

Nhận dạng biển báo giao thông Việt Nam với thuật toán PCA kết hợp LDA

The Recognition of Viet Nam Traffic Signs using Algorithm PCA combined with LDA

Phạm Phú Khương^a, Hà Đắc Bình^b

^aPhòng Thanh tra, Trường Đại học Duy Tân, Việt Nam

Office of Academic Investigation, Duy Tan University, Vietnam

^bKhoa Điện - Điện Tử, Đại Học Duy Tân, Việt Nam

Faculty of Electrical & Electronics Engineering, Duy Tan University, Vietnam

(Ngày nhận bài: 25/12/2017, ngày phản biện xong: 29/12/2017, ngày chấp nhận đăng: 10/01/2018)

Tóm tắt

Nhận dạng biển báo giao thông là một trong những vấn đề mang tính thách thức trong các hệ thống giám sát giao thông, hệ thống hỗ trợ tài xế, đặc biệt là xe tự hành. Mặc dù trên thế giới hiện nay đã có nhiều giải thuật nhận dạng biển báo giao thông. Tuy nhiên, ở bài báo này chúng tôi đề xuất thuật toán PCA kết hợp LDA cho việc nhận dạng biển báo giao thông Việt Nam. Kết quả thực nghiệm cho thấy phương pháp này cải thiện đáng kể thời gian với cùng hiệu năng nhận dạng.

Từ khóa - PCA, LDA, vectơ riêng, giá trị riêng, nhận dạng, so khớp mẫu, biển báo giao thông.

Abstract

Traffic sign recognition is one of the most challenging issues in the traffic monitoring system, driver assistance system, especially in the autonomous vehicle. Although there are many traffic sign alerts in the world today. However, in this paper, we use the PCA algorithm combining the LDA for identifying of Vietnamese traffic sign images. Experimental results show that this method significantly improves time with the same recognition performance.

Key words - PCA, LDA, eigenvectors, eigenvalues, template matching, traffic sign recognition.

1. Đặt vấn đề

Hạ tầng giao thông đóng một vai trò rất quan trọng đối với sự phát triển kinh tế xã hội của tất cả các quốc gia, trong đó hệ thống biển báo giao thông là một phần không thể thiếu của hạ tầng giao thông. Hệ thống biển báo giao thông ở Việt Nam cũng theo quy chuẩn của thế giới nhưng được bổ sung và chỉnh sửa một số biển báo để phù hợp với đặc thù của giao thông tại Việt Nam. Việc nhận dạng biển báo giao thông thông qua hình ảnh camera đã được

một số quốc gia trên thế giới thực hiện từ lâu và đã ứng dụng được trong các hệ thống như hệ thống giám sát giao thông, hệ thống lái xe tự động, xe không người lái. Đặc biệt, xe tự hành là một vấn đề nóng đang được nhiều nước quan tâm nghiên cứu và hiện nay đang được thử nghiệm ở một số quốc gia như Mỹ, Nhật, Singapore, Qatar. Tuy nhiên, ở Việt Nam các kết quả nghiên cứu liên quan đến nhận dạng biển báo giao thông chưa nhiều, đặc biệt là việc nhận dạng các biển báo đặc thù của Việt Nam.

Thế giới đã có nhiều công trình nghiên cứu về nhận dạng biển báo giao thông được công bố trong thời gian gần đây. Công trình [1] mô tả một hệ thống thị giác máy tính xử lý việc phát hiện, theo vết và nhận dạng các biển báo giao thông dựa trên màu sắc, hình dạng kết hợp với phương pháp phân lớp máy vector tựa SVM. Phương pháp tiếp cận này cho tỉ lệ nhận dạng chính xác lên đến 97%. Trong bài báo [2], các tác giả đã đề xuất một phương pháp biểu diễn thưa thớt để nhận dạng biển báo giao thông dựa trên lớp tương tự. Phương pháp này cần sắp xếp các biển báo giao thông theo bốn lớp chính dựa trên tính năng tương tự của chúng. Bốn lớp chính là lớp giới hạn tốc độ, lớp cảnh báo, lớp chỉ thị và lớp không quy tắc. Phương pháp có thể được chia thành ba giai đoạn. Đầu tiên, sử dụng kết hợp phân tích thành phần chính PCA và phân tích phân loại tuyến tính LDA để xác định “người hàng xóm gần nhất” cho mẫu thử nghiệm. Tiếp theo, đại diện cho mẫu thử nghiệm như một sự kết hợp tuyến tính của các mẫu huấn luyện từ lớp chính mà ‘hàng xóm gần nhất’ thuộc về. Cuối cùng, bài báo này sử dụng kết quả đại diện để thực hiện phân loại. Các thí nghiệm so sánh trên cơ sở dữ liệu biển báo giao thông Đức (GTSDb) cho thấy phương pháp này tốt hơn các phương pháp truyền thống như OMP, PCA và LDA. Tỷ lệ công nhận của nó có thể đạt 96%. Bài báo [3] trình bày một khung nhận dạng đối tượng mới. Khung này bao gồm nhiều phương pháp công nhận đối tượng dựa trên phân tích thành phần chính (PCA), phân tích phân loại tuyến tính (LDA) và K-láng giềng gần nhất (K-NN). Mô hình véc tơ màu cũng được giới thiệu trong công trình này. Dựa trên mô hình đại diện, màu Eigenspace được xây dựng bằng cách sử dụng PCA và LDA để trích xuất đặc trưng. Phương pháp tiếp cận nhận dạng đối tượng đã được thử nghiệm trên Thư viện hình ảnh đối tượng Columbia (COIL-100) và Thư viện đối tượng màu của Thư viện đối tượng màu đỏ (ALOI). Kết quả thực nghiệm trên các cơ sở dữ liệu này chứng minh hiệu quả của công

trình được đề xuất với tỷ lệ nhận dạng cao hơn so với kết quả của các công trình trước. Tỷ lệ công nhận đã đạt được trong một số trường hợp 100%. Tuy nhiên, phương pháp này chưa áp dụng cho việc nhận dạng biển báo giao thông. Công trình [4] một nghiên cứu dựa trên hình dạng để nhận dạng biển báo giao thông của Iran. Một mô hình sinh học được gọi là HMAX được sử dụng trích xuất đặc trưng để xử lý các hình ảnh biển báo giao thông. Các vectơ đặc trưng trích xuất được phân loại đơn giản bằng cách sử dụng bộ phân loại K-NN. Ba thí nghiệm đã được thực hiện để đánh giá hiệu suất của mô hình được đề xuất và so sánh với một số mô hình thông thường như PCA, DCT và 2DPCA. Trong mỗi thí nghiệm, sự khác biệt về hiệu suất của mô hình được đề xuất so với các mô hình thông thường là khoảng 60% trên cùng một cơ sở dữ liệu. Tỷ lệ nhận dạng của mô hình này cao sẽ làm tăng tính ổn định và độ tin cậy của hệ thống trên ứng dụng thời gian thực.

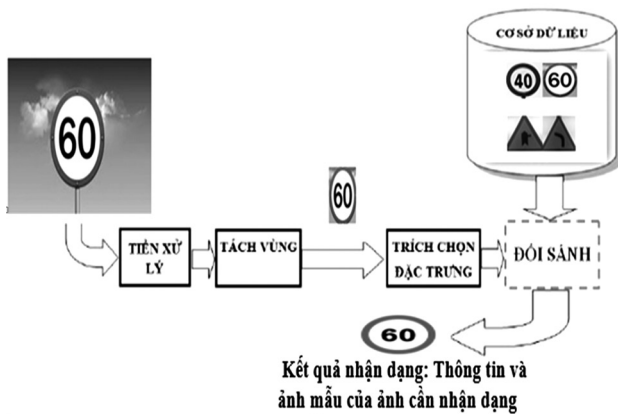
Hiện nay, ở Việt Nam có một số đơn vị nghiên cứu về nhận dạng biển báo giao thông Việt Nam như FPT, Trường Đại học Cần Thơ, Trường Đại học Duy Tân [7-6]. Cụ thể, bài báo [7] trình bày phương pháp phát hiện và nhận dạng các biển báo giao thông đường bộ sử dụng kết hợp các kỹ thuật phân đoạn ảnh, phát hiện biên và phân tích hình dáng đối tượng để phát hiện vùng ứng viên có thể là biển báo giao thông. Sau đó, rút trích đặc trưng HOG và huấn luyện mạng Neron nhân tạo để nhận dạng biển báo cho kết quả nhận dạng đạt tỉ lệ 94%. Tuy nhiên, công trình này chưa được tối ưu một cách hiệu quả nhất. Trong bài báo [6], tác giả sử dụng phương pháp Haar-like kết hợp thuật toán tăng tốc adaboost cho việc phát hiện ảnh. Ở phần nhận dạng, tác giả sử dụng phương pháp PCA.

Khác với các công trình đã được công bố trong và ngoài nước nêu trên, trong bài báo này, chúng tôi sử dụng phương pháp kết hợp PCA và LDA cho việc trích rút đặc trưng nhằm tăng cường hiệu năng và đặc biệt là rút ngắn thời gian nhận dạng biển báo giao thông tại Việt Nam. Nội dung bài

báo được chia làm các phần theo trình tự sau. Phần 2 trình bày cơ sở lý thuyết các thuật toán PCA, LDA, đề xuất PCA+LDA. Phần 3 trình bày quá trình thiết kế chương trình nhận dạng và kết quả đạt được trên phần mềm Matlab. Cuối cùng phần 4 đưa ra kết luận và hướng phát triển tiếp theo.

2. Cơ sở lý thuyết

Cấu trúc tổng quát của hệ thống nhận dạng biển báo được thể hiện như hình 1. Trong đó, trích chọn đặc trưng là hạt nhân của hệ thống, đóng vai trò then chốt, quyết định hiệu năng của một thuật toán nhận dạng. Trong nội dung phần này, chúng tôi tập trung trình bày về phương pháp trích chọn đặc trưng.



Hình 1. Sơ đồ tổng quát của hệ thống nhận dạng biển báo

2.1. Thuật toán Phân tích thành phần chính PCA (Principal Component Analysis)

Phương pháp này thực chất là đi giải quyết bài toán tìm bộ thông số dựa trên trị riêng và vector riêng của ma trận ảnh. Phương pháp PCA [6-5] sẽ giữ lại K thuộc tính “mới” từ M các thuộc tính ban đầu ($K < M$). Thuật toán được tiến hành theo các bước sau:

Bước 1: Tải ảnh trong bộ cơ sở dữ liệu M, sử dụng các ảnh biển báo I_1, I_2, \dots, I_n (đã được xám hóa và định chuẩn về cùng kích thước). Để dễ hình dung, ta có $M = 9$ ảnh phân thành 3 lớp (mỗi ảnh đều được xám hóa và resize về cùng kích thước $N^2 = 4 \times 4$)

Bước 2: Tương ứng mỗi ảnh I_i với một vector Γ_i (I_i (ảnh $N \times N$) \rightarrow vector Γ_i ($N^2 \times 1$)) (1)

Vector $\Gamma_i = N^2 \times 1 = 16 \times 1$.

Bước 3: Tính vector ảnh trung bình Ψ theo công thức:

$$\Psi = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \Gamma_i \quad (2)$$

Vector trung bình Ψ có số chiều 16×1 .

Bước 4: Sai số của các ảnh so với vector ảnh trung bình được tính theo công thức:

$$\Phi_i = \Gamma_i - \Psi \quad (3)$$

Bước 5: Tính ma trận hiệp phương sai (covariance) C:

$$C = \frac{1}{M} \sum_{k=1}^M (\Phi_k)(\Phi_k)^T = A \cdot A^T \quad (4)$$

Ta nhận thấy 2 ma trận $C = A \cdot A^T$ và ma trận $A^T \cdot A$ luôn có chung trị riêng. Mà ma trận $A^T \cdot A$ có số chiều (9×9) ít hơn hẳn ma trận $A \cdot A^T$ với số chiều (16×16) nên ta sẽ chuyển về ma trận $A^T \cdot A$.

Xét ma trận $A^T \cdot A$, gọi v_i và λ_i là các vector riêng và trị riêng của ma trận $A^T \cdot A$. Ta có:

$$A^T \cdot A \cdot v_i = \lambda_i \cdot v_i \quad (5)$$

Nhân 2 vế với A ta được: $A \cdot A^T \cdot A \cdot v_i = \lambda_i \cdot A \cdot v_i$. Vậy $A \cdot v_i$ chính là vector riêng của ma trận hiệp phương sai C ứng với trị riêng λ_i . Tính được vector riêng $v = 9 \times 9$, trị riêng $\lambda = 9 \times 1$ (chỉ lấy các giá trị trên đường chéo chính của λ). Từ các vector riêng v_i có kích thước 9×1 ta tính được các vector riêng u_i (kích thước 16×1) theo công thức:

$$u_i = A v_i \quad (6)$$

Sau khi loại bỏ vector có giá trị 0, ma trận chứa các vector chuẩn hóa u_i có số chiều là 16×8 . Khi đó mỗi ảnh Φ_i trong tập huấn luyện có thể được biểu diễn lại là 1 tổ hợp tuyến tính của K vector riêng lớn nhất:

$$\Phi_i = \Gamma_i - \Psi = w_1^i u_1 + w_2^i u_2 + w_3^i u_3 + \dots + w_K^i u_K \quad (7)$$

$$= \sum_{j=1}^K w_j^i u_j$$

Trong đó: $w_j^i = u_j^T \cdot \Phi_i$ với $i = 1, 2, \dots, M$.

Vector với các hệ số khai triển $[w_1, w_2, w_3, \dots, w_K]$ chính là biểu diễn mới của ảnh được tạo ra trong không gian PCA, và vẫn mang các đặc tính của ảnh cũ. Gọi q là bộ thông số được tính từ

phương pháp PCA, ta có $q = [w_1, w_2, w_3, \dots, w_k]$ và có số chiều là 8×9 . Vậy, với $M = 9$ ảnh có số chiều là 16×9 , sau khi dùng PCA để ánh xạ tuyến tính, ta có được bộ thông số q có số chiều được rút gọn lại còn 8×9 mà vẫn giữ được tính chất của M .

2.2 Phương pháp phân tích phân loại tuyến tính LDA (Linear Discriminant Analysis)

Thuật toán LDA [3] dựa trên phân tích phân loại phi tuyến của Fisher là phương pháp tính toán chuyển đổi tối đa hóa sự phân tán giữa các lớp trong khi giảm thiểu phân tán trong lớp.

Cho tập dữ liệu gồm các lớp ảnh i thuộc bộ dữ liệu C . Ta có y là số mẫu có trong tập C . Cho M_i là số lượng mẫu trong mỗi lớp i ; $i=1, 2, \dots, C$. Cho μ_i là vector trung bình trong các lớp i ; $i=1, 2, \dots, C$.

$$\mu = \frac{1}{C} \sum_{y=1}^C \mu_y, \tag{8}$$

trong đó, μ : trung bình của toàn tập dữ liệu C .

Gọi S_w là ma trận tán xạ nội lớp (các phần tử trong lớp) và S_B là ma trận tán xạ tương hỗ của các lớp thuộc C .

Ta có:

$$S_w = \sum_{i=1}^C \sum_{j=1}^{M_i} (y_j - \mu_i)(y_j - \mu_i)^T, \tag{9}$$

$$S_B = \sum_{i=1}^C (\mu_i - \mu)(\mu_i - \mu)^T, \tag{10}$$

Phương pháp LDA sẽ tìm giá trị W để cực đại hóa hàm mục tiêu $H_{(W)}$:

$$H_{(W)} = \frac{WS_B W^T}{WS_W W^T} \tag{11}$$

2.3 PCA kết hợp LDA (PCA+LDA) cho việc nhận dạng biển báo giao thông

Vì tổng số ảnh trong bộ cơ sở dữ liệu bé hơn số pixel của mỗi ảnh nên chúng tôi kết hợp giữa phương pháp PCA và LDA (PCA+LDA) [5] để cho kết quả nhận dạng cao hơn. Các bước thực hiện như sau:

Bước 1: Lấy bộ thông số $q = [w_1, w_2, w_3, \dots, w_k]$ được tính từ phương pháp PCA. Sử dụng bộ thông số q để tính bộ thông số nhỏ hơn và dễ phân biệt hơn theo phương pháp LDA. Tính trung bình của tất cả dữ liệu trong q .

Ví dụ: Ta có M ($q \in M$) tập mẫu của 3 lớp ảnh X, Y, Z cần phân loại, mỗi lớp có các loại dữ liệu khác nhau và sau khi rút bộ thông số q từ PCA, ta có 3 lớp sau: $(x_1, x_2) \in X$; $(y_1, y_2, y_3) \in Y$; $(z_1, z_2, z_3, z_4) \in Z$;

Trung bình m của tập mẫu M được tính theo công thức (12)

$$m = \frac{1}{M} \begin{bmatrix} x_{11} + x_{21} + y_{11} + y_{..} + z_{..} + z_{41} \\ x_{12} + x_{22} + y_{12} + y_{..} + z_{..} + z_{42} \\ \vdots + \vdots + \vdots + \vdots + z_{..} + z_{4..} \\ x_{1n} + x_{2n} + y_{1n} + y_{..} + z_{..} + z_{4n} \end{bmatrix} \tag{12}$$

Bước 2: Tính trung bình của mỗi lớp

$$\bar{X} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} x_{11} + x_{21} \\ x_{12} + x_{22} \\ \cdot \\ \cdot \\ x_{1n} + x_{2n} \end{bmatrix} \tag{13}$$

Tương tự ta tính được trung bình của các lớp: \bar{Y}, \bar{Z}

- Sai số của từng dữ liệu so với dữ liệu trung bình của mỗi lớp.

$$x_{1m} = \begin{bmatrix} x_{11} - \bar{X}_1 \\ x_{12} - \bar{X}_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ x_{1n} - \bar{X}_n \end{bmatrix}; x_{2m} = \begin{bmatrix} x_{21} - \bar{X}_1 \\ x_{22} - \bar{X}_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ x_{2n} - \bar{X}_n \end{bmatrix} \tag{14}$$

Tương tự ta tính được: $y_{1m}, y_{2m}; y_{3m}, z_{1m}, z_{2m}; z_{3m}, z_{4m}$.

Bước 3: Xây dựng ma trận tán xạ cho mỗi lớp

$$S_1 = (x_{1m} x_{1m}^T + x_{2m} x_{2m}^T); \tag{15}$$

Tương tự tính được: S_2, S_3 .

Ta được ma trận tán xạ nội lớp S_w

$$S_w = S_1 + S_2 + S_3 \tag{16}$$

Ma trận tán xạ tương hỗ S_B

$$S_B = (\bar{X} - m)(\bar{X} - m)^T + (\bar{Y} - m)(\bar{Y} - m)^T + (\bar{Z} - m)(\bar{Z} - m)^T \tag{17}$$

Như vậy ta sẽ tìm được phương chiếu W dựa

trên vector riêng \mathbf{v} ứng với trị riêng suy rộng λ [8] được tính từ S_B, S_w để hàm mục tiêu $H_{(w)}$ đạt giá trị cao nhất. Từ \mathbf{v} và λ ta tìm được các vector **WLDA** để hàm mục tiêu $H_{(w)}$ như (11) đạt giá trị cao nhất dựa theo các giá trị riêng suy rộng lớn nhất ứng với các cột của vector riêng. Sau đó ta tính được bộ trọng số của tập huấn luyện từ phương pháp PCA + LDA ký hiệu là sLDA bởi công thức:

$$\text{sLDA} = (\mathbf{q}^T * \mathbf{WLDA})^T \quad (18)$$

Gọi LDATEST là ảnh cần nhận dạng sau bước tiền xử lý và chuẩn hóa. Dùng phương pháp tính khoảng cách Euclidian của ma trận ảnh cần nhận dạng so với không gian ảnh huấn luyện. Giá trị lỗi được tính như sau:

$$e_r = \min_i \|\text{sLDA} - \text{LDATEST}\| \quad (19)$$

Giá trị e_r nhỏ nhất sẽ ứng với vị trí của ảnh trong tập huấn luyện, qua đó tìm được vị trí và thông tin ảnh biển báo cần nhận dạng.

3. Thiết kế chương trình và đánh giá kết quả nhận dạng

Tất cả các ảnh trong tập huấn luyện được chuyển sang không gian ảnh k vecto riêng để tạo bộ cơ sở dữ liệu. Phương pháp so khớp mẫu được sử dụng trong bài báo dựa trên cách tính khoảng cách Euclidian bé nhất của biển báo kiểm thử và các biển báo trong tập cơ sở dữ liệu.

Các bước thực hiện cơ bản

❖ Tạo Cơ sở dữ liệu cho tập kiểm thử

Mỗi ảnh trong tập kiểm thử sau bước tiền xử lý, resize ảnh về cùng kích thước (50*50), tiếp theo ta sử dụng thuật toán PCA+LDA tính bộ trọng số để đối sánh với bộ trọng số của tập ảnh trong Cơ sở dữ liệu 1100 ảnh.

Phương pháp so khớp mẫu để nhận dạng biển báo

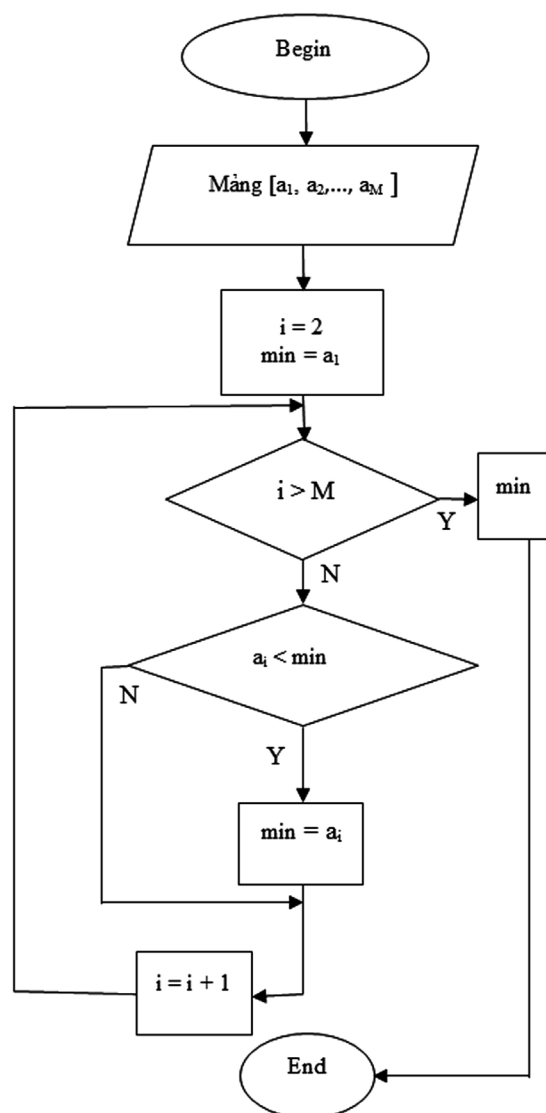
Phương pháp được lựa chọn ở đây là so khớp mẫu (template matching). Tất cả các ảnh trong tập huấn luyện được chuyển sang không gian ảnh k vecto riêng để tạo bộ cơ sở dữ liệu. Phương pháp so

khớp mẫu được sử dụng trong bài báo dựa trên cách tính khoảng cách Euclidian bé nhất của biển báo kiểm thử và các biển báo trong tập cơ sở dữ liệu.

Sơ đồ khối phương pháp so khớp mẫu được trình bày như trong hình 2.

Trong đó:

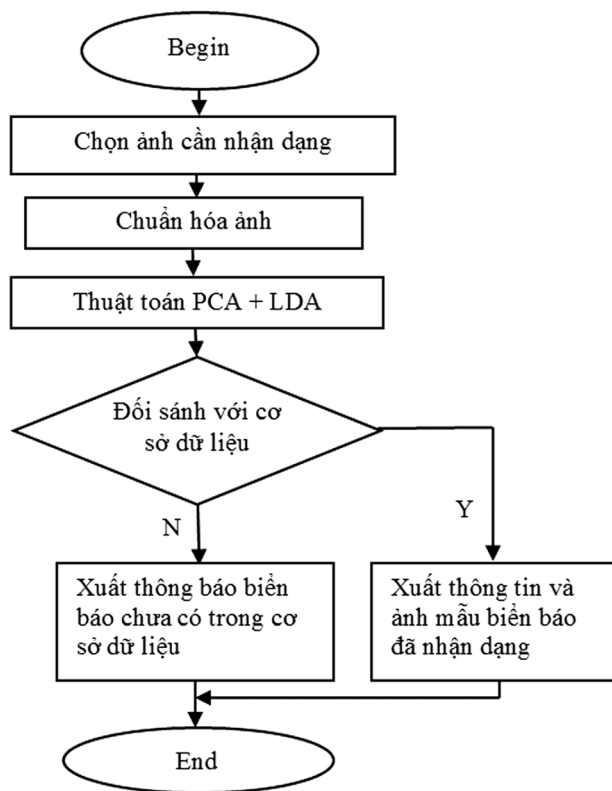
- ❖ Mảng $[a_1, a_2, \dots, a_M]$ chứa các giá trị e_r được tính từ công thức (19)
- ❖ i là đại diện cho số thứ tự từng giá trị trong mảng
- ❖ M là tổng các giá trị có trong mảng
- ❖ Min là giá trị nhỏ nhất cần tìm của các giá trị trong mảng



Hình 2. Lưu đồ thuật toán đối sánh để nhận dạng biển báo

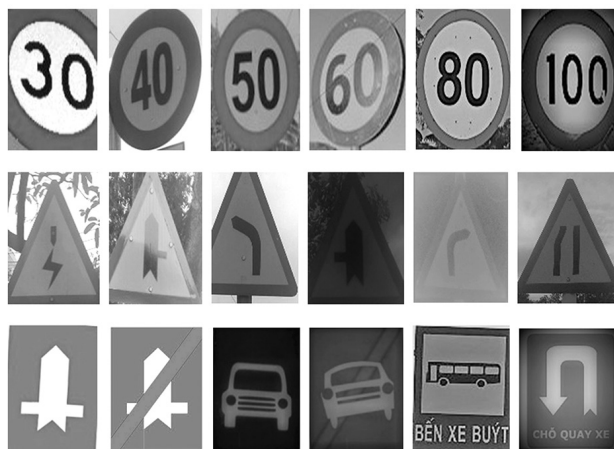
Sơ đồ thiết kế phần mềm của hệ thống nhận dạng như hình 3. Trong hệ thống nhận dạng biển báo này gồm có:

- ❖ Ảnh cần nhận dạng
- ❖ Bộ dữ liệu ảnh trong không gian ảnh huấn luyện
- ❖ Thuật toán PCA+LDA
- ❖ Phương pháp đối sánh mẫu Template Matching



Hình 3. Lưu đồ thiết kế phần mềm cho hệ thống.

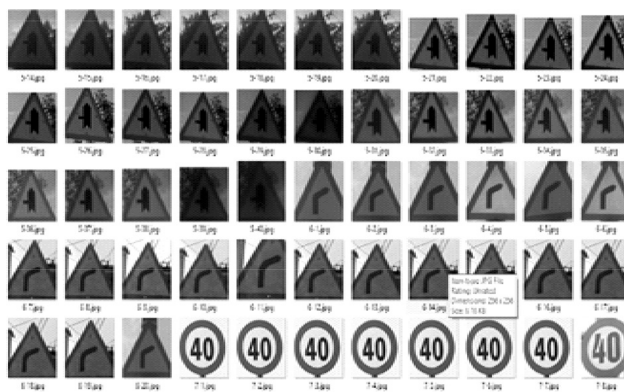
Tập ảnh kiểm thử gồm 130 ảnh thuộc 18 loại biển báo (biển báo hình tròn, hình tam giác, hình tứ giác), bao gồm các loại biển báo giao thông theo chuẩn quốc tế và các loại biển báo giao thông đặc trưng riêng ở Việt Nam được thu từ google image và ảnh được chụp thực tế từ camera smartphone. Mỗi loại biển báo gồm có các loại ảnh ở các trạng thái khác nhau như trong hình 4: ảnh được chụp trong các điều kiện ánh sáng khác nhau, ảnh chụp nghiêng, ảnh bị khuyết, ảnh bị nhiễu v.v...



Hình 4. Các loại ảnh của tập ảnh kiểm thử

Tập ảnh huấn luyện gồm 1100 ảnh, trong đó đã bao gồm các đặc điểm như tập ảnh kiểm thử (hình 5). Các ảnh trong tập huấn luyện được chứa trong cùng một thư mục, đảm bảo đặt tên đúng theo dạng phân lớp biển báo và theo thứ tự: ‘x-y.jpg’, trong đó x là số lớp ảnh biển báo (từ 1 đến 18 loại) và y là số thứ tự biển báo trong lớp (từ 1 đến 20 hoặc 120 tùy loại). Các ảnh chứa cùng một loại biển báo phải nằm trong cùng một lớp x. Lý do là chúng tôi sử dụng các câu lệnh Matlab để phân tách tên gọi của các ảnh (nhờ kí tự “-” trong tên ảnh), từ đó suy ra phân lớp nhận dạng chính xác.

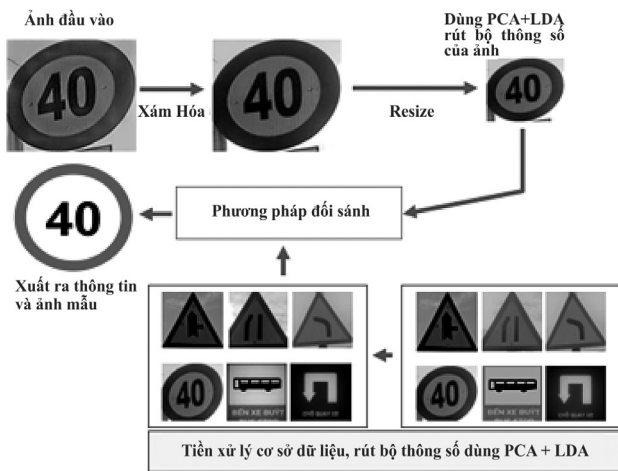
Các ảnh được tiền xử lý và cắt đúng phần chứa biển báo trong ảnh.



Hình 5. Một phần của tập huấn luyện

Sau các bước tiền xử lý và resize ảnh, ta sử dụng thuật toán PCA+LDA để trích xuất đặc trưng và sau đó tính được bộ trọng số. Bộ vector riêng của bộ cơ sở dữ liệu 1100 ảnh sau khi tính được từ phương pháp PCA có số chiều

là 1100*1100, bộ trọng số được rút trích đặc trưng xuống còn 1099*1100 chiều (sau khi lược bỏ vector có giá trị 0). Sau đó dùng PCA+LDA rút bộ trọng số còn 17*1100 chiều (18 lớp). Cuối cùng dùng phương pháp đối sánh (Template Matching) để so khớp với bộ trọng số của ảnh cần nhận dạng. Kết quả là hệ thống xuất ra ảnh mẫu của ảnh cần nhận dạng và tên ảnh cần nhận dạng như trong hình 6. Trong trường hợp hệ thống nhận dạng sai thì sẽ xuất ra ảnh mẫu và tên của ảnh cần nhận dạng thuộc lớp khác, trường hợp này chỉ chiếm một vài phần trăm tỉ lệ nhận dạng.



Hình 6. Quy trình nhận dạng được biển báo giao thông

• Ảnh không nhận dạng được: Thực hiện tất cả các bước như các bước của ảnh nhận dạng được. Kết quả không phải là thông tin biển báo cần nhận dạng mà là thông tin của biển báo thuộc các lớp khác (như trong hình 7). Một phần của lý do này là thông số của biển báo cần nhận dạng không có trong cơ sở dữ liệu hoặc thông số gần hơn so với các loại biển báo thuộc lớp khác và cách lược bỏ các vector có giá trị 0 của thuật toán PCA + LDA.



Hình 7. Kết quả nhận dạng của ảnh không nhận dạng được

4 kịch bản trong quá trình thực nghiệm:

• Kịch bản 1: Các biển báo được chụp trong trường hợp bình thường

Bảng 1: Tỉ lệ nhận dạng trung bình của các ảnh được chụp trong điều kiện bình thường theo 2 thuật toán PCA và PCA+LDA.

Biển báo (chụp trong điều kiện bình thường)	Số lần kiểm thử	Tỉ lệ nhận dạng trung bình		Thời gian nhận dạng trung bình	
		PCA	PCA + LDA	PCA	PCA + LDA
	100	92.23 %	94.15 %	0.3758s	0.3429s
	100	94.87 %	94.19 %	0.3808s	0.3516s
	100	91.96 %	92.94 %	0.3677s	0.3347s

• Kịch bản 2: Biển báo được chụp ở nhiều góc độ khác nhau


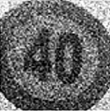

Bảng 2: Tỉ lệ nhận dạng trung bình của các ảnh được chụp ở vị trí lệch trái, lệch phải từ 30° đến 45° theo 2 thuật toán PCA và PCA+LDA.

Biển báo (được chụp ở vị trí lệch trái, lệch phải từ 30° đến 45°)	Số lần kiểm thử	Tỉ lệ nhận dạng trung bình		Thời gian nhận dạng trung bình	
		PCA	PCA + LDA	PCA	PCA + LDA
	100	58.30 %	58.15 %	0.3623s	0.3272s
	100	62.01 %	61.18 %	0.3726s	0.3378s
	100	56.75 %	56.94 %	0.3687s	0.3398s

• Kịch bản 3: Biển báo được chụp ở các điều kiện ánh sáng yếu như vào ban đêm, trời mưa nên ảnh bị nhiễu, ảnh bị che khuất 1 phần.




Bảng 3: Tỉ lệ nhận dạng trung bình của các ảnh được chụp ở điều kiện bị thiếu ánh sáng, bị nhiễu,

bị che khuất 1 phần theo 2 thuật toán PCA và PCA+LDA.

Biển báo (bị thiếu ánh sáng, bị nhiễu, bị che khuất 1 phần)	Số lần kiểm thử	Tỉ lệ nhận dạng trung bình		Thời gian nhận dạng trung bình	
		PCA	PCA + LDA	PCA	PCA + LDA
	100	62.89 %	64.15 %	0.3765s	0.3492s
	100	70.03 %	71.18 %	0.3674s	0.3412s
	100	71.97 %	73.04 %	0.3657s	0.3341s

• Kịch bản 4: Biển báo đặc trưng dành cho giao thông tại Việt Nam

Bảng 4: Tỉ lệ nhận dạng trung bình của các ảnh dành riêng cho giao thông Việt Nam theo 2 thuật toán PCA và PCA+LDA.

Biển báo (dành riêng cho giao thông tại Việt Nam)	Số lần kiểm thử	Tỉ lệ nhận dạng trung bình		Thời gian nhận dạng trung bình	
		PCA	PCA + LDA	PCA	PCA + LDA
	100	94.01 %	94.15 %	0.3765s	0.3504s
	100	93.81 %	93.15 %	0.3689s	0.3432s
	100	92.67 %	93.56 %	0.3623s	0.3439s

Nhận xét kết quả thực nghiệm qua 4 kịch bản:

Kịch bản 1: Đối với các biển báo được chụp ở điều kiện thông thường tương đối rõ ràng. Tỉ lệ nhận dạng trung bình theo PCA: 93.02%,

PCA+LDA: 93.76%, thời gian nhận dạng trung bình theo PCA: 0.3748s, PCA+LDA: 0.3431s. Thời gian nhận dạng trung bình của PCA+LDA nhanh hơn PCA là 0.0317s. Ở kịch bản này, phương pháp PCA+LDA cho hiệu suất và thời gian nhận dạng tốt hơn phương pháp PCA.

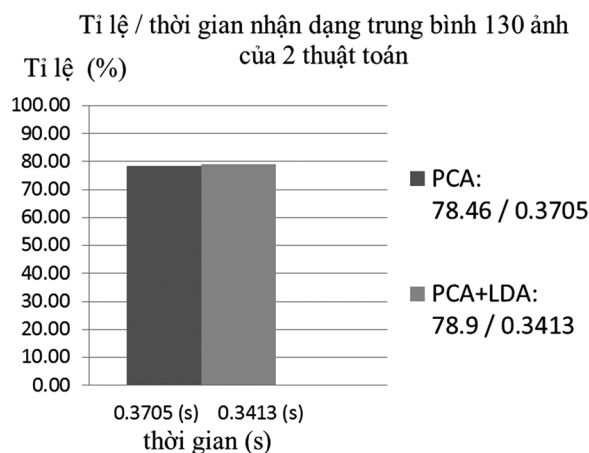
Kịch bản 2: Đối với các biển báo được chụp ở nhiều góc độ khác nhau (được chụp ở vị trí lệch trái, lệch phải từ 300 đến 450). Tỉ lệ nhận dạng trung bình theo PCA: 59.02%, PCA+LDA: 58.76%, thời gian nhận dạng trung bình theo PCA: 0.3679s, PCA+LDA: 0.3349s. Hiệu suất nhận dạng trung bình của các ảnh ở kịch bản 2 chỉ bằng khoảng 63% so với kịch bản 1, một phần là do nội dung chính của biển báo bị thu hẹp lại diện tích gây ảnh hưởng đến độ pixel của phần diện tích bị thu hẹp, dẫn đến quá trình so khớp mẫu với bộ cơ sở dữ liệu có nhiều sai số. Thời gian nhận dạng trung bình của PCA+LDA nhanh hơn PCA là 0.033s. Ở kịch bản 2, phương pháp PCA cho hiệu suất nhận dạng tốt hơn phương pháp PCA+LDA, nhưng phương pháp PCA+LDA cho thời gian nhận dạng nhanh hơn PCA.

Kịch bản 3: Đối với các biển báo được chụp ở các điều kiện ánh sáng yếu như vào ban đêm, ảnh bị nhiễu bởi trời mưa, ảnh bị che khuất 1 phần. Tỉ lệ nhận dạng trung bình theo PCA: 68.3%, PCA+LDA: 69.46%, thời gian nhận dạng trung bình theo PCA: 0.3699s, PCA+LDA: 0.3415s. Hiệu suất nhận dạng trung bình của các ảnh ở kịch bản 3 chỉ bằng 73% so với kịch bản 1, một phần là do nội dung chính của biển báo bị ảnh hưởng ít nhiều bởi ngoại cảnh dẫn đến độ pixel cũng bị thay đổi một phần. Thời gian nhận dạng trung bình của PCA+LDA nhanh hơn PCA là 0.0284s. Ở kịch bản 3, phương pháp PCA+LDA cho hiệu suất và thời gian nhận dạng tốt hơn phương pháp PCA.

Kịch bản 4: Đối với các biển báo đặc trưng dành cho giao thông tại Việt Nam. Tỉ lệ nhận dạng trung bình theo PCA: 93.5%, PCA+LDA: 93.62%, thời

gian nhận dạng trung bình theo PCA: 0.3692s, PCA+LDA: 0.3458s. Hiệu suất nhận dạng trung bình của các ảnh ở kích bản 4 đạt hiệu suất cao như kích bản 1. Thời gian nhận dạng trung bình của PCA+LDA nhanh hơn PCA là 0.0234s. Ở kích bản 4, phương pháp PCA+LDA cho hiệu suất và thời gian nhận dạng tốt hơn phương pháp PCA.

Kết quả thực nghiệm hiệu suất và thời gian nhận dạng trung bình qua 4 kích bản trên theo thuật toán PCA và thuật toán PCA+LDA như hình 8.



Hình 8. Tỉ lệ / thời gian nhận dạng trung bình qua 4 kích bản của thuật toán PCA và thuật toán PCA+LDA.

Nhận xét và đánh giá

Qua 4 kích bản, chúng tôi nhận thấy rằng: hiệu suất nhận dạng trung bình theo phương pháp PCA và PCA+LDA cao hơn hoặc thấp hơn phụ thuộc phần lớn vào độ pixel của mỗi ảnh. Tuy nhiên độ chênh lệch về hiệu suất giữa 2 phương pháp chỉ dao động trên dưới 1%. Về thời gian nhận dạng trung bình thì phương pháp PCA + LDA nhanh hơn hẳn PCA trong tất cả 4 kích bản (trung bình là 0.0292s). Vậy qua quá trình thực nghiệm, chúng tôi có thể khẳng định rằng, nếu chỉ xét về yếu tố thời gian thì phương pháp PCA+LDA tốt hơn hẳn phương pháp PCA.

Theo thống kê, tác giả nhận thấy phương pháp PCA + LDA có rất nhiều ưu điểm nổi bật:

- Có thể nhận dạng trong điều kiện ảnh chụp có góc lệch nhỏ, ảnh có chất lượng không cao.

- Có thể nhận dạng khá tốt khi điều kiện môi trường thay đổi

Thời gian nhận dạng tăng rất ít khi tập dữ liệu đầu vào lớn hơn.

Từ các đánh giá trên, tác giả kết luận: thuật toán PCA + LDA và phương pháp đối sánh (template matching) rất phù hợp cho bài toán nhận dạng biển báo giao thông.

- Quá trình thực nghiệm cả 2 phương pháp trên máy tính của tác giả cho kết quả thời gian nhận dạng trung bình của PCA+ LDA nhanh hơn 0.0292s so với PCA. Trong đó, kết quả thực nghiệm cho thấy thời gian trung bình của quá trình rút bộ trọng số của mỗi ảnh cần nhận dạng theo phương pháp PCA+LDA là 0.0046s và theo PCA là 0.0042 (chênh lệch 0.0004s), thời gian đối sánh giữa bộ trọng số của mỗi ảnh cần nhận dạng với 1100 ảnh của tập dữ liệu lần lượt theo phương pháp PCA+LDA là 0.0014 và theo phương pháp PCA là 0.0053 (chênh lệch 0.0039s). Vậy thời gian chênh lệch giữa quá trình rút bộ trọng số của mỗi ảnh cần nhận dạng và quá trình đối sánh theo hai phương pháp là 0.0035s (PCA+LDA lợi về mặt thời gian gần gấp 10 lần PCA cho tổng 2 quá trình riêng biệt này). Vì vậy, nếu như bộ cơ sở dữ liệu càng nhiều ảnh thì phương pháp PCA+LDA sẽ cho thời gian nhận dạng càng nhanh hơn phương pháp PCA.

- Trong khi đó, dựa trên cơ sở lý thuyết của 2 thuật toán PCA và PCA+LDA thì thời gian nhận dạng của thuật toán PCA+LDA thấp hơn vì phương pháp PCA+LDA rút được bộ trọng số của bộ cơ sở dữ liệu (1100 ảnh) nhỏ hơn nhiều lần so với bộ trọng số q của bộ cơ sở dữ liệu (1100 ảnh) rút được từ phương pháp PCA. Trong khi thời gian rút bộ trọng số của 1 ảnh cần nhận dạng bằng 2 phương pháp thì chênh lệch không đáng kể. Ngoài ra, thời gian nhận dạng của chương trình mô phỏng cũng phụ thuộc vào phần cứng, cấu hình và hệ điều hành v.v... của máy vi tính (đa nhiệm).

4. Kết luận

Bài báo đã trình bày thuật toán PCA, thuật toán LDA, đề xuất một phương pháp kết hợp PCA+LDA và phương pháp đối sánh (template matching) để nhận dạng biển báo giao thông Việt Nam với thời gian thực hiện nhanh hơn so với cùng hiệu năng nhận dạng. Xây dựng thành công phần mềm nhận dạng biển báo giao thông đường bộ tại Việt Nam trên ngôn ngữ Matlab với giao diện trực quan, sinh động, dễ sử dụng và hiệu suất cao.

Trong tương lai chúng tôi sẽ thực hiện thao tác tiền xử lý ảnh với các thuật toán cao cấp hơn cho quá trình xử lý. Kết hợp nhiều thuật toán như ICA, Neural Network, SVM..... để giúp cho thời gian và hiệu suất nhận dạng được tốt hơn.

Tài liệu tham khảo

- [1]. David Soendoro, Iping Supriana, "Traffic Sign Recognition with Color-based Method, Shape-arc Estimation and SVM", International Conference on Electrical Engineering and Informatics, Bandung, Indonesia, 17-19 July 2011.
- [2]. Lei Yi, Chong-yang Zhang, "A sparse representation method for traffic sign recognition based on similar class", IEEE International Conference on Signal Processing, Communications and Computing (ICSPCC), 2014.
- [3]. Asmaa A. M. Hagar, Mahmoud A. M. Alshewimy, Mohamed T. Faheem Saidahmed, "A new object recognition framework based on PCA, LDA, and K-NN", The 11th International Conference on Computer Engineering & Systems (ICCES), Cairo, Egypt, 20-21 Dec. 2016.
- [4]. Ali Amiri, Reza Ebrahimpour, Mahtab Amiri, "Shape-Based Traffic Sign Recognition Using Biologically Motivated Features", International Journal of Computer Information Systems and Industrial Management Applications (ISSN 2150-7988), Volume 9 (2017), pp. 071-079.
- [5]. Kresimir Delac, Mislav Grgic, "PCA and LDA based Neural Networks for Human Face Recognition", ISBN 978-3-902613-03-5, I-Tech, Vienna, Austria, 2007.
- [6]. Nguyễn Văn Long, "Tìm hiểu và đề xuất phương pháp nhận dạng và phân loại biển báo giao thông ở Việt Nam", Luận văn Thạc sĩ, Đại học Duy Tân, 2016, tr 33-83.
- [7]. Trương Quốc Bảo, Trương Hùng Chen, Trương Quốc Định, "Phát hiện và nhận dạng biển báo giao thông đường bộ sử dụng đặc trưng HOG và Mạng Nơron nhân tạo", Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ, 10/2015.
- [8]. Phan Thanh Tao (2004), Giáo trình Matlab, Khoa Công nghệ Thông tin, Đại học Bách Khoa, Đà Nẵng, tr 59.