BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO



**TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ TP. HỒ CHÍ MINH**

**ĐỒ ÁN CƠ SỞ**

**TÌM HIỂU TỔNG QUAN VỀ CÁC KỸ THUẬT NHẬN DẠNG KHUÔN MẶT VÀ ỨNG DỤNG THỰC NGHIỆM**

Ngành : **CÔNG NGHỆ THÔNG TIN**

Chuyên ngành: **KHOA HỌC DỮ LIỆU**

Giảng viên hướng dẫn : ThS. Lê Nhật Tùng

Sinh viên thực hiện :

+ Nguyễn Đức Trường MSSV: 2286400868 Lớp: 22DKHA1

+ Trần Tuấn Đạt MSSV: 2286400007 Lớp: 22DKHA1

+ Lê Trương Duy Khôi MSSV: 2286400012 Lớp: 22DKHA1

TP. Hồ Chí Minh, 2025

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO



**TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ TP. HỒ CHÍ MINH**

**ĐỒ ÁN CƠ SỞ**

**TÌM HIỂU TỔNG QUAN VỀ CÁC KỸ THUẬT NHẬN DẠNG KHUÔN MẶT VÀ ỨNG DỤNG THỰC NGHIỆM**

Ngành : **CÔNG NGHỆ THÔNG TIN**

Chuyên ngành: **KHOA HỌC DỮ LIỆU**

Giảng viên hướng dẫn : ThS. Lê Nhật Tùng

Sinh viên thực hiện :

+ Nguyễn Đức Trường MSSV: 2286400868 Lớp: 22DKHA1

+ Trần Tuấn Đạt MSSV: 2286400007 Lớp: 22DKHA1

+ Lê Trương Duy Khôi MSSV: 2286400012 Lớp: 22DKHA1

TP. Hồ Chí Minh, 2025

**NHẬN XÉT CỦA GIẢNG VIÊN HƯỚNG DẪN**

…………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………….…………………………………..……………………………………………….………………………………………………………………...…………………….…………………………………………………………………………………….…………………………………………………………………………………….………………………………..…………………………………………………….……………………………………………………………………………………………………

|  |
| --- |
| TPHCM, Ngày … tháng … năm 2024 |
| **Giáo viên hướng dẫn** |
| (Ký tên, đóng dấu) |

## LỜI CAM ĐOAN

Chúng tôi, gồm ba thành viên là Trần Tuấn Đạt, Lê Trương Duy Khôi, Nguyễn Đức Trường.

Xin cam đoan rằng mọi thông tin được trình bày trong báo cáo này đều chính xác và đầy đủ nhất theo sự hiểu biết của chúng tôi. Toàn bộ nội dung của báo cáo đều được trình bày dựa trên quan điểm, kiến thức cá nhân và tích lũy của từng thành viên trong nhóm và được chọn lọc từ nhiều nguồn tài liệu có đính kèm chi tiết và hợp lệ. Chúng tôi cũng cam đoan rằng bài báo cáo này không sao chép từ bất kỳ nguồn nào mà không được chỉ rõ trong văn bản hoặc được đánh dấu trong phần tài liệu tham khảo. Chúng tôi hoàn toàn chịu trách nhiệm về nội dung của báo cáo và sẵn sàng bổ sung hoặc sửa lỗi nếu có yêu cầu, nhằm đảm bảo tính trung thực và trách nhiệm đối với báo cáo này.

Xin chân thành cảm ơn!

MỤC LỤC

[LỜI CAM ĐOAN ii](#_Toc196469182)

[DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT iv](#_Toc196469183)

[DANH MỤC CÁC BẢNG, HÌNH VẼ, ĐỒ THỊ v](#_Toc196469184)

[LỜI MỞ ĐẦU 1](#_Toc196469185)

[CHƯƠNG 1 TỔNG QUAN 2](#_Toc196469186)

[1.1 Giới thiệu đề tài 2](#_Toc196469187)

[1.2 Nhiệm vụ của đề tài 2](#_Toc196469188)

[1.2.1 Tính cấp thiết của đề tài 3](#_Toc196469189)

[1.2.2 Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài 4](#_Toc196469190)

[1.3 Mục tiêu nghiên cứu 5](#_Toc196469191)

[1.3.1 Mục tiêu tổng quát 5](#_Toc196469192)

[1.3.2 Mục tiêu cụ thể 5](#_Toc196469193)

[1.4 Đối tượng và phạm vi nghiên cứu 5](#_Toc196469194)

[1.4.1 Đối tượng nghiên cứu 5](#_Toc196469195)

[1.4.2 Phạm vi nghiên cứu 5](#_Toc196469196)

[1.5 Phương pháp nghiên cứu 6](#_Toc196469197)

[1.5.1 Phương pháp nghiên cứu sơ bộ 6](#_Toc196469198)

[1.5.2 Phương pháp nghiên cứu tài liệu 6](#_Toc196469199)

[1.5.3 Phương pháp nghiên cứu thống kê 6](#_Toc196469200)

[1.5.4 Phương pháp thực nghiệm 7](#_Toc196469201)

[1.5.5 Phương pháp đánh giá 7](#_Toc196469202)

[1.6 Những đóng góp nghiên cứu của đề tài 7](#_Toc196469203)

[1.6.1 Đóng góp về mặt lý thuyết 7](#_Toc196469204)

[1.6.2 Đóng góp trong thực tiễn 8](#_Toc196469205)

[CHƯƠNG 2 CƠ SỞ LÝ THUYẾT 9](#_Toc196469206)

[2.1 Giới thiệu tổng quan về thị giác máy tính (computer vision) 9](#_Toc196469207)

[2.1.1 Định nghĩa và vai trò của nhận dạng khuôn mặt 9](#_Toc196469208)

[2.1.2 Ưu điểm và hạn chế 9](#_Toc196469209)

[2.2. Deep Learning 10](#_Toc196469210)

[2.3. OpenCV (Open Source Computer Vision Library) 11](#_Toc196469211)

[2.4 Các phương pháp, kỹ thuật tiền xử lý ảnh. 12](#_Toc196469212)

[**2.4.1 Chuyển sang ảnh xám (Grayscale Conversion)** 12](#_Toc196469213)

[**2.4.2** **Cân bằng Histogram (Histogram Equalization)** 13](#_Toc196469214)

[**2.4.3** **Làm mịn ảnh (Image Smoothing-blurring)** 14](#_Toc196469215)

[**2.4.4** **Biến đổi hình học (Affine / Perspective Transformations)** 15](#_Toc196469216)

[2.4.4.1.1Biến đổi hình học (Affine Transformation) 15](#_Toc196469217)

[2.4.4.2 Biến đổi phối cảnh (Perspective Transformation) 15](#_Toc196469218)

[**2.4.5 Data Augmentation (Phóng đại dữ liệu)** 16](#_Toc196469219)

[**2.4.6 GAN-based Enhancement (Generative Adversarial Network)** 17](#_Toc196469220)

[2.5 Phát hiện đặc trưng và mô tả (Feature Detection & Description) 18](#_Toc196469221)

[**2.5.1 Edge Detection**: 18](#_Toc196469222)

[**2.5.2 Blob Detection:** 19](#_Toc196469223)

[**2.5.4 Learned Features** 19](#_Toc196469224)

[2.5.4.1 ResNet 20](#_Toc196469225)

[2.5.4.2 EfficientNet: 20](#_Toc196469226)

[**2.5.5 Vision Transformers (ViT)** 21](#_Toc196469227)

[2.6 Phát hiện đối tượng (Object Detection) 22](#_Toc196469228)

[**2.6.1** **R-CNN** 22](#_Toc196469229)

[**2.6.2 YOLO (You Only Look Once)** 22](#_Toc196469230)

[2.7 Nhận dạng và phân loại đối tượng (Object Classification & Recognition) 23](#_Toc196469231)

[**2.7.1 HOG Kết Hợp SVM** 23](#_Toc196469232)

[*2.7.1.1* *HOG - Histogram of Oriented Gradients* 23](#_Toc196469233)

[2.7.1.2 SVM - Support Vector Machine 24](#_Toc196469234)

[**2.7.2 Template Matching** 25](#_Toc196469235)

[**2.7.3 Transformer-based: Vision Transformer (ViT), Swin Transformer** 25](#_Toc196469236)

[2.7.3.1Swin Transformer 25](#_Toc196469237)

## DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT

## DANH MỤC CÁC HÌNH ẢNH

## DANH MỤC CÁC BẢNG, HÌNH VẼ, ĐỒ THỊ

## LỜI MỞ ĐẦU

Trong cuộc sống hiện đại, công nghệ ngày càng phát triển và được ứng dụng rộng rãi vào nhiều lĩnh vực khác nhau và nó đóng vai trò quan trọng trong hầu hết các lĩnh vực của đời sống, từ giáo dục, y tế cho đến giao thông và sản xuất. Bên cạnh những công nghệ quen thuộc như trí tuệ nhân tạo hay học máy Một trong những lĩnh vực đang được quan tâm nhiều hiện nay là thị giác máy tính, nơi mà máy móc có thể nhìn và hiểu hình ảnh giống như con người.

Và với mong muốn tìm hiểu sâu hơn về lĩnh vực này, nhóm chúng em đã chọn đề tài **“**Tìm Hiểu Tổng Quan Về Các Kỹ Thuật Nhận Dạng Khuôn Mặt Và Ứng Dụng Thực Tiễn**”**. Qua đề tài, nhóm không chỉ muốn nắm rõ cách các kỹ thuật nhận dạng hoạt động, mà còn hiểu được quá trình phát triển và ứng dụng của chúng trong thực tế.

# CHƯƠNG 1 TỔNG QUAN

## **Giới thiệu đề tài**

Trong thế giới số hóa hiện nay, thị trường trí tuệ nhân tạo toàn cầu đang có nhiều bước tiến mạnh mẽ và với tốc độ đổi mới chưa từng có. Đặc biệt là lĩnh vực nhận dạng khuôn mặt, nó được áp dụng rộng rãi và đóng vai trò trong nhiều ứng dụng thực tiễn. Nhu cầu sử dụng các hệ thống nhận dạng khuôn mặt đang không ngừng tăng cao, khi mà việc xác thực nhanh, chính xác và không tiếp xúc trở nên quan trọng hơn bao giờ hết. Xuất phát từ nhu cầu thực tiễn và tiềm năng ứng dụng to lớn, thì nhóm đã nghiên cứu và lựa chọn đề tài **“**Tìm Hiểu Tổng Quan Về Các Kỹ Thuật Nhận Dạng Khuôn Mặt Và Ứng Dụng Thực Tiễn**”** nhằm tổng hợp, phân tích tất cả các kỹ thuật trong lĩnh vực nhận dạng khuôn mặt và triển khai thử nghiệm trên một số bài toán thực tế.

## **Nhiệm vụ của đề tài**

Nhiệm vụ của đề tài " Tìm Hiểu Tổng Quan Về Các Kỹ Thuật Nhận Dạng Khuôn Mặt Và Ứng Dụng Thực Tiễn " là tiến hành khảo sát, phân loại và phân tích các phương pháp nhận dạng khuôn mặt trong lĩnh vực thị giác máy tính. Đề tài tập trung làm rõ nguyên lý hoạt động, quy trình thực hiện, cũng như ưu nhược điểm của từng kỹ thuật. Từ đó, phân tích khả năng áp dụng của từng loại kỹ thuật vào từng bài toán, từng giai đoạn khác nhau của một dự án. Điều này giúp các nhà phát triển hiểu rõ và hoạch định trước quy trình phát triển của dự án. Và với các nhà đầu tư và doanh nghiệp, các dự án nhận dạng khuôn mặt có thể giúp họ dễ dàng quản lý nhân sự và học viên, nâng cao mức độ an toàn trong việc kiểm soát truy cập, xác minh danh tính trong giao dịch.

* + 1. Tính cấp thiết của đề tài

Trong bối cảnh hiện nay các nhà phát triển có thể học hỏi và khai thác cũng như mở rộng công nghệ một cách dễ tiếp cận hơn lúc trước. Chính vì vậy, nhận dạng khuôn mặt đã trở thành một điều gì đó khá quen thuộc với chúng ta trong cuộc sống hàng ngày đơn giản là việc quét xác thực gương mặt để mở khóa điện thoại, máy tính cũng như các thiết bị công nghệ khác. Nhưng không chỉ vậy, cùng với sự ra đời và cải tiến của nhiều công trình nghiên cứu mang tính lịch sử và có nhiều ông lớn trong lĩnh vực công nghệ tham gia sẽ tạo ra một môi trường cạnh tranh khốc liệt. Điều này đặt ra nhu cầu cấp bách cho các nhà nghiên cứu và doanh nghiệp công nghệ phải liên tục cập nhật, cải tiến và tối ưu hóa các thuật toán nhận dạng khuôn mặt nhằm nâng cao độ chính xác, tốc độ xử lý và khả năng ứng dụng thực tế.

Việc nghiên cứu tổng quan các kỹ thuật nhận dạng khuôn mặt là một bước quan trọng trong việc nâng cao hiệu quả của các hệ thống xác thực sinh trắc học. Việc này giúp các tổ chức và doanh nghiệp hiểu rõ hơn về đặc điểm, ưu nhược điểm của từng phương pháp, từ đó lựa chọn giải pháp phù hợp với nhu cầu thực tế giúp tiết kiệm thời gian và chi phí trong quá trình triển khai, qua đó giúp định hướng phát triển lâu dài với định hướng nhận dạng chính xác, thông minh và an toàn. Cụ thể hơn, việc tìm hiểu bao quát về các kỹ thuật nhận dạng có thể giúp các nhà phát triển và doanh nghiệp:

Phù hợp với bài toán thực tế: Mỗi kỹ thuật nhận dạng có ưu nhược điểm riêng. Việc hiểu rõ các phương pháp giúp lựa chọn công nghệ phù hợp với yêu cầu về độ chính xác, tốc độ và môi trường triển khai.

Tiết kiệm chi phí và tài nguyên: Việc lựa chọn đúng kỹ thuật giúp doanh nghiệp tối ưu hóa chi phí triển khai. Các mô hình hiệu quả sẽ giảm thiểu tài nguyên tính toán, đồng thời giảm thời gian xử lý, giúp doanh nghiệp tiết kiệm chi phí vận hành trong dài hạn.

Tăng khả năng mở rộng và linh hoạt trong ứng dụng: Các kỹ thuật nhận dạng khuôn mặt tiên tiến, khi được tích hợp vào các hệ thống, có thể mở rộng và áp dụng linh hoạt trong nhiều tình huống khác nhau.

Cải thiện trải nghiệm người dùng: tạo ra một quy trình nhận diện nhanh chóng và chính xác, giảm thời gian chờ đợi của người dùng. Trải nghiệm người dùng được cải thiện sẽ gia tăng sự hài lòng và lòng trung thành của khách hàng.

Từ những lý do trên, có thể thấy rằng việc tìm hiểu tổng quan kỹ thuật nhận dạng không chỉ giúp doanh nghiệp nâng cao hiệu quả vận hành và bảo mật, mà còn thúc đẩy triển khai các giải pháp số thông minh, đáp ứng tốt hơn nhu cầu thị trường hiện đại.

* + 1. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài

Ý nghĩa khoa học: Đề tài đóng góp vào lĩnh vực thị giác máy tính và trí tuệ nhân tạo thông qua việc tổng hợp, phân tích và so sánh các kỹ thuật nhận dạng khuôn mặt hiện đại như Local Binary Pattern (LBP), Histogram of Oriented Gradients (HOG) và các mô hình deep learning tiên tiến khác. Việc khảo sát này không chỉ củng cố kiến thức nền tảng mà còn làm sáng tỏ phạm vi áp dụng của từng kỹ thuật trong các bài toán cụ thể như xác thực danh tính, điểm danh tự động, hay kiểm soát truy cập. Từ đó, cung cấp cơ sở khoa học vững chắc để các nhà phát triển và chuyên gia lựa chọn kỹ thuật phù hợp với mục tiêu và điều kiện triển khai thực tế.

Ý nghĩa thực tiễn: Đề tài hỗ trợ các doanh nghiệp trong việc lựa chọn và ứng dụng các kỹ thuật nhận dạng khuôn mặt phù hợp với nhu cầu thực tiễn. Việc áp dụng phù hợp không chỉ giúp nâng cao độ chính xác và tốc độ xử lý mà còn giảm thiểu chi phí vận hành, đồng thời tăng cường trải nghiệm người dùng và khả năng cạnh tranh trên thị trường. Ngoài ra, đề tài còn hỗ trợ các nhà phát triển và chuyên gia kỹ thuật trong việc nắm bắt xu hướng công nghệ mới, rút ngắn thời gian triển khai giải pháp thực tế, đồng thời cung cấp nền tảng dữ liệu và kiến thức có thể tái sử dụng hoặc mở rộng trong các hệ thống lớn hơn.

## **1.3 Mục tiêu nghiên cứu**

### 1.3.1 Mục tiêu tổng quát

Đề tài hướng đến việc nghiên cứu, tổng hợp và phân tích các kỹ thuật hiện đại trong lĩnh vực nhận dạng khuôn mặt, từ đó đánh giá khả năng ứng dụng của từng kỹ thuật trong các tình huống thực tế. Mục tiêu chính là đề xuất hướng triển khai phù hợp cho các doanh nghiệp có nhu cầu ứng dụng nhận diện khuôn mặt nhằm tối ưu hóa hoạt động vận hành, nâng cao hiệu quả quản lý và tăng cường trải nghiệm người dùng.

### 1.3.2 Mục tiêu cụ thể

Với bài nghiên cứu này, bước đầu tiên sẽ là thu thập và xử lý một tập dữ liệu hình ảnh khuôn mặt có gắn nhãn. Sau đó, nghiên cứu, so sánh và triển khai các kỹ thuật nhận dạng khuôn mặt như LBP, HOG và các phương pháp dựa trên kiến trúc CNN kết hợp để tìm ra phương pháp hiệu quả nhất. Quá trình nghiên cứu sẽ bao gồm các bước như phát hiện khuôn mặt, trích xuất đặc trưng, ánh xạ vector và so sánh độ tương đồng giữa các khuôn mặt. Mô hình sẽ được đánh giá dựa trên các tiêu chí như độ chính xác, tốc độ xử lý và khả năng hoạt động ổn định. Cuối cùng, đề tài sẽ đề xuất các giải pháp cụ thể và nền tảng cho các tổ chức và doanh nghiệp trong việc triển khai công nghệ nhận dạng khuôn mặt nhằm tối ưu hóa quy trình vận hành và nâng cao trải nghiệm người dùng.

**1.4 Đối tượng và phạm vi nghiên cứu**

### 1.4.1 Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu của đề tài là các kỹ thuật và phương pháp nhận dạng khuôn mặt, được sử dụng trong hệ thống xác thực người dùng. Qua các bước thu thập và xử lý dữ liệu ảnh tiếp đó thực hiện áp dụng tất cả các phương pháp trên một tập dữ liệu cụ thể. Qua đó đưa ra phương pháp tối ưu và đề xuất cải thiện và nâng cao chất lượng dự án.

1.4.2 Phạm vi nghiên cứu

Đề tài tập trung vào thu thập, xử lý dữ liệu ảnh khuôn mặt của người dùng từ tất cả nguồn dữ liệu có sẵn và đảm bảo tuân thủ các quy định về quyền riêng tư và bảo mật dữ liệu người dùng. Chúng tôi sẽ áp dụng các phương pháp phân tích dữ liệu và nhận dạng khuôn mặt để phân tích và so sánh hiệu quả của từng phương pháp, kĩ thuật cụ thể. Sau đó nghiên cứu đưa ra quy trình cải thiện và nâng cao chất lượng hệ thống, để đảm bảo rằng khi đưa vào thực tế thì dự án có thể mang đến độ chính xác, tốc độ và an toàn nhất. Điều này giúp mang lại giá trị lý thuyết và thực tiễn cho các doanh nghiệp trên thị trường trí tuệ nhân tạo

**1.5 Phương pháp nghiên cứu**

1.5.1 Phương pháp nghiên cứu sơ bộ

Trước khi tiến hành thu thập và xử lý dữ liệu, chúng tôi sẽ thực hiện một nghiên cứu sơ bộ để hiểu rõ hơn về nghiên cứu và các yếu tố quan trọng liên quan. Nghiên cứu này bao gồm việc tìm hiểu về các kỹ thuật nhận dạng khuôn mặt, ưu nhược điểm của từng phương pháp, và các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu suất và độ chính xác của mô hình. Thông qua nghiên cứu sơ bộ, chúng tôi sẽ xác định các vấn đề cụ thể cần giải quyết và đề xuất các phương pháp nghiên cứu phù hợp.

1.5.2 Phương pháp nghiên cứu tài liệu

Chúng tôi sẽ tiến hành nghiên cứu tài liệu để thu thập thông tin về các phương pháp và công cụ nhận dạng khuôn mặt trong lĩnh vực thị giác máy tính và học máy. Qua việc đánh giá các nghiên cứu trước đây và các công trình khoa học liên quan, chúng tôi sẽ xác định các kỹ thuật nhận dạng khuôn mặt phù hợp nhất cho nghiên cứu của mình và áp dụng chúng vào việc triển khai các hệ thống xác thực người dùng.

1.5.3 Phương pháp nghiên cứu thống kê

Trong quá trình phân tích dữ liệu, chúng tôi sẽ sử dụng các phương pháp thống kê như phân tích phương sai hay kiểm tra độ tương quan hoặc sử dụng các phương pháp học máy (machine learning) để mô tả và phân tích các đặc trưng quan trọng trong nhận dạng khuôn mặt. Thông qua việc áp dụng các phương pháp thống kê này, chúng tôi sẽ đánh giá mối quan hệ giữa các đặc trưng và xác định các yếu tố ảnh hưởng đến độ chính xác và hiệu quả của hệ thống nhận dạng khuôn mặt.

1.5.4 Phương pháp thực nghiệm

Chúng tôi sẽ tiến hành thực nghiệm trên tập dữ liệu ảnh được thu thập từ các nguồn chính thống. Quá trình này bao gồm việc tiền xử lý dữ liệu hình ảnh, áp dụng các phương pháp nhận dạng khuôn mặt như LBP, HOG, hoặc các mô hình học sâu (CNN) để phân loại và xác minh khuôn mặt. Đồng thời, chúng tôi sẽ đánh giá hiệu quả của các kỹ thuật nhận dạng. Thông qua việc thực nghiệm này, chúng tôi sẽ kiểm tra và đảm bảo tính khả thi và hiệu quả của phương pháp nghiên cứu.

1.5.5 Phương pháp đánh giá

Cuối cùng, chúng tôi sẽ thực hiện phương pháp đánh giá để đo lường hiệu quả của các phương pháp nhận dạng khuôn mặt. Quá trình này bao gồm việc so sánh các chỉ số, độ chính xác, tốc độ xử lý, cũng như khả năng nhận dạng trong các điều kiện thực tế. Chúng tôi sẽ tiến hành đánh giá hiệu quả của từng kỹ thuật nhận dạng khuôn mặt trên từng bộ dữ liệu thực nghiệm, từ đó rút ra những nhận định về hiệu suất và khả năng áp dụng của mỗi phương pháp.

**1.6 Những đóng góp nghiên cứu của đề tài**

1.6.1 Đóng góp về mặt lý thuyết

Đề tài đóng góp vào việc áp dụng và phát triển các kỹ thuật nhận dạng khuôn mặt trong các hệ thống xác thực người dùng. Việc nghiên cứu và áp dụng các mô hình và thuật toán nhận dạng khuôn mặt, như các phương pháp học sâu (Deep Learning) và các mô hình phân loại, vào bài toán nhận diện các đặc trưng cùa khuôn mặc giúp mở rộng ứng dụng trong môi trường thực tế. Đề tài cũng cung cấp các giải pháp tối ưu hóa và cải thiện độ chính xác, từ đó tạo ra nhiều bước tiến vượt bậc cho các nghiên cứu sau này trong lĩnh vực nhận dạng khuôn mặt và bảo mật.

1.6.2 Đóng góp trong thực tiễn

Đề tài cung cấp các giải pháp và chiến lược cụ thể cho các doanh nghiệp trong việc áp dụng hệ thống xác thực người dùng bằng nhận dạng khuôn mặt. Việc cải thiện độ chính xác và hiệu quả của hệ thống xác thực giúp doanh nghiệp nâng cao trải nghiệm người dùng và tối ưu hóa quy trình xác thực. Đồng thời, các kết quả nghiên cứu có thể giúp các doanh nghiệp xây dựng các hệ thống bảo mật mạnh mẽ hơn, giảm thiểu rủi ro gian lận, và tăng cường sự tin cậy từ phía khách hàng. Điều này có thể dẫn đến việc nâng cao chất lượng dịch vụ và tăng trưởng trong môi trường thương mại điện tử ngày càng phát triển.

# **CHƯƠNG 2 CƠ SỞ LÝ THUYẾT**

## **2.1** **Giới thiệu tổng quan về thị giác máy tính (computer vision)**

### 2.1.1 Định nghĩa và vai trò của nhận dạng khuôn mặt

- Nhận dạng khuôn mặt (Face Recognition) là quá trình xác định danh tính của ai đó thông qua hình ảnh hay video dựa trên các đặc điểm khuôn mặt. Đây là một trong những vai trò nổi bật trong lĩnh vực thị giác máy tính và học sâu (Deep Learning).

Quá trình này bao gồm 5 bước chính:

* Phát hiện khuôn mặt: Xác định vị trí có khuôn mặt của con người trong ảnh hay video.
* Căn chỉnh khuôn mặt: Đưa khuôn mặt về chính giữa nhằm tăng độ chính xác cho các bước sau. Xác định các điểm trên khuôn mặt như: mắt, mũi, miệng và xoay hay cắt ảnh sao cho các điểm trở nên cân đối.
* Trích xuất các đặc trưng: Chuyển ảnh khuôn mặt thành các vector đặc trung số học, các vector này thường biểu diễn các mã nhận diện duy của khuôn mặt**,** có thể nhận dạng mà không cần đến ảnh thật.
* So sánh với các dữ liệu đã lưu: so sánh vector đặc trung khuôn mặt của người đó với các vector đã lưu trong cơ sở dữ liệu, nếu tìm thấy vector nào có sự tương đồng lớn thì xác định danh tính.
* Kết quả output: nếu tìm thấy khuôn mặt khớp với dữ liệu đã lưu trong cơ sở dữ liệu thì có thể xuất ra tên người đó. Ngược lại thì từ chối truy cập

### 2.1.2 Ưu điểm và hạn chế

Ưu điểm:

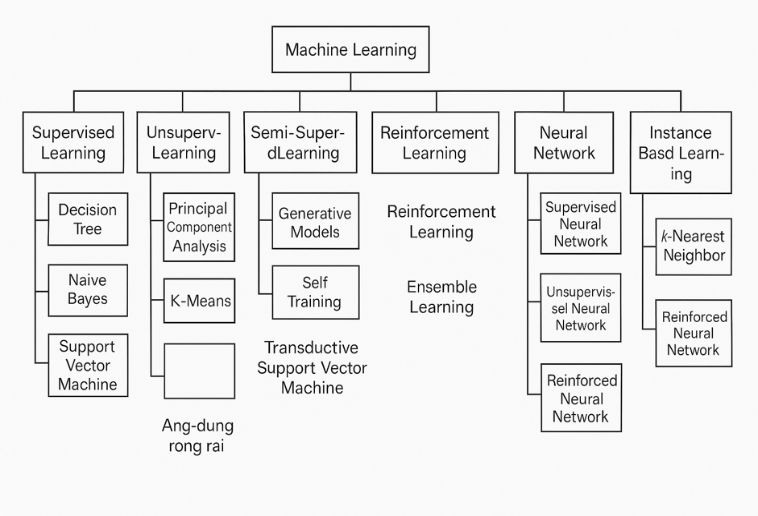
* Tự động hóa cao: Có thể giúp con người hay các doanh nghiệp có thể giảm bớt đi khối lượng công việc, thay thế họ trong các việc lặp đi lặp lại như kiểm tra chất lượng, giám sát an ninh, phát hiện sự cố, ….
* Tốc độ xử lý nhanh: Có thể phân tích các video và hình ảnh trong thời gian ngắn để đưa ra các kết quả chính xác.
* Độ chính xác cao: Khi được huấn luyện tốt thì mô hình có thể đưa ra được kết quả chính xác cao, ổn định.
* Ứng dụng rộng rãi: Có thể áp dụng trong nhiều lĩnh vực như: y tế, an ninh, công nghiệp, ô tô tự lái, nông nghiệp, …

Hạn chế:

* Phụ thuộc dữ liệu: Cần lượng dữ liệu lớn và chất lượng để huấn luyện cho mô hình.
* Yêu cầu phần cứng mạnh: Các mô hình Deep Learning cần GPU để hạot động hiệu quả.
* Khó xử lý mô hình phức tạp: Ánh sáng yếu, vật thể bị che khuất, những điều này có thể dẫn đến kết quả không chính xác.
* Thiếu hiểu biết ngữ cảnh: do chỉ là máy tính nên các ý nghĩa sâu xa như cảm xúc con người hay các yếu tố khác.
* Ứng dụng nhận diện khuôn mặt có thể ảnh đến quyền riêng tư cá nhân và cũng có thể dùng trong việc lừa đảo.

## **2.2. Deep Learning**

Học sâu, còn được gọi là deep learning, là một nhánh của trí tuệ nhân tạo tập trung vào việc phát triển và nghiên cứu các kỹ thuật sử dụng mạng nơ-ron nhân tạo nhiều tầng để mô phỏng quá trình học của con người từ dữ liệu lớn. Theo nhiều tài liệu nghiên cứu, deep learning được định nghĩa là lĩnh vực giúp máy tính có khả năng học biểu diễn dữ liệu phức tạp thông qua các lớp trừu tượng cao hơn mà không cần can thiệp thủ công vào quá trình trích chọn đặc trưng. Thông qua các mô hình học sâu, hệ thống có thể học được các đặc trưng quan trọng từ dữ liệu đầu vào, từ đó đưa ra các dự đoán hoặc quyết định một cách chính xác mà không cần lập trình cụ thể cho từng tác vụ. Ở đề tài này, chúng tôi tập trung vào việc sử dụng các mô hình deep learning, đặc biệt là các kiến trúc phổ biến trong lĩnh vực nhận dạng và xử lý ảnh như Convolutional Neural Networks (CNN).

****

## **2.3. OpenCV (Open Source Computer Vision Library)**

OpenCV là một thư viện mã nguồn mở cho thị giác máy tính, học máy và xử lý hình ảnh. Đóng một vai trò quan trọng trong hoạt động thời gian thực. Bằng cách đó, người ta có thể xử lý hình ảnh và video để xác định các đối tượng, khuôn mặt hoặc thậm chí là nhận diện.

Khi nó được tích hợp với các thư viện khác nhau, chẳng hạn như NumPy, Python có khả năng xử lý cấu trúc mảng opencv để phân tích. Để xác định một mẫu hình ảnh và các tính năng khác nhau của nó, sử dụng không gian vector và thực hiện các phép toán trên các tính năng này.

OpenCV cho phép thực hiện các thao tác khác nhau trong hình ảnh như:

* Đọc hình ảnh : OpenCV giúp đọc hình ảnh từ tệp hoặc trực tiếp từ máy ảnh để có thể truy cập và thực hiện các bước xử lý thêm.
* Tăng cường hình ảnh: Có thể nâng cao hình ảnh bằng cách điều chỉnh độ sáng, độ sắc nét hoặc độ co lại của hình ảnh..
* Phát hiện đối tượng: Đối tượng cũng có thể được phát hiện bằng cách sử dụng OpenCV,. Điều này cũng có thể nhận dạng khuôn mặt, hình dạng hoặc thậm chí là đối tượng.
* Lọc hình ảnh: Thay đổi hình ảnh bằng cách áp dụng các bộ lọc khác nhau như làm mờ hoặc làm sắc nét.
* Vẽ hình ảnh: OpenCV cho phép vẽ văn bản, đường nét và bất kỳ hình dạng nào trong hình ảnh.
* Lưu hình ảnh đã thay đổi: Sau khi xử lý, Bạn có thể lưu hình ảnh đang được sửa đổi để phân tích trong tương lai.
* Nhận dạng đối tượng
* Học máy và phân cụm (ml, flann)
* Tăng tốc CUDA (gpu)
  1. **Các phương pháp, kỹ thuật tiền xử lý ảnh.**

### **2.4.1 Chuyển sang ảnh xám (Grayscale Conversion)**

Một bức ảnh ban đầu thường có rất nhiều màu, những màu đó đều là kết quả của sự pha trộn giữa 3 màu là Red, Green và Blue, hay được gọi là nhóm màu RGB. Nhưng đối với những bài toán xử lý ảnh nói chung và nhận dạng khuôn mặt nói riêng thì việc sử dụng những bức ảnh RGB này khiến việc xử lý và nhận dạng trở nên phức tạp, mất thời gian và độ chính xác cũng không được tối ưu. Nhiều tác vụ trong lĩnh vực thị giác máy tính đặc biệt là nhận dạng khuôn mặt chỉ cần thông tin về cường độ ánh sáng chứ không cần màu sắc.

Nên việc chuyển ảnh sang ảnh xám là một bước vô cùng quan trọng và cần thiết khi giảm từ 3 kênh màu xuống còn 1 kênh duy nhất giúp đơn giản hóa dữ liệu đầu vào và giảm chi phí tính toán

Quy trình thực hiện:

* Bước 1: Đọc ảnh đầu vào: Sử dụng các thư viện như OpenCV, Pillow để thực hiện đọc ảnh từ file vào chương trình để xử lý.

+ OpenCV : *import cv2 – cv2.imread*

+ Pillow : *from PIL import Image – Image.open*

* Bước 2: Thực hiện chuyển đổi: Mỗi pixel màu được chuyển thành giá trị xám bằng công thức có trọng số: Gray= 0.299 x R +0.587 x G +0.114 xR.

+ OpenCV : *cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR\_BGR2GRAY)*

+ Pillow : *img\_gray = img.convert('L')*

* + 1. **Cân bằng Histogram (Histogram Equalization)**

Đôi khi một bức ảnh có tổng thể hoặc vài điểm ảnh quá tối hoặc quá sáng sẽ làm cho quá trình xử lý và nhận dạng gặp khó khăn, Điều này khiến các đặc điểm quan trọng như mắt, mũi, miệng bị mờ nhạt hoặc mất chi tiết, đặc biệt trong điều kiện ánh sáng yếu hoặc quá gắt.

Kỹ thuật cân bằng histogram giúp cải thiện điều này bằng cách trảiđều phân bố mức xám của ảnh trong khoảng [0,255].

Vùng [0,255] là phạm vi phổ biến của pixel trong ảnh số, hoặc có thể nói mỗi pixel của 1 ảnh số được lưu trữ bằng 8 bit tức là có thể biểu diễn được 2⁸ = 256 mức độ sáng khác nhau.

Các mức độ này được đánh số từ 0 đến 255, trong đó:

* 0 đại diện cho đen hoàn toàn (không có ánh sáng).
* 255 đại diện cho trắng hoàn toàn (sáng nhất).
* Các giá trị ở giữa biểu diễn các mức xám trung gian.

**Quy trình thực hiện:**

* Bước 1: Chuyển ảnh sang grayscale
* Bước 2: Tính histogram – đếm số pixel ở mỗi mức sáng (0–255).
* Bước 3: Tính hàm phân phối tích lũy CDF
  + CDF (Cumulative Distribution Function) được dùng để tính tần suất tích lũy của giá trị mức xám trong ảnh.
* Bước 4: Chuẩn hóa CDF về khoảng [0, 255].
* Bước 5: Dùng CDF để ánh xạ lại các giá trị pixel cũ → tạo ảnh mới có độ tương phản tốt hơn.

**Thực hiện chuyển đổi**:

+ OpenCV : i*mg\_eq = cv2.equalizeHist(img)*

+ Pillow : *img\_eq = ImageOps.equalize(img)*

* + 1. **Làm mịn ảnh (Image Smoothing-blurring)**

Trong quá trình tiền xử lý ảnh, ảnh đầu vào thường chứa nhiều nhiễu hoặc chi tiết nhỏ không cần thiết gây khó khăn cho việc trích xuất đặc trưng. Để giải quyết vấn đề này, kỹ thuật làm mịn ảnh hay còn gọi là làm mờ (blurring**)** được áp dụng giúp giảm mức độ biến thiên giữa các pixel lân cận, giúp ảnh trở nên mượt hơn và loại bỏ nhiễu cục bộ.

Làm mịn ảnh đặc biệt quan trọng trong các bài toán như nhận diện khuôn mặt, phát hiện cạnh, phân đoạn ảnh,… vì nó giúp cải thiện độ chính xác bằng cách loại bỏ những chi tiết không quan trọng hoặc gây nhiễu.

Các kỹ thuật làm mờ phổ biến:

* Làm mờ trung bình: Mỗi pixel được thay bằng trung bình cộng của các pixel xung quanh, sử dụng khi nhiễu không đồng nhất và ít tập trung.
* Làm mờ Gaussian: Sử dụng phân phối chuẩn (Gaussian distribution) để tính trung bình có trọng số, sử dụng khi cần làm mờ mịn và giảm nhiễu hiệu quả mà vẫn giữ biên rõ ràng
* Làm mờ trung vị: Mỗi pixel được thay bằng giá trị trung vị của vùng xung quanh, sử dụng khi ảnh bị nhiễu muối tiêu (một số pixel trong ảnh bị thay đổi đột ngột thành màu đen hoàn toàn (0) hoặc trắng hoàn toàn (255))

Với OpenCV :

Làm mờ trung bình: *img\_blur = cv2.blur(img, (5, 5))*

Làm mờ Gaussian : *img\_gaussian = cv2.GaussianBlur(img, (5, 5), 0*

Làm mờ trung vị *: img\_median = cv2.medianBlur(img, 5)*

Với Pillow :

Làm mờ Gaussian*: img\_blurimg.filter(ImageFilter.GaussianBlur(radius=2))*

Làm mờ trung bình*: img\_box = img.filter(ImageFilter.BoxBlur(2))*

* + 1. **Biến đổi hình học (Affine / Perspective Transformations)**

Thực tế, hình ảnh không phải lúc nào cũng hoàn hảo để chúng ta sử dụng, đôi lúc sẽ gặp vài trường hợp bị lệch, nghiêng, xoay, co giãn hoặc chụp từ các góc nhìn khác nhau khiến cho đối tượng cần nhận dạng không nằm đúng vị trí hoặc tỷ lệ. Do đó nếu không căn chỉnh lại, các thuật toán phía sau có thể nhận sai, dẫn đến giảm độ chính xác của hệ thống.

#### 2.4.4.1.1Biến đổi hình học (Affine Transformation)

Đây là một biến đổi hình học tuyến tính, bao gồm các thao tác như: tịnh tiến (di chuyển), xoay, phóng to, thu nhỏ, và làm nghiêng hình ảnh. Biến đổi này giữ nguyên các đường thẳng và tỷ lệ song song, nhưng không giữ nguyên khoảng cách hay góc. Được sử dụng khi ảnh chỉ bị nghiêng, lệch góc nhẹ, hoặc căn chỉnh đối tượng cơ bản.

Quy trình thực hiện:

* Bước 1: Chọn 3 điểm ảnh (input) có vị trí biết trước trong ảnh gốc.
* Bước 2: Chọn 3 điểm tương ứng (output) trong ảnh đích nơi muốn đưa đối tượng về
* Bước 3 :Tính ma trận biến đổi Affine (2x3) từ 3 cặp điểm.

*cv2.getAffineTransform(pts1, pts2)*

* Bước 4: Áp dụng biến đổi để tạo ảnh mới.

*cv2.warpAffine(img, M, (width, height)*

#### 2.4.4.2 Biến đổi phối cảnh (Perspective Transformation)

Đây là một loại biến đổi mô phỏng góc nhìn không gian 3 chiều. Biến đổi phối cảnh không giữ nguyên song song, dùng để tạo hiệu ứng như nhìn ảnh từ một góc nghiêng, làm cho các đường thẳng hội tụ về một điểm xa giống như cách mắt người nhìn cảnh vật ngoài đời thật.Được sử dụng khi ảnh bị chụp lệch góc nghiêng mạnh.

Quy trình thực hiện:

* Bước 1: Chọn 4 điểm input tạo thành 1 tứ giác (vật thể bị méo hoặc lệch góc).
* Bước 2: Xác định 4 điểm đích tương ứng với hình chữ nhật chuẩn.
* Bước 3: Tính ma trận perspective (3x3).

*cv2.getPerspectiveTransform(pts1, pts2)*

* Bước 4: Áp dụng phép biến đổi toàn cục.

*cv2.warpPerspective(img, M, (w, h))*

### **2.4.5 Data Augmentation (Phóng đại dữ liệu)**

Trong nhận dạng khuôn mặt, dữ liệu đầu vào thường bị giới hạn về số lượng hoặc thiếu tính đa dạng. Khiến mô hình dễ bị overfitting. Kỹ thuật Data được sử dụng nhằm khắc phục vấn đề này bằng cách tạo ra nhiều phiên bản biến đổi khác nhau của ảnh gốc nhưng vẫn giữ nguyên nhãn hoặc nội dung chính, từ đó giúp mô hình học được tốt hơn và tổng quát hơn.

Các kỹ thuật phóng đại dữ liệu phổ biến gồm:

* Lật ảnh : Lật ngang thường được sử dụng trong nhận diện khuôn mặt vì khuôn mặt thường đối xứng.

*cv2.flip*

* Xoay ảnh: Xoay ảnh với một góc nhất định như ±15° để mô phỏng các tư thế đầu khác nhau.

*cv2.getRotationMatrix2D*

* Phóng to/thu nhỏ: Làm thay đổi tỷ lệ kích thước đối tượng trong ảnh.

*cv2.resize*

* Dịch chuyển :Di chuyển ảnh theo trục X hoặc Y.

*cv2.warpAffine*

* Thay đổi độ sáng, độ tương phản: Mô phỏng điều kiện ánh sáng khác nhau.

*img\_new = alpha \* img + beta (alpha: độ tương phản, beta: độ sáng)*

* Thêm nhiễu : Làm cho dữ liệu giống với môi trường thực hơn. Giúp mô hình thích ứng tốt với ảnh thực tế bị nhiễu vd: camera chất lượng thấp.

*np.random.normal(0, sigma, img.shape)*

* Cắt ảnh ngẫu nhiên :cắt các vùng nhỏ ngẫu nhiên từ ảnh gốc để tạo thêm các biến thể.

*img[y:y+h, x:x+w]*

## **2.5 Phát hiện đặc trưng và mô tả (Feature Detection & Description)**

Phát hiện đặc trưng là bước quan trọng nhằm tìm ra các điểm đặc trưng như khóe mắt, sống mũi, miệng, cằm... giúp mô hình có thể phân biệt giữa các khuôn mặt khác nhau. Từ đó phục vụ cho các tác vụ so khớp, xác thực hoặc phân loại khuôn mặt.

### **2.5.4 Learned Features**

Learned Features là các đặc trưng được học trực tiếp từ dữ liệu ảnh thông qua quá trình huấn luyện mạng sâu thay vì định nghĩa thủ công.

Đối với các phương pháp này, các đặc trưng không còn được trích xuất bằng tay như các phương pháp (Sobel, Harris, LoG…) mà được học tự động từ dữ liệu thông qua mạng nơ-ron tích chập (CNN). Giúp mô hình nhận diện khuôn mặt đạt độ chính xác cao hơn trong môi trường phức tạp.

Mạng CNN gồm nhiều tầng tích chập,mỗi tầng sẽ học một tập hợp bộ lọc khác nhau.

* Các tầng đầu học các đặc trưng đơn giản như cạnh, góc, kết cấu khuôn mặt (giống như Sobel, Harris,... nhưng tối ưu hơn).
* Các tầng giữa và tầng sâu học các đặc trưng phức tạp hơn như mắt, mũi, miệng, và cấu trúc tổng thể của khuôn mặt.
* Kết quả cuối cùng là một vector đặc trưng đại diện duy nhất cho khuôn mặt đầu vào.

#### 2.5.4.1 ResNet

Mạng sâu sử dụng cơ chế residual connection để tránh mất thông tin khi mạng quá sâu

Giống như khi giải một bài toán đơn giản, ban đầu chỉ cần thực hiện vài bước là giải được. Nhưng nếu bài toán đó có quá nhiều bước rối rắm, phức tạp thì đôi khi làm taquên mất điều quan trọng ban đầu của bài toán. Trong mạng nơ-roncũng vậy. Khi mạng quá nhiều lớp, máy tính cũng dễ bị quên những gì quan trọng ban đầu trong ảnh.

Qua đó cơ chế residual connection của ResNet xuất hiện, nó có chức năng giúp giữ nguyên đặc trưng gốc của khuôn mặt ban đầu trong khi vẫn học được dữ liệu mới, Khi mạng học cái mới thì nó không quên thông tin cũ vì đường tắt (residual connection) đã nối thông tin cũ vào kết quả mới.

Quy trình hoạt động:

|  |
| --- |
| * + Trích xuất đặc trưng cơ bản |

|  |
| --- |
| * + Dùng khối residual để học cái mới mà không quên cái cũ |

|  |  |
| --- | --- |
|  | * + Lặp lại nhiều lần để học đặc trưng ngày càng chi tiết |

|  |  |
| --- | --- |
|  | Rút gọn thông tin thành vector |

|  |
| --- |
| * + Đưa ra dự đoán cuối cùng |

## **2.7 Nhận dạng và phân loại đối tượng (Object Classification & Recognition)**

Phân loại đối tượng là quá trình gán một nhãn cho toàn bộ hình ảnh hoặc một vùng ảnh chứa đối tượng, nhằm xác định đối tượng đó thuộc loại nào, có phải khuôn mặt hay không.

Nhận dạng đối tượng là quá trình xác định sự hiện diện và loại của một đối tượng cụ thể trong ảnh, điều này đồng nghĩa với việc không chỉ phát hiện có khuôn mặt, mà còn biết đó là ai trong danh sách đã được ghi nhớ.

### **2.7.1 HOG Kết Hợp SVM**

Đây là một quy trình gồm hai bước kết hợp giữa kỹ thuật xử lý ảnh (HOG) và thuật toán học máy (SVM) để nhận dạng và phân loại đối tượng.

* + - 1. *HOG - Histogram of Oriented Gradients*

Kỹ thuật này thực hiện trích xuất đặc trưng hình học từ ảnh, cụ thể là các cạnh và đường viền của vật thể trong ảnh, rất phù hợp để mô tả hình dạng khuôn mặt, mắt, miệng. Và kỹ thuật này chỉ tập trung vào cấu trúc hình học, không bị ảnh hưởng nhiều bởi ánh sáng hay màu sắc.

Quy trình hoạt động:

* + Bước 1:Ảnh được chia thành các ô nhỏ
  + Bước 2: Trong mỗi ô, dùng các toán tử để tính
    - gradient (Gx: thay đổi sáng tối theo chiều ngang)
    - gradient (Gy: thay đổi sáng tối theo chiều dọc)
    - độ lớn của các cạnh : (magnitude): sqrt(Gx² + Gy²)
    - hướng (orientation): arctan(Gy / Gx)
* Bước 3 : Tạo histogram cho các hướng cạnh trong mỗi vùng, mô tả cách các cạnh phân bố.
  + Chia hướng cạnh thành các bins, ví dụ: 0–20°, 20–40°
  + Tìm bin phù hợp với hướng của nó.
* Bước 4: Chuẩn hóa và ghép đặc trưng
* Thực hiện gọp các ô lại thành một khối (2x2), sau đó sẽ được nối lại thành 1 vector dài.
* Chuẩn hóa vector bằng cách dùng L1-norm (theo đường ngang, dọc) hoặc L2-norm (theo đường chéo)
* Sau đó, duyệt qua ảnh bằng cách trượt các khối, sẽ sinh ra nhiều vector đặc trưng. Cuối dùng là nối tất cả lại sẽ tạo ra vector HOG, biểu diễn toàn bộ ảnh

#### 2.7.1.2 SVM - Support Vector Machine

SVM là một thuật toán học máy có khả năng phân loại hiệu quả với các bài toán phân loại nhị phân như có hay không có khuôn mặt, mô hình hoạt động bằng cách tìm một mặt phẳng tối ưu, sao cho khoảng cách giữa nó và các điểm dữ liệu gần nhất của mỗi lớp là lớn nhất giúp việc phân loại trở nên rõ ràng và chính xác

Khi kết hợp với HOG, SVM giúp phân biệt các đặc trưng hình học đã trích xuất, sau đó đưa ra quyết định cuối cùng về nhãn của ảnh hoặc vùng ảnh.

Quy trình hoạt động:

* Bước 1: Nhận đầu vào là vector đặc trưng( có thể là vector HOG đã trích xuất từ ảnh.
* Bước 2: Tìm siêu mặt phẳng phân chia hai lớp dữ liệu (có khuôn mặt và không khuôn mặt).
* Bước 3: Tối đa hóa khoảng cách (margin) giữa siêu mặt phẳng và các điểm gần nhất thuộc hai lớp từ đó tạo ra một vùng an toàn giữa hai loại đối tượng.
* Bước 4: Với ảnh mới, kiểm tra xem nó nằm về phía nào của siêu mặt phẳng từ đó dự đoán nhãn cho hình ảnh.

### **2.7.2 Template Matching**

Template Matching là một kỹ thuật dùng để tìm kiếm và định vị một phần cụ thể trong ảnh, bằng cách so sánh với một mẫu ảnh đã biết.

**Quy trình hoạt động:**

* **Bước 1:** Chọn một mẫu ảnh như mắt, mũi miệng,…
* **Bước 2:** Di chuyển mẫu này khắp ảnh lớn (quét từ trái sang phải, từ trên xuống dưới).
* **Bước 3:** Ở mỗi vị trí, tính toán độ giống nhau giữa mẫu và phần ảnh tại đó. Thường dùng các công thức như:
  + *Normalized Cross-Correlation (cv2.TM\_CCOEFF\_NORMED)*
  + *Sum of Squared Differences (cv2.TM\_SQDIFF)*
* **Bước 4:** Chọn vị trí có điểm số giống nhau cao nhất đó là nơi khớp nhất với mẫu.

Kỹ thuật này hiệu quả trong các trường hợp đơn giản khi đối tượng không xoay, không thay đổi kích thước, bị che khuất, biến dạng hoặc ở góc nhìn khác.