshold \\ 0, & \text{các trường hợp khác} \end{cases} \quad (13)$$

Ngoài ra, người ta còn tìm ra được các ngưỡng cho các giá trị trên kênh màu YCbCr cũng tương tự như trên hệ màu RGB và nó được biểu diễn dưới dạng sau [10]:

$$P(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{nếu } C_b \leq 120 \text{ \& } C_r \geq 150 \\ 0, & \text{các trường hợp khác} \end{cases} \quad (14)$$

Các điểm ảnh P(x,y) thỏa mãn tất cả các điều kiện trên sẽ được kết luận là điểm ảnh của vùng lửa. Kết quả sau bảy bước trên thu được như Hình 5 bên dưới.



Hình 5. Quá trình xác định cơ lửa: a) hình ảnh gốc và b) ảnh đánh dấu vùng có lửa

2.4. Các đặc trưng của khói

Về mặt màu sắc thì khói không có nhiều đặc trưng như của lửa. Và trong khung cảnh của rừng núi thì các vật thể hay gây nhầm lẫn của khói thường bao gồm như mây, sương mù là chủ yếu. Vì vậy cũng không quá khó để thực hiện phân biệt khói.

Đặc điểm trước hết của khói đó là sự chênh lệch giữa các giá trị trên kênh R, kênh G, và kênh B luôn nhỏ hơn mức ngưỡng. Giá trị của mức ngưỡng (threshold) này thường nằm trong khoảng từ 15 đến 25. Tóm lại, chúng ta có biểu thức sau [10]:

$$\begin{aligned} &|R(x, y) - G(x, y)| < threshold \text{ \& } |G(x, y) - B(x, y)| < threshold \\ &\text{ \& } |R(x, y) - B(x, y)| < threshold \end{aligned} \quad (15)$$

Vì yêu cầu của chúng ta là cần xác định sớm đám cháy nên thời điểm phát hiện của đám cháy thì khói lúc đó sẽ có màu gần với màu trắng, dễ lẫn màu sương mù và đám mây nên ta cần sử dụng thuật toán Weber để phân biệt khói với các nguồn nhiễu một cách chính xác. Giá trị Weber được tính dựa trên tỷ lệ sai số của các giá trị điểm ảnh như sau [10]:

$$C_{\omega} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{I_{i+1}(x, y) - B_i'(x, y)}{B_i'(x, y)}, \quad (16)$$

Ở đây, N là tổng số điểm ảnh. Các giá trị được tham chiếu từ các bước thực hiện ở phần 2.1. Giá trị $C_{\omega} > 0.5$ thỏa mãn thì ta xác định đó là khói.

Để chính xác hơn, chúng tôi đưa ra mức ngưỡng cho các giá trị trên kênh R, kênh G và kênh B đều lớn hơn 200. Tham số này có thể làm giảm cảnh báo sai, nhưng đồng thời làm tăng số khung hình không phát hiện được khói.

3. Các kết quả đạt được

3.1. Thiết lập mô phỏng

Chúng tôi thực hiện trên ba kịch bản chính: video có lửa và vật thể chuyển động, video chỉ có vật thể chuyển động, video có khói và vật thể chuyển động (người và sương mù). Trong bối cảnh có lửa và vật thể chuyển động

chúng tôi lấy năm video, chỉ có vật thể chuyển động gồm năm video, có khói và có vật thể chuyển động thực hiện trên 10 video. Với bối cảnh chỉ có nhiều chúng tôi lấy 10 video có nhiều của khói và năm video có nhiều của lửa. Các video này đều được lấy từ các nguồn qua internet do chưa có điều kiện quay, nhưng đây là các mẫu quay thực tế.

3.2. Kết quả mô phỏng và thảo luận

Kết quả mô phỏng được mô tả trong Bảng 1, Bảng 2, Hình 6 và Hình 7 dưới đây.

Bảng 1. Kết quả thu được theo các kịch bản

Bối cảnh	Số lần phát hiện khói	Số lần phát hiện lửa
Khói và nhiều	9/10	X
Lửa và nhiều	X	5/5
Chỉ nhiều	1/10	1/5

Trong Bảng 1, quá trình thực hiện mô phỏng đã thực hiện với các trường hợp có khói, có lửa và có các nguồn nhiễu như người, vật thể chuyển động, sương mù. Đây là ba trường hợp điển hình tương ứng liên quan đến sự thay đổi của hình nền, là một trong các yếu tố then chốt với thuật toán của chúng tôi.

Trong 10 video có khói trong đó có 5 video thực hiện với khung cảnh rừng núi thực tế và khoảng cách tương đối giống thực tế thì cả 5 đều nhận diện được. Trong 5 trường hợp còn lại là khung cảnh khác thì có một video không phát hiện ra được. Điều này là do các điều kiện đặt ra để kết luận khói của chúng tôi yêu cầu khắt khe với mục đích phát hiện cháy rừng một cách chính xác hơn. Vì không phát hiện được cháy rừng là nguy hiểm, nhưng nếu cảnh báo sai cũng dẫn đến các nguy hiểm và tổn công sức, nên việc giảm cảnh báo sai là cần thiết.

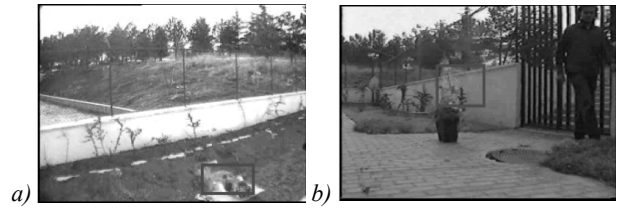
Trong 5 video được thực hiện với lửa thì tất cả đều phát hiện ra lửa. Tuy nhiên, trong 5 video không có lửa lại có một video phát hiện sai. Điều này chứng tỏ thuật toán cần cải thiện thêm, bổ sung và huấn luyện sử dụng mạng nơron với các thông số cho chính xác hơn.

Chương trình cũng đáp ứng được thời gian thực để phục vụ cảnh báo kịp thời. Thời gian xử lý mỗi khung hình hết khoảng 30ms, tuy nhiên không hề làm kéo dài thời gian video thực, chính vì thế mà nó đảm bảo hệ thống hoạt động được ở thời gian thực.

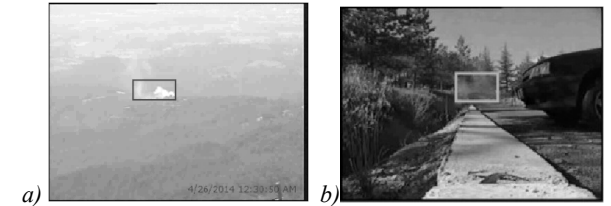
Thuật toán này so với các thuật toán tham khảo [11] có thể là thực hiện chậm hơn, kém nhạy hơn, nhưng sẽ giúp giảm thiểu được số cảnh báo sai như Bảng 2. Với sự phát triển của các máy tính và camera hiện nay thì thuật toán này sẽ không gặp nhiều vấn đề trong phát hiện sớm cháy rừng.

Bảng 2. So sánh với các thuật toán khác

Tham số đánh giá	Thuật toán tham khảo [11]	Thuật toán đề xuất
Cảnh báo đúng	84,06%	80%
Cảnh báo sai	15,92%	10%
Thời gian xử lý	13ms	30ms



Hình 6. Phát hiện lửa trong môi trường có nhiễu: a) người đi xung quanh, b) cánh tay người



Hình 7. Phát hiện khói trong môi trường a) sương và b) có cây cối và người chuyển động



Hình 8. Ảnh trong video chỉ có xe đi chuyển trên đường

3.3. So sánh với phát hiện cháy trên ảnh vệ tinh đa phổ

Chúng ta luôn phải thừa nhận rằng dù các máy ảnh từ vệ tinh có cải tiến đi bao nhiêu nữa thì chất lượng về hình ảnh cũng không thể bằng một ảnh được chụp từ mặt đất. Ảnh chụp từ vệ tinh phải được xử lý rất kỹ lưỡng, qua nhiều bước. Do các ảnh hưởng từ sự hấp thụ, ảnh hưởng của khí quyển, ảnh hưởng của thời tiết nên ảnh vệ tinh không đủ rõ để chúng ta có thể áp dụng được những đặc trưng riêng biệt của khói và lửa một cách dễ dàng như những ảnh thu được từ trạm mặt đất. Đó là lý do chính dẫn đến sự khác nhau giữa cách xử lý ảnh trong cháy rừng của 2 hai loại ảnh này.

Tuy nhiên, trong việc xử lý ảnh thì việc tiền xử lý ảnh đầu vào luôn là bước quan trọng. Trong cả hai phương pháp này, tiền xử lý ảnh đều có các bước như tăng tương phản, cân bằng xám. Tuy nhiên, đối với ảnh vệ tinh đa phổ còn cần thêm bước như tổ hợp màu, biến đổi màu giữa 2 hệ RGB và hệ HIS.

Trong việc phát hiện xử lý ảnh mặt đất, thì hình ảnh được truyền về liên tục, hoặc có thể là một video chẳng hạn. Khi đó các đặc điểm chuyển động của ngọn lửa hay đám khói dù đang ở mức rất thấp vẫn có thể được phát hiện. Các đặc điểm về màu sắc cũng được phát hiện ra một cách rõ ràng hơn nhờ độ phân giải của hình ảnh cao hơn. Trong khi đó, với ảnh đa phổ làm việc với các công việc trên là rất khó. Chưa kể đến việc chụp ảnh tại một vùng muốn chính xác được lại phải phụ thuộc vào số lần chụp và tốc độ của vệ tinh.

Việc phát hiện trên ảnh vệ tinh đa phổ dựa nhiều vào việc tìm kiếm nhiệt độ trên các kênh phổ. Việc bức xạ nhiệt khác nhau giúp chúng ta xác định được nhiệt độ khu vực. Tuy nhiên, cũng có những nguồn nhiễu, chẳng hạn

như trong những ngày nắng nóng không tránh khỏi được nhiệt độ cao. Khi đó người ta lại xét đến các yếu tố khác như vùng cháy phải có nhiệt độ lớn hơn xung quanh.

Xét về giá thành thì một vệ tinh sẽ tốn kém hơn nhiều so với dùng trạm quan trắc. Bởi đi kèm với việc thu phát hình ảnh từ vệ tinh là một loạt thiết bị chuyên dụng, đắt tiền. Trong khi đó, với trạm mặt đất các thiết bị rẻ hơn rất nhiều. Nhưng vùng quan trắc của vệ tinh lại lớn hơn nhiều so với một trạm quan trắc. Độ chính xác của trạm mặt đất được đánh giá là ổn định hơn do ảnh vệ tinh bị ảnh hưởng nhiều hơn bởi điều kiện địa lý và thời tiết. Xét về thời gian thực thì hệ thống trạm mặt đất vẫn đảm bảo hơn, việc truyền dữ liệu và xử lý ảnh ở trạm mặt đất nhanh hơn nhiều lần. Hệ thống xử lý hình ảnh ở trạm mặt đất sẽ hiệu quả hơn, nếu chỉ áp dụng để phát hiện cháy rừng.

Qua những nhận xét trên chúng ta có thể thấy hệ thống phân tích ảnh trên vệ tinh đa phổ chỉ mang tính dự báo, mà không thể là ứng dụng thời gian thực do có những thiếu sót. Vì vậy việc sử dụng xử lý ảnh sẽ là một giải pháp cảnh báo thời gian thực quan trọng và trở nên hiệu quả khi được kết hợp với giải pháp phân tích ảnh vệ tinh đa phổ.

4. Kết luận

Để kiểm nghiệm thuật toán chúng ta xây dựng, một chương trình đã được thực hiện bằng ngôn ngữ C# trên phần mềm Microsoft Visual Studio 2010 và có sự hỗ trợ của thư viện xử lý ảnh AForge. Các video đầu vào tham khảo và các video nguồn khác đã được sử dụng làm đầu vào cho chương trình. Kết quả thu được là với 6 video với trên 30000 khung hình video (20 phút cho 6 video) thì với việc phát hiện khói rừng là xấp xỉ 10000 khung hình có khói, được phát hiện trên tổng số 10700 khung hình có khói (tương đương với 93%). Còn với lửa thì tỉ số này là 6000/6300 (tương đương với 95%). Đây có thể coi là một kết quả chấp nhận được. Tuy nhiên, trong triển khai thuật toán còn rất nhiều tham số được gán cứng, vì vậy thuật toán còn cứng nhắc. Các tham số này chúng ta hoàn toàn

có thể được rút ra qua việc dùng mạng nơron. Thuật toán nếu được sử dụng cùng với mạng nơron sẽ hoạt động linh hoạt và có độ chính xác cao hơn.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ phát triển khoa học và công nghệ quốc gia (NAFOSTED) trong đề tài mã số 102.04-2012.06.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] P. Piccinini, S. Calderara, and R. Cucchiara, "Reliable smoke detection system in the domains of image energy and color," 15th International Conf. Image Processing, pp.1376-1379, 2008
- [2] B. U Toreyin, Y. Dedeoglu, and A. E. Cetin, "Wavelet based real-time smoke detection in video," Signal Processing: Image Comm. EURASIP, vol. 20, pp. 255-256, 2005.
- [3] D. K. Kim and Y. F. Wang, "Smoke detection in Video," World Congress on Computer Science and Inform. Engineering, pp. 759-763, 2009.
- [4] F. G. Rodriguez, B. C. Arrue and A. Ollero, "Smoke monitoring and measurement using image processing," SPIE, pp. 404-411, 2003.
- [5] D. Krstinic, D. Stipanicev, and T. Jakovcevic, "Histogram-based smoke segmentation in forest fire detection system," Inform. Technol. and Control, no. 38, vol. 3, pp.237-244, 2009.
- [6] E. Stolnitz, T. DeRose, and D. Salesin, "Wavelets for computer graphics: theory and applications," Morgan Kaufmann, pp. 1-272, 1996.
- [7] R. T. Collins, "A system for video surveillance and monitoring," 8th Int. Topical Meeting on Robotics and Remote Systems, pp.68-73, 1996.
- [8] T. Porter and T. Duff, "Compositing digital images," Computer Graphics, vol.18, no. 3, pp. 253-259, 1984.
- [9] R. Yasmin, "Detection of smoke propagation direction using color video sequences," International J. Soft Computing vol. 4, no. 1, pp. 45-48, 2009.
- [10] T. Celik, H. Demirel, H. Ozkaramanli, and M. Uyguroglu, "Fire detection using statistical color model in video sequences," J. Visual Commun. and Image Representation, 2007.
- [11] Konstantinos Avgerinakis, Alexia Briassouli, and Ioannis Kompatsiaris, "smoke detection using temporal hog of descriptors and energy colour statistics from video".

(BBT nhận bài: 15/07/2015, phản biện xong: 26/08/2015)