

THIẾT KẾ HỆ THỐNG PHÁT HIỆN CHÁY RỪNG DÙNG XỬ LÝ ẢNH

DESIGN OF A FOREST FIRE DETECTION SYSTEM USING IMAGE PROCESSING

¹*Nguyễn Thị Ngọc Nương, ²Hồ Tấn Đạt, ³Phạm Bình Tiến

¹*Email: ntnnuong@ctvc.edu.vn

Giảng viên: Khoa Điện tử, Trường Cao đẳng nghề Cần Thơ

Received: 01/02/2026; Accepted: 10/02/2026; Published: 15/02/2026

Tóm tắt: Bài viết này trình bày về một hệ thống cảnh báo được thiết kế để xử lý dữ liệu hình ảnh và sau đó gửi tin nhắn cảnh báo đến điện thoại di động. Đặc biệt, hình ảnh chụp từ một môi trường đặc thù với nhiều cây cối được xử lý trước bằng cách sử dụng các phương pháp thay đổi kích thước, lọc, tăng cường và phân đoạn ảnh. Ngoài ra, để phát hiện cháy rừng, các thuật toán phân tích thành phần và máy vector hỗ trợ (PCA-SVM) được áp dụng để trích xuất các thành phần chính và để huấn luyện, sau đó gửi cảnh báo cho điện thoại di động. Để có độ chính xác, bộ dữ liệu hình ảnh thu được gồm khoảng 200 hình ảnh, chủ yếu là ảnh có khói và ảnh không có khói. Kết quả thực nghiệm sử dụng mô phỏng và hệ thống phần cứng đã chứng thực hiệu quả của phương pháp đề xuất

Từ khóa: máy vector hỗ trợ, hệ thống cảnh báo, hệ thống phát hiện cháy rừng.

Abstract: This paper presents a warning system is designed to process image data and then send warning message to mobile phones. In particular, images captured from a typical environment with trees are pre-processed using methods of resize, filtering, enhancement and segmentation. In addition, for forest fire detection, the Principal Component Analysis and Support Vector Machine (PCA-SVM) algorithms are applied to extract features and to train and then send warnings to mobile phones. For accuracy, the set of image data obtained are consist of about 200 images with mainly smoking and unsmoking. Experimental results including simulation and the hardware system show that the effectiveness of the proposed approach.

Keywords: support vector machine, warning system, forest fire detection system.

1. Tổng quan

Xây dựng hệ thống nhận biết cháy rừng dựa vào tập ảnh có khói và lửa dùng xử lý ảnh. Áp dụng thuật toán phân tích thành phần chính (PCA) để trích xuất các đặc trưng của ảnh có khói và lửa, sau đó huấn luyện để nhận dạng bằng thuật toán vector máy hỗ trợ (SVM) để đưa ra kết quả có cháy rừng hay không. Bên cạnh đó đưa ra tín hiệu cảnh báo và tin nhắn cho con người biết có cháy.

2. Thiết kế hệ thống phát hiện cháy rừng dùng xử lý ảnh

Xây dựng hệ thống nhận biết cháy rừng dựa vào tập ảnh có khói và lửa dùng xử lý ảnh.

- Xây dựng và thu thập tập ảnh RGB về các trường hợp: không khói, khói ít, khói nhiều, khói cùng với xuất hiện của lửa.

- Tiền xử lý tập ảnh được thực hiện dùng matlab với xử lý ảnh.

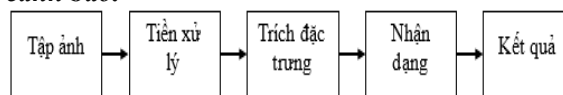
- Áp dụng thuật toán PCA để trích đặc trưng thành phần chính của cơ sở dữ liệu thu được.

- Thực hiện huấn luyện và nhận dạng các trường hợp như không khói, khói ít, khói nhiều, khói và lửa bằng thuật toán SVM.

- Xây dựng hệ thống cảnh báo cháy qua tin nhắn SMS và báo động.

- Thực hiện kiểm tra và đánh giá kết quả.

2.1. Sơ đồ khối hệ thống xử lý ảnh để nhận dạng được sự có mặt của khói hoặc lửa để đưa ra kết quả cảnh báo.



Hình 1: Sơ đồ khối hệ thống xử lý ảnh

- Tập ảnh: được thu lại từ camera, chất lượng ảnh phụ thuộc vào thiết bị thu và môi trường (ánh sáng, phong cảnh).

- Tiền xử lý: hình ảnh thu nhận từ thiết bị sẽ được hiệu chỉnh lại kích thước tùy thuộc vào chất lượng thiết bị thu ảnh nhằm giúp cho hệ thống hoạt động ổn định hơn. Ngoài ra, chất lượng máy thu có ảnh hưởng đến chất lượng ảnh thu được như: nhiễu ảnh, độ tương phản thấp. Vì vậy, việc lọc nhiễu, tăng độ tương phản sẽ được thực hiện để nâng cao chất lượng ảnh.

- Trích đặc trưng: Sau khi nâng cao chất lượng ảnh, bước tiếp theo sẽ thực hiện quá trình trích xuất các đặc trưng của dữ liệu để đưa vào quá trình nhận dạng bằng thuật toán PCA, tạo cơ sở dữ liệu cho quá trình huấn luyện và nhận dạng đối tượng ở bước tiếp theo. Phương pháp PCA được xem là kỹ thuật tốt nhất trong việc phân tích đa biến. Mục đích chính là làm giảm số chiều của một tập dữ liệu với nhiều biến mà vẫn giữ được biến thiên vốn có trong tập dữ liệu.

- Nhận dạng: cơ sở dữ liệu thành phần đặc trưng sẽ được huấn luyện và nhận dạng bằng thuật toán SVM.

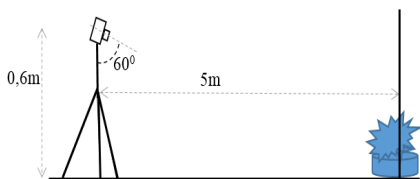
- Kết quả: sau khi nhận dạng đối tượng kết quả được hiển thị trên máy tính các giao diện được xây dựng trên phần mềm Matlab, đồng thời đưa ra cảnh báo bằng chuông và gửi tin nhắn báo cho con người biết nếu có cháy.

2.2. Tiền xử lý

Các thuật toán xử lý ảnh đều được thực hiện trong môi trường Matlab.

- Cơ sở dữ liệu: Cơ sở dữ liệu được giả lập thu nhận hình ảnh bằng cách quay video khu vườn có nhiều cây cối và tạo ra khung cảnh bắt đầu từ trường hợp không có khói, khói ít, khói nhiều, khói và sự xuất hiện lửa. Thiết bị thu nhận ảnh là máy chụp ảnh kỹ thuật số Canon A4000, có độ phân giải 16Mp, chất lượng ảnh HD 720 phút với tần số 25 khung hình/giây. Có khả năng chống rung quang học tốt, tự động lấy nét và ổn định độ sáng.

Camera được đặt với chiều cao 0,6m và cách xa vùng phát cháy 5m, chệch một góc 60° hướng xuống. Thực hiện ghi lại hình ảnh trong điều kiện nắng nhẹ buổi trưa, không sương mù và gió. Dữ liệu sau khi thu xong, sử dụng thuật toán trong môi trường Matlab để cắt từng khung ảnh tạo tập dữ liệu ảnh mẫu cho 4 trường hợp: không khói, khói ít, khói nhiều, khói kèm với lửa.

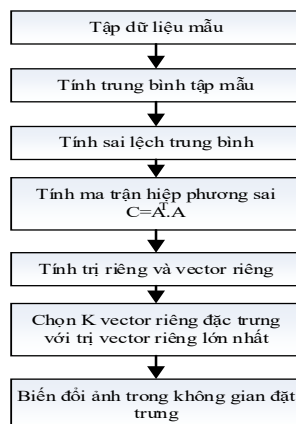


Hình 2: Mô tả quá trình thiết lập camera để thu thập dữ liệu.

2.3. Xử lý dữ liệu

Dùng thuật toán xử lý ảnh trong môi trường matlab, sử dụng phương pháp trích đặc trưng thành phần chính (PCA) để đưa ra các trường hợp đặc trưng: không khói, khói ít, khói nhiều, khói và lửa. Sau đó bằng thuật toán SVM (Support Vector Machine) để đưa ra kết quả cháy rừng.

Phương pháp phân tích thành phần chính được đề xuất để trích đặc trưng. PCA thực hiện chuyển đổi trực giao để chuyển đổi không gian ban đầu thành một hệ trục tọa độ mới



Hình 3: Sơ đồ các bước thực hiện thuật toán PCA

bao gồm các biến tuyến tính không tương quan. Các biến số mới được gọi là thành phần đặt trung.

* Trích đặc trưng bằng PCA (Principal component analysis)

- Tạo tập mẫu: $S = [x_1 \ x_2 \ x_3 \ \dots \ x_i]^T$ (1)

- Tính giá trị trung bình tập mẫu S:

$$\bar{I} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i \quad (2)$$

- Tính sai lệch trung bình của tập mẫu:

$$A = [\vec{n}_1, \vec{n}_2, \vec{n}_3, \dots, \vec{n}_n] \quad (3)$$

- Tính ma trận hiệp phương sai:

$$C^{m \times n} = (c_{i,j}, c_{i,j} = \text{cov}(\text{Dim}_i, \text{Dim}_j)) \quad (4)$$

- Trị riêng của mẫu: $\text{Det}(C - \lambda I) = 0$ (5)

- Vector riêng của mẫu: $(C - \lambda.I) V = 0$ (6)

- Vector đặc trưng của mẫu: $Y = u_i^T * V$ (7)

* Thuật toán SVM (Support Vector Machine):

là một phương pháp phân lớp dựa trên lý thuyết học thống kê. Hàm tuyến tính phân biệt hai lớp như sau:

$$f(x) = w^T \sigma(a) + b \quad (8)$$

$w \in R^m$ là vector trọng số hay vector chuẩn của siêu phẳng phân cách, $b \in R$ là độ lệch

$\phi(x) \in R^m$ là vector đặc trưng, với ϕ là hàm ánh xạ

Kết quả nhận dạng bằng SVM trả về giá trị 1 (đúng) hoặc 0 (sai).

3. Kết quả mô phỏng

* Kết quả thu thập dữ liệu

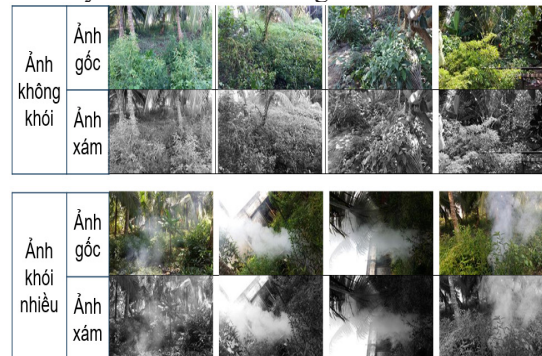
Gồm 2 loại tập ảnh ứng cho 2 trường hợp: không khói và có khói



Hình 4: Tập ảnh không khói và có khói

* Kết quả tiền xử lý:

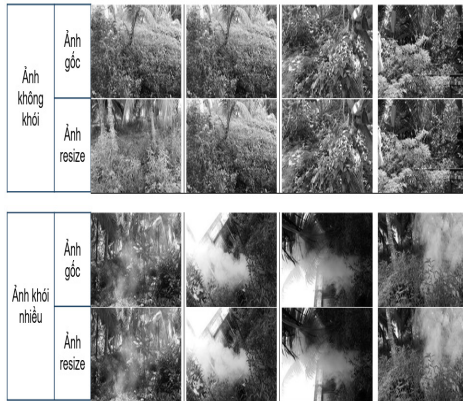
- Chuyển đổi ảnh màu sang ảnh xám



Hình 5: Chuyển đổi ảnh màu sang ảnh xám

Trong quá trình xử lý không chỉ quan tâm đến cấu trúc của ảnh mà phải quan tâm đến yếu tố màu sắc.

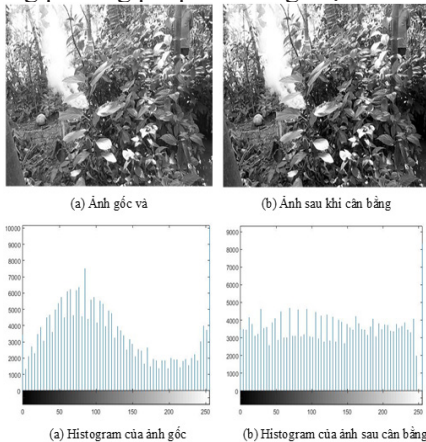
- Định lại kích thước hình



Hình 6: Định lại kích thước ảnh

Kích thước ảnh càng lớn thì chất lượng ảnh càng tốt, tuy nhiên dung lượng ảnh sẽ ảnh hưởng đến tốc độ xử lý, cho nên để nâng cao tốc độ xử lý ảnh ta có thể định lại kích thước ảnh mà không làm ảnh hưởng đến kết quả xử lý ảnh

Kết quả sau khi thực hiện tăng cường ảnh bằng cách dùng phương pháp cân bằng lược đồ histogram.



Hình 7: Tăng cường ảnh bằng lược đồ histogram

Ảnh trở nên sáng và rõ nét hơn. thông qua lược đồ, ảnh gốc có sự chênh lệch mức xám lớn, và sau khi được cân bằng thì sự chênh lệch này trở nên cân bằng.

* Kết quả trích đặc trưng bằng PCA

Bảng 1: Vector đặc trưng của 1 ảnh không khối, có kích thước 10x7

-136.5373	-104.1025	-30.8698	37.1622	45.9425	42.5768	46.5294	44.3678	28.7951	26.1358
18.5062	-10.5156	-27.8317	5.6904	19.7078	-6.6981	17.8679	-34.7635	-7.2159	25.2525
5.7218	-1.9140	-12.5743	-24.3019	-14.9036	-14.6519	17.2721	21.4619	9.4837	14.4063
6.5950	-9.2795	6.3918	-8.9988	-3.4657	13.6375	12.8738	-4.3933	-3.8117	-9.5491
-1.6057	0.6235	-0.9759	-2.7738	-8.2130	10.3675	-6.6573	-4.9132	4.7098	9.4381
2.3044	-0.9549	-3.9281	3.7986	-2.6510	0.8689	-0.0150	0.8841	2.6736	-2.9806
1.5528	-3.7222	3.0231	1.7729	-1.5878	-2.0226	-0.7833	0.0543	0.1064	1.6065
4.9025	2.4812	-3.0268	-5.7781	1.6925	4.2137	4.3922	-7.4102	-2.7860	1.3190
-8.3340	-7.4314	0.3917	3.6139	9.6705	1.4556	9.8241	5.1540	-2.9457	-11.3987
8.5969	7.6384	-3.8026	-1.8569	-0.1231	-5.5302	1.8695	0.6967	-1.4715	-8.0172

Kết quả PCA không khối của 1 ảnh đại diện có kích thước 10x7. Trong đó, mỗi hàng là một vector đặc trưng của ảnh. Số vector đặc trưng tối đa bằng với số lượng tập mẫu của ảnh.

Bảng 2: Kết quả PCA có khối của 1 ảnh đại diện

-159.289	-141.593	-99.466	-62.243	39.800	64.033	80.260	75.201	96.357	106.941
-4.664	13.506	4.835	5.099	-40.116	-40.799	0.740	6.488	22.955	31.957
0.251	-9.699	-4.855	17.595	31.743	-28.849	7.484	-14.560	-24.745	25.635
-0.170	9.837	-5.668	-9.856	0.778	-7.388	16.841	10.773	-8.389	-6.759
11.887	1.352	-10.880	-7.287	0.420	1.896	-3.332	-1.847	1.484	6.306
-1.187	1.316	3.079	-5.579	7.919	-5.701	-8.256	5.908	4.089	-1.587
1.483	-1.731	-4.276	5.264	-0.216	-1.473	-1.002	3.771	1.133	-2.954
19.318	3.920	-7.447	2.688	5.345	6.634	-2.893	-7.857	-11.959	-7.749
-7.263	-14.185	-16.856	-9.891	-2.827	12.396	6.475	0.972	12.320	18.858
-2.179	-2.851	-4.093	1.319	2.710	6.348	1.927	7.403	0.376	-10.960

Kết quả PCA có khối của 1 ảnh đại diện có kích thước 10x7.

* Kết quả sau khi huấn luyện SVM

Bảng 3: SVM SuportVector của ảnh không khối, có kích thước 10x7

0.628	-0.321	-0.921	1.504	1.625	0.335	-0.980	0.950	0.196	-1.111
0.686	0.857	1.086	1.420	-1.044	-0.006	-0.379	0.990	1.324	0.375
0.654	-1.668	1.349	-0.484	-0.770	0.340	0.026	-1.671	0.695	0.140
0.385	1.211	0.905	-1.053	1.479	-1.148	0.778	0.297	-1.537	-1.209
-2.014	0.888	0.360	0.727	-0.252	0.888	0.752	1.105	-1.124	1.727
-0.455	-1.335	-0.790	0.705	-0.153	-1.513	1.464	-0.682	0.053	-0.764
0.548	0.273	-1.527	-0.992	-0.435	1.463	0.859	-1.303	0.487	-0.373
0.678	0.945	-0.937	-0.382	-1.287	-1.021	-0.769	0.382	1.304	-0.025

Tùy theo số mẫu được trích đặc trưng mà ta có SVM SuportVector

Bảng 4: Kết quả SVM SuportVector của ảnh có khối

0.615	-1.711	-1.403	-0.785	0.294	-1.058	-0.498	0.705	1.013	1.186
0.770	0.031	0.364	1.790	-0.516	-1.532	-0.339	-0.307	0.529	0.360
0.722	0.272	-0.706	1.145	-0.286	1.097	1.276	-0.835	0.079	1.363
1.026	1.340	1.247	-0.718	0.977	-0.295	-0.999	-0.823	1.541	-2.048
-1.359	0.566	-0.472	1.045	0.210	0.244	-0.585	0.417	-1.159	-0.533
-0.597	0.214	0.856	-1.047	-1.129	-1.036	1.781	0.286	-0.808	0.246
0.382	-1.682	1.544	0.083	0.065	1.470	-0.073	0.568	-0.231	0.506

SVM SuportVector của ảnh khối nhiều, có kích thước 10x7.

* Kết quả nhận dạng ảnh: 1400/7600 hiệu suất 80% không khối - 70% có khối

Ảnh nhận dạng	Kết quả	Ảnh nhận dạng	Kết quả	Ảnh nhận dạng	Kết quả	Ảnh nhận dạng	Kết quả
	Không khói		Không khói		Khói nhiều		Đ khói nhiều tầng
	Không khói		Không khói		Khói nhiều		Không khói
	Không khói		Không khói		Không khói		Khói nhiều
	Khói nhiều		Khói nhiều		Khói nhiều		Khói nhiều
	Không khói		Không khói		Khói nhiều		Khói nhiều

Hình 7: Kết quả nhận dạng ảnh

Với thuật toán nhận dạng bằng SVM, giá trị trả về là 1 (đúng) hoặc 0 (là sai)

Với số mẫu 1390/7600 là kết quả tốt nhất. Với 1300/7600 mẫu thì xác suất nhận dạng là 80% không khói và 70% có khói

Với 1400/7600 mẫu thì xác suất nhận dạng là 80% không khói và 70% có khói

*** Kết quả mô hình hệ thống cảnh báo:**



Hình 8: Hệ thống cảnh báo

Hình ảnh được ghi lại bởi camera và lưu thành tập ảnh. Được đưa vào máy tính để xử lý ảnh trên môi trường matlab.

Sẽ gửi tin nhắn và cảnh báo nếu có cháy.

***Kết quả hệ thống nhận dạng và gửi tin nhắn cảnh báo đến số điện thoại:**



Hình 8: Hệ thống nhận dạng và gửi tin nhắn cảnh báo đến điện thoại

Máy tính xử lý dữ liệu bằng xử lý ảnh trong môi trường matlab

Hệ thống nhắn tin đơn giản gồm Dcom 3g kết nối với máy tính qua cổng USB

Bên trong Dcom có thẻ sim. Để Dcom có thể gửi tin nhắn, em viết thêm đoạn code để máy tính điều khiển

Mỗi khi có khói, ngoài việc cảnh báo bằng âm thanh của laptop, chương trình sẽ Điều khiển Dcom gửi tin nhắn đến số điện thoại được định trước 1390/7600 hiệu suất 80%.

4. Kết luận

Đề tài đã xây dựng được tập cơ sở dữ liệu về hình ảnh, được chụp từ cùng một môi trường đặc thù với nhiều cây. Sau đó sử dụng các phương pháp chuyển đổi ảnh, định lại kích thước ảnh và thực hiện tăng cường ảnh trước khi dữ liệu được đưa vào thực hiện trích xuất các thành phần chính (PCA). Sau khi đã trích đặc trưng sẽ được đưa vào huấn luyện và nhận dạng bằng thuật toán SVM.

Kết quả nhận dạng trường hợp không khói hoặc có khói với độ chính xác cao, với trường hợp sử dụng 1390/7600 mẫu đã cho kết quả nhận dạng trường hợp không khói là 80% và trường hợp có khói là 80%.

Kết quả nhận dạng có độ chính xác cao chứng minh được phương pháp được lựa chọn là đúng và cho kết quả trong quá trình nhận dạng là cao.

Tài liệu tham khảo

- [1] Nguyễn Ngọc Bình, Phòng cháy và chữa cháy rừng, NXB Giao thông vận tải, 2004.
- [2] Lưu Trọng Hiếu, Phạm Bảo Nhân, Phạm Duy Nghiệp, Nguyễn Chánh Nghiệm, Nguyễn Chí Ngôn. Xây dựng giải pháp cảnh báo sớm tình trạng cháy rừng. Hội nghị toàn quốc lần thứ 3 về Điều khiển và Tự động hoá – VCCA. 2015.
- [3] Lê Văn Quang. Xử lý ảnh để phát hiện khói cho cảnh báo cháy rừng. Đồ án tốt nghiệp. Trường Đại Học Sư Phạm Kỹ Thuật TP.HCM. 2016.
- [4] Megha Jess Mathew. A Study on Fire Detection System using Statistic Color Model. IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering (IOSR-JECE) e-ISSN: 2278-2834, p- ISSN: 2278-8735. Volume 7, Issue 2. 2013.
- [5] Kumarguru Poobalan, Siau-Chuin Liew. Fire detection algorithm using image processing techniques. Proceeding of the 3rd International Conference on Artificial Intelligence and Computer Science (AICS2015), 2015.
- [6] Chen-Yu Lee, Chin-Teng Lin, Chao-Ting Hong, Miin-Tsair Su. Smoke Detection Using Spatial And Temporal Analyses. international Journal of Innovative Computing, Information and Control. Volume 8, Number 6, 2012.
- [7] DongKeun Kim, Yuan-Fang Wang. Smoke Detection in Video. 2009 World Congress on Computer Science and Information Engineering. 2009.
- [8] Vipin V. Image Processing Based Forest Fire Detection. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering. 2012.