

NHẬN DẠNG KHUÔN MẶT TRONG HỆ THỐNG ĐIỂM DANH SINH VIÊN TỰ ĐỘNG

FACIAL RECOGNITION AUTOMATIC STUDENT ATTENDANCE SYSTEM

Nguyễn Thị Mai Hương, Chu Văn Huy, Nguyễn Đức Kiên, Hồ Đức Mạnh

Nhóm 7 CNTT1605, Khoa Công Nghệ Thông Tin

Trường Đại Học Đại Nam, Việt Nam

ThS. Nguyễn Văn Nhân, ThS. Lê Trung Hiếu

Giảng viên hướng dẫn, Khoa Công Nghệ Thông Tin

Trường Đại Học Đại Nam, Việt Nam

Tóm tắt - Nhận dạng khuôn mặt hiện là một vấn đề được quan tâm rộng rãi. Có nhiều phương pháp tiếp cận để giải quyết bài toán này, bao gồm phương pháp dựa trên đặc trưng toàn cục (sử dụng các đặc điểm chung của khuôn mặt) và phương pháp dựa trên đặc trưng cục bộ (sử dụng các điểm đặc trưng riêng lẻ của khuôn mặt). Tuy nhiên, độ chính xác của các phương pháp này vẫn còn hạn chế, đặc biệt là khi dữ liệu đầu vào bị tác động bởi yếu tố môi trường như ánh sáng, góc nhìn, kích thước khuôn mặt,... Nhằm nâng cao hiệu quả nhận dạng, nhóm tác giả đề xuất phát triển hệ thống nhận diện khuôn mặt ứng dụng thuật toán FaceNet kết hợp với Multi-task Cascaded Convolutional Networks (MTCNN). Hệ thống này giúp cải thiện khả năng phát hiện và nhận dạng khuôn mặt một cách hiệu quả hơn.[1]

Từ khóa - Nhận dạng khuôn mặt; Xác minh khuôn mặt; Thuật toán FaceNet; Multi-task Cascaded Convolutional Networks (MTCNN).

Abstract - Face recognition has become a widely researched problem in recent years. Various approaches exist to tackle this issue, including global feature-based methods (which analyze overall facial characteristics) and local feature-based methods (which focus on specific facial details). However, these techniques still face limitations in accuracy, particularly when input data is affected by environmental factors such as lighting conditions, viewing angles, and facial size variations. To enhance recognition performance, the authors propose developing a face recognition system leveraging the FaceNet algorithm combined with Multi-task Cascaded Convolutional Networks (MTCNN). This integration aims to improve both face detection and recognition efficiency.[1]

Key words - Face recognition; Face verification; FaceNet algorithm; Multi-task Cascaded Convolutional Networks (MTCNN).

I. Giới thiệu

Trong lĩnh vực giáo dục, quản lý chuyên cần đóng vai trò quan trọng trong việc duy trì chất lượng giảng dạy và đảm bảo sự tham gia của sinh viên. Các phương pháp điểm danh truyền thống như gọi tên, ký tên hay sử dụng thẻ từ tồn tại nhiều bất cập, bao gồm nguy cơ gian lận, mất thời gian và khó khăn trong việc lưu trữ, quản lý dữ liệu một cách hiệu quả. Trước thực tế này, công nghệ nhận dạng khuôn mặt nổi lên như một giải pháp tiềm năng, ứng dụng trí tuệ nhân tạo (AI) và học sâu (Deep Learning) để tự động hóa quá trình điểm danh. Hệ thống điểm danh sử dụng nhận dạng khuôn mặt không chỉ giúp xác định danh tính sinh viên nhanh chóng, chính xác mà còn giảm thiểu sự can thiệp của con người, từ đó nâng cao hiệu quả quản lý lớp học và đảm bảo tính minh bạch trong chuyên cần.

Tuy nhiên, để một hệ thống nhận dạng khuôn mặt hoạt động hiệu quả, cần có những thuật toán mạnh mẽ giúp phát hiện và trích xuất đặc trưng khuôn mặt với độ chính xác cao, ngay cả khi có sự thay đổi về góc nhìn hay ánh sáng. Một trong những phương pháp phổ biến và được đánh giá cao hiện nay là sự kết hợp giữa hai mô hình: FaceNet và Multi-task Cascaded Convolutional Networks (MTCNN).

FaceNet là một mô hình học sâu được sử dụng để trích xuất đặc trưng khuôn mặt và biểu diễn chúng dưới dạng vector trong không gian nhiều chiều, giúp xác định danh tính với độ chính xác cao[2]. Trong khi đó, Multi-task Cascaded Convolutional Networks (MTCNN) là một mô hình giúp phát hiện khuôn mặt hiệu quả ngay cả khi bị che khuất một phần hoặc ở góc nghiêng khác nhau [3]. Sự kết hợp giữa MTCNN và FaceNet tạo thành một hệ thống nhận diện khuôn mặt mạnh mẽ, phù hợp để triển khai trong các hệ thống điểm danh sinh viên tự động, giúp giảm sai sót trong nhận dạng do điều kiện ánh sáng hoặc góc nhìn thay đổi.

Mặc dù nhận dạng khuôn mặt mang lại nhiều lợi ích, công nghệ này vẫn đối mặt với nhiều thách thức. Các yếu tố như điều kiện ánh sáng, góc nhìn và chất lượng hình ảnh đầu vào

có thể làm giảm độ chính xác của hệ thống [4]. Ngoài ra, vấn đề bảo mật dữ liệu và quyền riêng tư của sinh viên cũng là một thách thức quan trọng cần được giải quyết [5]. Để tối ưu hóa hiệu suất, các nghiên cứu đang tập trung cải thiện mô hình nhận dạng, tăng cường khả năng chống giả mạo và xây dựng tập dữ liệu huấn luyện đa dạng nhằm tăng độ chính xác khi triển khai thực tế.

II. Nghiên cứu liên quan

Nhận dạng khuôn mặt là một trong những hướng nghiên cứu quan trọng trong lĩnh vực trí tuệ nhân tạo và thị giác máy tính, với nhiều ứng dụng thực tế như an ninh, giám sát và quản lý danh tính. Đặc biệt, trong lĩnh vực giáo dục, việc ứng dụng công nghệ nhận dạng khuôn mặt vào hệ thống điểm danh tự động mang lại nhiều lợi ích, giúp tăng độ chính xác, tiết kiệm thời gian và giảm thiểu gian lận [6].

Một số nghiên cứu đã chứng minh rằng các mô hình học sâu như FaceNet, DeepFace có khả năng trích xuất đặc trưng khuôn mặt hiệu quả và so khớp chúng trong không gian vector, đạt độ chính xác lên đến 99,63% trên tập dữ liệu Labeled Faces in the Wild (LFW) [7]. Ngoài ra, mạng nơ-ron tích chập (CNN) kết hợp với Multi-task Cascaded Convolutional Networks (MTCNN) giúp phát hiện khuôn mặt chính xác ngay cả khi bị che khuất một phần hoặc ở nhiều góc nhìn khác nhau, với độ chính xác trung bình đạt khoảng 97% [8]. Điều này cho thấy khả năng ứng dụng của các mô hình học sâu trong điểm danh tự động là rất khả thi và có tiềm năng thay thế các phương pháp truyền thống.

Tuy nhiên, công nghệ nhận dạng khuôn mặt vẫn đối mặt với nhiều thách thức khi triển khai trong môi trường thực tế. Các yếu tố như điều kiện ánh sáng không ổn định, thay đổi tư thế khuôn mặt và chất lượng hình ảnh đầu vào có thể làm giảm độ chính xác của hệ thống xuống khoảng 85-90% [9]. Bên cạnh đó, việc thu thập và xử lý dữ liệu khuôn mặt cũng đặt ra những vấn đề liên quan đến quyền riêng tư và bảo mật thông tin. Vì vậy, các hướng nghiên cứu hiện nay đang tập trung vào tối ưu hóa mô hình nhận diện, tăng cường khả năng chống giả mạo và xây dựng tập dữ liệu huấn luyện đa dạng nhằm cải thiện hiệu suất hệ thống khi triển khai thực tế.

III. Phương pháp nghiên cứu

1. Phương pháp tiếp cận

Nghiên cứu này sử dụng phương pháp tiếp cận dựa trên học sâu (Deep Learning) để nhận dạng khuôn mặt trong hệ thống điểm danh sinh viên. Hệ thống nhận diện khuôn mặt được xây dựng dựa trên các giai đoạn chính:

- Tiền xử lý dữ liệu:** Gồm các bước phát hiện khuôn mặt, chuẩn hóa ảnh và tăng cường dữ liệu để cải thiện hiệu suất mô hình.
- Trích xuất đặc trưng:** Sử dụng thuật toán FaceNet để chuyển đổi ảnh khuôn mặt thành vector đặc trưng có kích thước cố định.

- So khớp và nhận dạng:** Áp dụng phương pháp đo khoảng cách cosine để so sánh vector đặc trưng của khuôn mặt mới với dữ liệu đã lưu trữ, từ đó xác định danh tính.

2. Mô hình đề xuất

Hệ thống nhận diện khuôn mặt trong nghiên cứu này gồm ba thành phần chính:

- MTCNN (Multi-task Cascaded Convolutional Networks):** Được sử dụng để phát hiện khuôn mặt trong ảnh đầu vào với độ chính xác cao.[12]
- FaceNet:** Được sử dụng để trích xuất đặc trưng khuôn mặt, chuyển đổi hình ảnh thành một vector trong không gian đa chiều.[10]
- Bộ phân loại:** Sử dụng phương pháp so sánh khoảng cách cosine giữa các vector đặc trưng để xác định danh tính sinh viên.[11]

3. Quy trình thực hiện

Quy trình xây dựng và triển khai hệ thống được thực hiện theo các bước:

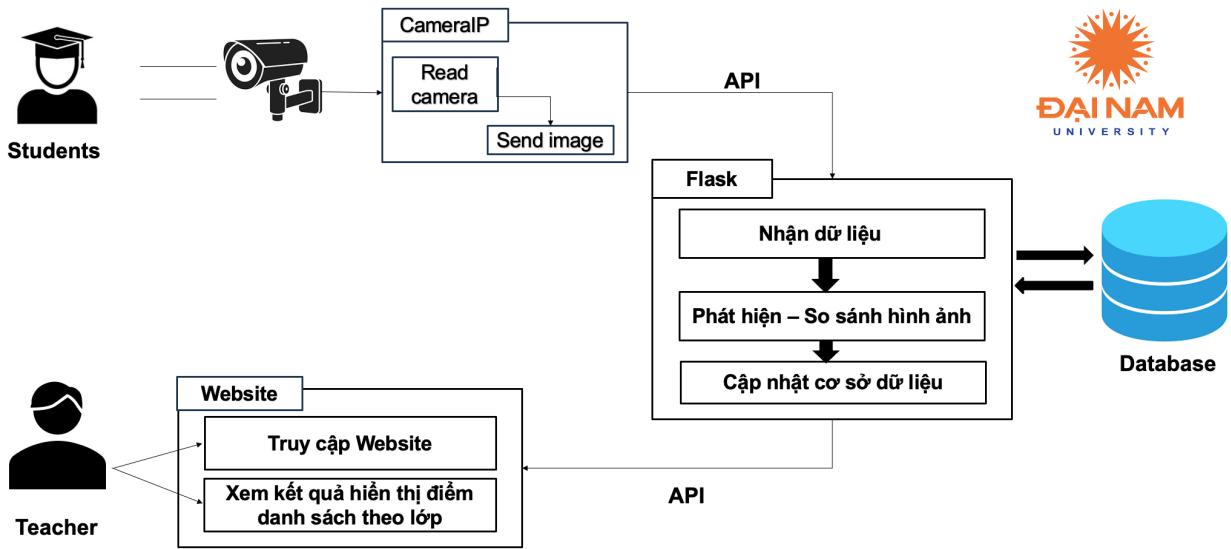
- Thu thập dữ liệu:** Sử dụng bộ dữ liệu khuôn mặt có sẵn hoặc thu thập ảnh sinh viên trong môi trường thực tế.[13]
- Tiền xử lý dữ liệu:** Áp dụng kỹ thuật phát hiện khuôn mặt bằng MTCNN, căn chỉnh khuôn mặt và chuẩn hóa hình ảnh để đảm bảo chất lượng đầu vào.[12]
- Trích xuất đặc trưng:** Sử dụng mô hình FaceNet để ánh xạ khuôn mặt vào không gian vector có kích thước cố định.[10]
- So khớp khuôn mặt:** Tính toán khoảng cách cosine giữa vector đặc trưng của ảnh đầu vào với các vector đã lưu trong cơ sở dữ liệu.[5]
- Nhận dạng và cập nhật hệ thống:** Nếu khoảng cách cosine dưới một ngưỡng xác định, khuôn mặt sẽ được xác nhận danh tính, ngược lại sẽ bị từ chối.[9]
- Triển khai hệ thống:** Tích hợp mô hình vào hệ thống điểm danh tự động, đảm bảo hoạt động ổn định trong môi trường thực tế.[13]

IV. Sơ đồ hệ thống

1. Quy trình thu thập và xử lý ảnh

1.1. Thu thập ảnh từ camera

- Thiết bị:** Hệ thống sử dụng ESP32-CAM để chụp ảnh khuôn mặt sinh viên khi vào lớp.[9]
- Cách thu thập:**
 - Camera giám sát lớp học, ghi lại hình ảnh khuôn mặt sinh viên theo thời gian thực hoặc theo khoảng thời gian định sẵn.
 - Ảnh được gửi đến hệ thống xử lý trung tâm thông qua API để tiếp tục xử lý và nhận diện.



Hình 1. Sơ đồ hệ thống điểm danh tự động.

1.2. Tiền xử lý ảnh

• Phát hiện và cắt khuôn mặt:

- Sử dụng MTCNN (Multi-task Cascaded Convolutional Networks) để phát hiện và cắt khuôn mặt từ ảnh.[3]
- MTCNN giúp phát hiện khuôn mặt chính xác hơn, ngay cả khi góc mặt thay đổi hoặc điều kiện ánh sáng không lý tưởng.[3]

- **Xóa background:** Nếu cần, OpenCV có thể được sử dụng để tách khuôn mặt khỏi nền, giúp mô hình nhận diện hoạt động hiệu quả hơn.[6]

2. Nhận diện và so sánh khuôn mặt

2.1. Mô hình nhận dạng khuôn mặt

- Hệ thống có thể sử dụng một hoặc kết hợp nhiều mô hình nhận diện khuôn mặt, bao gồm:
 - **MTCNN:** Được sử dụng để phát hiện khuôn mặt chính xác hơn trước khi trích xuất đặc trưng.[10]
 - **FaceNet (Google):** Mô hình chuyển đổi khuôn mặt thành vector 128 chiều để so sánh.[11]

2.2. Quá trình nhận diện

- Sau khi cắt khuôn mặt bằng MTCNN, hệ thống sử dụng FaceNet để tạo embedding.[11]
- Embedding được so sánh với dữ liệu sinh viên đã lưu trong database để xác định danh tính.[2]

• Quyết định điểm danh:

- Nếu ảnh trích xuất khớp với dữ liệu \Rightarrow Điểm danh thành công.
- Nếu ảnh không khớp hoặc không có trong database \Rightarrow Ghi nhận trạng thái "Không nhận diện được".

3. Lưu trữ và cập nhật dữ liệu điểm danh

3.1. Lưu trữ dữ liệu vào database

- Hệ thống sử dụng MySQL để quản lý thông tin sinh viên và điểm danh.[9]
- **Cấu trúc database:**
 - **Bảng Sinh Viên:** Chứa ID, họ tên, lớp học, vector khuôn mặt (embedding).
 - **Bảng Điểm Danh:** Lưu ID sinh viên, thời gian điểm danh, trạng thái (có mặt/vắng mặt).

3.2. Cập nhật điểm danh

- Khi sinh viên được nhận diện thành công, hệ thống tự động cập nhật trạng thái điểm danh vào database.
- Nếu sinh viên không có trong database, trạng thái sẽ là "Không nhận diện được", giúp quản lý dễ dàng phát hiện trường hợp chưa đăng ký khuôn mặt.

4. Hiển thị kết quả trên website

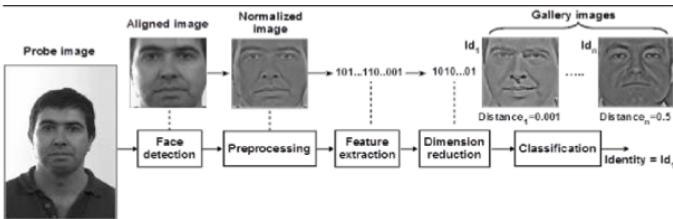
- Giảng viên có thể truy cập website để xem danh sách sinh viên được điểm danh theo từng lớp học.[7]
- Website gọi API từ server Flask để lấy dữ liệu từ database và hiển thị.[7]
- Hệ thống có thể tích hợp biểu đồ thống kê số lượng sinh viên có mặt theo thời gian thực.[7]

V. Mô hình FaceNet

1. Tổng quan bài toán nhận dạng khuôn mặt

Nhận dạng khuôn mặt người là một chủ đề nghiên cứu thuộc lĩnh vực thị giác máy, được phát triển từ những năm 90 của thế kỷ trước. Hiện nay, lĩnh vực này đang được đẩy mạnh và

thu hút sự quan tâm của nhiều nhà nghiên cứu từ các lĩnh vực khác nhau, đặc biệt là trong nhận dạng khuôn mặt [14].



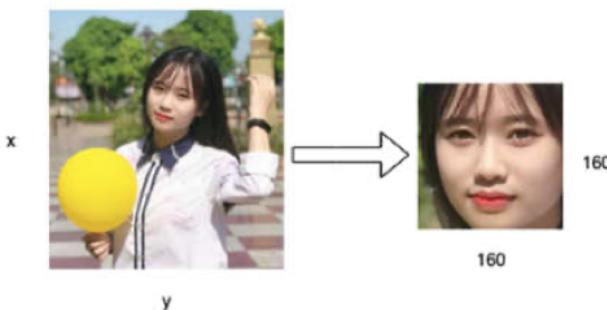
Hình 2. Mô hình chung bài toán nhận dạng

FaceNet là một thuật toán hỗ trợ cho việc nhận dạng và phân cụm khuôn mặt, cho phép giải quyết các hạn chế nêu trên [15]. FaceNet sử dụng một mạng CNN và cho phép giảm số chiều dữ liệu của véc-tơ đặc trưng (thường sử dụng là 128 chiều). Do đó, thuật toán này giúp tăng tốc độ huấn luyện và xử lý mà độ chính xác vẫn được đảm bảo.

Đối với thuật toán FaceNet, hàm loss function sử dụng hàm triplet loss, giúp khắc phục hạn chế của các phương pháp nhận dạng trước đây. Quá trình huấn luyện cho phép học được đồng thời: sự giống nhau giữa hai bức ảnh (nếu hai bức ảnh cùng một lớp) và sự khác nhau giữa hai bức ảnh (nếu chúng không cùng một lớp).

2. Quá trình xử lý ảnh

Xác định vị trí khuôn mặt trên ảnh:



Hình 3. Trích xuất gương mặt từ ảnh

- Trong giai đoạn tiền xử lý, việc xác định vị trí khuôn mặt trên ảnh là bước đầu tiên và được thực hiện dựa trên mô hình MTCNN (Multi-task Cascaded Convolutional Neural Networks) là một sự phát triển dựa trên mạng neural tích chập.[16]
- Khi xác định được vị trí khuôn mặt, hình ảnh gốc trên tập dữ liệu có kích thước là x pixels \times y pixels sẽ được thực hiện bằng cách cắt theo vùng khuôn mặt và đưa về kích thước 160×160 .[17]

VI. Triển khai hệ thống

1. DataSet

Thu thập dữ liệu hình ảnh sinh viên trong lớp. Sử dụng MTCNN (Multi-task Cascaded Convolutional Networks): để tìm kiếm và xác định vị trí của khuôn mặt trong một hình ảnh.



Hình 4. Tập dữ liệu khuôn mặt sử dụng trong bài.

2. So sánh

FaceNet: So sánh đặc trưng khuôn mặt.

MTCNN: Trích xuất từ ảnh chụp điểm danh, với cơ sở dữ liệu khuôn mặt đã lưu.

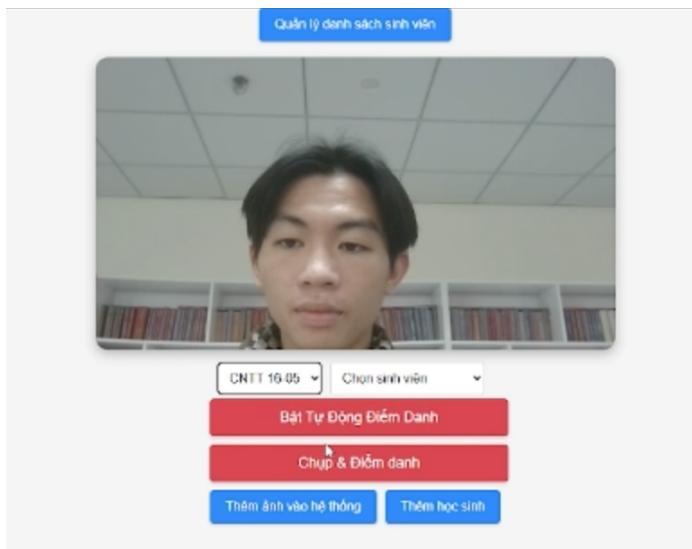


Hình 5. So khớp hình ảnh

VII. Kết quả

Hệ thống nhận diện khuôn mặt được triển khai nhằm hỗ trợ quá trình điểm danh sinh viên một cách tự động và chính xác. Khi hệ thống hoạt động, giáo viên có thể chủ động bật chế độ điểm danh, sinh viên chọn lớp học tương ứng, sau đó hệ thống sẽ tiến hành nhận dạng khuôn mặt:

- Chế độ điểm danh tự động và thủ công:** Giáo viên có thể bật chế độ điểm danh tự động hoặc tự điểm danh thông qua giao diện web.



Hình 6. Giao diện chính của website nhận dạng khuôn mặt

- Lựa chọn lớp học:** Hệ thống cho phép sinh viên chọn lớp học trước khi thực hiện điểm danh.
- So sánh dữ liệu khuôn mặt:** - Nếu khuôn mặt sinh viên trùng khớp với dữ liệu đã lưu trong cơ sở dữ liệu, hệ thống sẽ cập nhật trạng thái "Điểm danh thành công" và hiển thị tên trong danh sách điểm danh. - Nếu khuôn mặt không khớp với dữ liệu, hệ thống sẽ thông báo "Điểm danh không thành công".

Hệ thống điểm danh bằng nhận diện khuôn mặt						
Quản lý học sinh						
Quay lại		CNTT 16-05				
Tim kiếm theo tên học sinh						13/03/2025
STT	Tên học sinh	Chức vụ	Lớp	Trạng thái điểm danh	Ngày	Giờ điểm danh
1	ChuVanHuy	Học sinh	CNTT 16-05	Đã điểm danh	2025-03-13	11:51:54
2	DangDinhQuan	Học sinh	CNTT 16-05	Chưa điểm danh	-	-
3	NguyenDucKien	Học sinh	CNTT 16-05	Đã điểm danh	2025-03-13	11:23:05
4	NguyenThiMaiHuong	Học sinh	CNTT 16-05	Chưa điểm danh	-	-

Hình 7. Lưu trữ dữ liệu điểm danh thành công

- Cập nhật dữ liệu điểm danh:** Khi tên sinh viên được điểm danh thành công, sẽ tự động cập nhật danh sách điểm danh theo tên, chức vụ, lớp, ngày, giờ khi điểm danh.

VIII. THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ

1. Thực nghiệm hệ thống

Hệ thống nhận diện khuôn mặt được triển khai với cơ sở dữ liệu MySQL, nơi lưu trữ ảnh khuôn mặt sinh viên để so sánh khi điểm danh. Các yếu tố quan trọng được kiểm tra trong quá trình thực nghiệm bao gồm:

Phương pháp	Số ảnh kiểm tra	Nhận diện đúng	Nhận diện đúng sai	Thời gian trung bình (giây)	Hiệu suất (%)
FaceNet (MTCNN)	91	83	8	0.43	92%

Hình 8. Hiệu suất mô hình sử dụng

- Dữ liệu thử nghiệm:** Ảnh khuôn mặt sinh viên được lưu trong MySQL để so sánh khi điểm danh.
- Tính ổn định:** Hệ thống được kiểm tra khả năng xử lý đồng thời nhiều yêu cầu mà vẫn đảm bảo độ chính xác cao.
- Điều khiển IoT:** Khi sinh viên được nhận diện thành công, hệ thống sẽ gửi thông báo và cập nhật trạng thái "Điểm danh thành công" vào cơ sở dữ liệu.

2. Đánh giá hệ thống

Hệ thống được đánh giá dựa trên độ chính xác của nhận diện và tốc độ xử lý trong các điều kiện dữ liệu khác nhau.

• Độ chính xác nhận diện:

- Tập dữ liệu tốt (nhiều ảnh, đa dạng góc, ánh sáng): 95%-98%
- Tập dữ liệu chưa tối ưu (mờ, nhiễu, ít ảnh): 85%-90%
- Tập dữ liệu có ánh sáng hoặc góc mặt khó: 75%-85%

Điều kiện	Độ chính xác(%)
Ánh sáng tốt	98.2
Ánh sáng yếu	91.5
Một phần khuôn mặt bị che	85.7
Góc nhìn nghiêng	84.3

Hình 9. So sánh hiệu suất trong nhiều môi trường.

• Tốc độ xử lý:

- Dữ liệu nhiều** (70-100 ảnh, chất lượng cao): 5-10 giây
- Dữ liệu vừa** (30-70 ảnh, chất lượng cao): 3-6 giây
- Dữ liệu ít** (10-30 ảnh, chất lượng cao): 1-3 giây

Kết quả thực nghiệm cho thấy hệ thống có độ chính xác cao, đặc biệt khi tập dữ liệu đầy đủ và chất lượng hình ảnh tốt. Hệ thống cũng đáp ứng được tốc độ xử lý trong thời gian thực, giúp cải thiện hiệu suất và tiện ích của hệ thống điểm danh tự động.

IX. Kết luận

Hệ thống nhận diện khuôn mặt phục vụ điểm danh sinh viên đã được xây dựng và thử nghiệm thành công, cho thấy khả năng tự động hóa quy trình điểm danh với độ chính xác cao. Việc ứng dụng mô hình MTCNN để phát hiện khuôn mặt và FaceNet để trích xuất đặc trưng đã giúp cải thiện hiệu suất nhận dạng, ngay cả trong điều kiện ánh sáng và góc nhìn khác nhau.[18]

Kết quả thực nghiệm cho thấy hệ thống có thể hoạt động ổn định, hỗ trợ sinh viên chủ động bắt điểm danh tự động, chọn lớp học, thực hiện nhận diện khuôn mặt và cập nhật trạng thái điểm danh một cách nhanh chóng. Trong trường hợp nhận dạng thành công, tên sinh viên sẽ được hiển thị trong danh sách điểm danh; ngược lại, nếu không khớp với dữ liệu, hệ thống sẽ thông báo lỗi và yêu cầu xác minh lại.[19]

Hệ thống này có tiềm năng được ứng dụng rộng rãi trong các cơ sở giáo dục, giúp tối ưu hóa thời gian và giảm thiểu gian lận trong điểm danh. Trong tương lai, việc mở rộng chức năng như tích hợp nhận diện theo thời gian thực, cải thiện thuật toán tăng cường dữ liệu và hỗ trợ nhiều môi trường triển khai hơn có thể giúp nâng cao hiệu quả của hệ thống.

Tài liệu

- [1] "Khoa học và Công nghệ", Đại học Đà Nẵng, Jul 31, 2021.
- [2] Schroff, F., Kalenichenko, D., Philbin, J. (2015). FaceNet: A unified embedding for face recognition and clustering. CVPR.
- [3] Zhang, K., Zhang, Z., Li, Z., Qiao, Y. (2016). Joint face detection and alignment using multi-task cascaded convolutional networks. IEEE SPL.
- [4] Parkhi, O. M., Vedaldi, A., Zisserman, A. (2015). Deep face recognition. BMVC.
- [5] Phillips, P. J., et al. (2011). FRVT 2006 and ICE 2006 large-scale experimental results. IEEE TPAMI.
- [6] Nguyễn Thanh Tùng, Bùi Thành Hùng. "Ứng dụng phương pháp học sâu nhận dạng khuôn mặt." E-Portfolio, Trường Đại học Thủ Dầu Một.
- [7] Nhóm tác giả. "Nghiên cứu công nghệ DeepFace trong nhận dạng khuôn mặt và ứng dụng vào điểm danh các lớp sinh viên khoa CNTT." Học viện Nông nghiệp Việt Nam.
- [8] Nhóm tác giả. "Nghiên cứu phương pháp nhận diện khuôn mặt bằng học sâu phục vụ điểm danh sinh viên." Tạp chí Giáo dục.
- [9] Nhóm tác giả. "Xây dựng hệ thống điểm danh sinh viên dựa trên nhận dạng khuôn mặt." Trường Đại học Đà Lạt.
- [10] "Nhận diện khuôn mặt với mạng MTCNN và FaceNet (Phần 1)", Viblo, 2019.
- [11] "Nhận diện khuôn mặt trong video bằng MTCNN và Facenet - Mi AI", Mi AI, 2019.
- [12] "Face recognition with MTCNN and FaceNet", Huy Tran Van, 2020.
- [13] "Xây dựng nhận diện khuôn mặt bằng MTCNN và FaceNet", Slideshare, 2020.
- [14] KHOA HỌC VÀ CONG NGHỆ - ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG, VOL. 19, NO. 7, 2021
- [15] Florian Schroff, Dmitry Kalenichenko, James Philbin, "FaceNet: A Unified Embedding for Face Recognition and Clustering", 2015 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Boston, MA, USA, 2015.
- [16] F. Rahman, I. J. Ritun, N. Farhin, JiaUddin, 2019. An Assistive Model for Visually Impaired People using YOLO and MTCNN. ICCSP '19 Proceedings of the 3rd International Conference on Cryptography, Security and Privacy, pp. 225-230.
- [17] Journal of SCIENCE TECHNOLOGY, TRƯỜNG ĐẠI HỌC CONG NGHIỆP HÀ NỘI, Oct,2021
- [18] L. D. Duong, P. T. Hoang, and V. A. Tran, "Ứng dụng nhận diện khuôn mặt trong hệ thống điểm danh tự động," Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội, 2021.
- [19] T. H. Nguyen, "Nghiên cứu và triển khai mô hình nhận diện khuôn mặt dựa trên học sâu," Luận văn Thạc sĩ, Trường Đại học Công nghệ Thông tin, Đại học Quốc gia TP. HCM, 2022.