

TRƯỜNG ĐẠI HỌC PHENIKAA
KHOA CÔNG NGHỆ THÔNG TIN



BÁO CÁO PHÂN TÍCH VÀ THIẾT KẾ PHẦN MỀM

NHÓM 6

ĐỀ TÀI: ỨNG DỤNG ĐIỂM DANH BẰNG NHẬN DIỆN KHUÔN MẶT

Họ và tên	Mã SV	Email
Lê Văn Nghiêm	22010113	22010113@st.phenikaa-uni.edu.vn
Nguyễn Thành Nam	22010255	22010255@st.phenikaa-uni.edu.vn
Trương Quang Trung	22010264	22010264@st.phenikaa-uni.edu.vn
Nguyễn Tùng Ninh	22010016	22010016@st.phenikaa-uni.edu.vn

Giảng viên hướng dẫn: ThS. Trịnh Thanh Bình

Hà Nội, 2024

MỤC LỤC

PHÂN CÔNG NHIỆM VỤ ĐỒ ÁN.....	1
PHẦN 1: MỞ ĐẦU.....	2
LỜI CẢM ƠN.....	3
LỜI CAM ĐOAN.....	3
PHẦN 2: THIẾT KẾ VÀ TRIỂN KHAI	4
1. Giới thiệu	4
1.1 Đặt vấn đề.....	4
1.2 Các giải pháp đã có.....	5
1.3 Giải pháp đề xuất.....	5
2. Thiết kế và triển khai.....	7
2.1 Các yêu cầu chức năng.....	7
2.2 Các yêu cầu phi chức năng	8
2.3. Mô hình hệ thống	9
2.3.1. DataBase (Xampp).....	9
2.3.2. Các kịch bản của hệ thống.....	10
2.3.2.1. Mô tả chi tiết chức năng đăng nhập	10
2.3.2.2. Mô tả chức năng điểm danh.....	13
2.3.2.3. Mô tả chức năng xem danh sách điểm danh	14
PHẦN 3: THUẬT TOÁN	15
1. Giới thiệu bài toán	15
1.1 Phát hiện khuôn mặt	15

1.2	Tiền xử lý	16
1.3	Tiền xử lý	16
1.4	Phân lớp	16
2.	Xử lý bài toán	16
2.1	Thuật toán Haar Cascade	16
2.1.1	Giới thiệu về thuật toán Haar Cascade	16
2.1.2	Ưu điểm của Haar Cascade	18
2.1.3	Nhược điểm của Haar Cascade	18
2.1.4	Ứng dụng của Haar Cascade	18
2.2.	Giới thiệu về thuật toán Local Binary Patterns Histograms	19
2.2.1	Giới thiệu về LBPH	19
2.2.2	Ưu điểm của LBPH	20
2.2.3	Nhược điểm của LBPH	20
2.2.4	Ứng dụng của LBPH	20
PHẦN 4: KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM		21
1.	GIAO DIỆN ỨNG DỤNG	21
1.1.	Đăng nhập	21
1.2.	Giao diện màn hình chính	21
1.3.	Giao diện quản lý thông tin sinh viên	24
1.3.1	Thông tin khóa học (ở phía trên bên trái):	24
1.3.2	Thông tin lớp học (ở giữa bên trái):	24
1.3.3	Hệ thống tìm kiếm (ở phía trên bên phải):	25

1.3.4	Quản lý lớp học (phía dưới bên phải):	25
1.3.5	Các nút chức năng chính (ở giữa phía dưới):	25
1.4.	Giao diện quản lý môn học	25
1.4.1	Thông tin môn học (phía trên bên trái):	26
1.4.2	Hệ thống tìm kiếm môn học (phía trên bên phải):	26
1.4.3	Môn học của giảng viên (phía dưới bên trái):	27
1.4.4	Môn học của sinh viên (phía dưới bên phải):	27
1.5.	Giao diện điểm danh.....	28
1.5.1	Phần lựa chọn điểm danh:.....	28
1.5.2	Phần hiển thị camera:	29
1.5.3	Phần xác nhận điểm danh thành công:.....	29
1.5.4	Phần thông tin buổi học:.....	29
1.6.	Giao diện quản lý thông tin giảng viên	30
1.6.2	Hệ thống tìm kiếm giảng viên (phía trên bên phải):	31
1.6.3	Bảng hiển thị kết quả tìm kiếm (phía dưới bên phải):.....	31
1.7.	Giao diện quản lý thông tin lịch học	32
1.7.2	Phần xác nhận điểm danh thành công:	33
1.7.3	Phần thông tin buổi học:	33
Phần 5:	TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	34

PHÂN CÔNG NHIỆM VỤ ĐỒ ÁN

Danh sách các công việc/nhiệm vụ	Mô tả tóm tắt công việc
Công việc 1	Lên ý tưởng, bố cục
Công việc 2	Thu thập dữ liệu
Công việc 3	Thiết kế giao diện
Công việc 4	Làm báo cáo

Tên sinh viên	Các công việc	Tỉ lệ
Nguyễn Thành Nam	Lên ý tưởng, bố cục	25%
	Thu thập dữ liệu	30%
	Thiết kế giao diện	25%
	Làm báo cáo	30%
Trương Quang Trung	Lên ý tưởng, bố cục	25%
	Thu thập dữ liệu	35%
	Thiết kế giao diện	25%
	Làm báo cáo	20%
Lê Văn Nghiêm	Lên ý tưởng, bố cục	25%
	Thu thập dữ liệu	25%
	Thiết kế giao diện	30%
	Làm báo cáo	20%
Nguyễn Tùng Ninh	Lên ý tưởng, bố cục	25%
	Thu thập dữ liệu	20%
	Thiết kế giao diện	25%
	Làm báo cáo	30%

PHẦN 1: MỞ ĐẦU

Khuôn mặt đóng vai trò quan trọng trong quá trình giao tiếp giữa người với người, và cũng mang một lượng thông tin giàu có, chẳng hạn có thể xác định giới tính, tuổi tác, trạng thái cảm xúc của người đó,... hơn nữa khảo sát chuyển động của các đường nét trên khuôn mặt có thể biết được người đó đang muốn nói gì.

Trong hệ thống nhận dạng người thì quá trình nhận dạng khuôn mặt được đánh giá là bước khó khăn và quan trọng nhất so với các bước còn lại của hệ thống. Do đó, nhận dạng khuôn mặt là điều quan trọng và cần thiết.

Nhận dạng khuôn mặt người là một công nghệ được ứng dụng rộng rãi trong đời sống hằng ngày của con người như các hệ thống giám sát, quản lý vào ra, tìm kiếm thông tin người nổi tiếng,... có rất nhiều phương pháp nhận dạng khuôn mặt để nâng cao hiệu suất tuy nhiên dù ít hay nhiều những phương pháp này đang vấp phải những thử thách về độ sáng, hướng nghiên cứu, kích thước ảnh, hay ảnh hưởng của tham số môi trường.

Cùng với sự phát triển của xã hội, vấn đề an ninh, bảo mật đang được yêu cầu khắt khe tại mọi quốc gia trên thế giới. Các hệ thống nhận dạng con người, đồ vật... được ra đời và phát triển với độ tin cậy ngày càng cao. Với cách tiếp cận đối tượng nhận dạng theo phương pháp này, chúng ta có thể thu nhập được nhiều thông tin từ đối tượng hơn, mà không cần tác động nhiều đến đối tượng cũng vẫn đảm bảo tính chính xác, an toàn, thuận tiện.

Trong phạm vi bài báo cáo này chúng em xin được trình bày quá trình thực hiện điểm danh qua nhận diện khuôn mặt qua thư viện opencv. Cuối cùng, mặc dù đã cố gắng rất nhiều nhưng do thời gian có hạn, khả năng dịch và hiểu tài liệu chưa tốt nên nội dung đồ án này không thể tránh khỏi những thiếu sót, rất mong được sự chỉ bảo, góp ý của cô và các bạn .

LỜI CẢM ƠN

Lời đầu tiên, chúng em xin được gửi lời cảm ơn chân thành nhất đến cô ThS. Nguyễn Thị Khánh Trâm. Trong quá trình học tập và tìm hiểu môn Xây dựng ứng dụng web, chúng em đã nhận được rất nhiều sự quan tâm, giúp đỡ, hướng dẫn tâm huyết và tận tình của cô. Cô đã giúp chúng em tích lũy thêm nhiều kiến thức về môn học này để có thể hoàn thành được bài tiểu luận với đề tài : ***thiết kế ứng dụng nhận diện khuôn mặt***. Trong quá trình làm bài chắc chắn khó tránh khỏi những thiếu sót. Do đó, chúng em kính mong nhận được những lời góp ý của cô để bài tiểu luận của em ngày càng hoàn thiện hơn.

Chúng em xin chân thành cảm ơn!

LỜI CAM ĐOAN

Chúng em cam đoan đây là công trình nghiên cứu của cả nhóm và được sự hướng dẫn của ThS. Nguyễn Thị Khánh Trâm. Các nội dung nghiên cứu trong đề tài của chúng em là trung thực và chưa được công bố dưới bất kỳ hình thức nào trước đây. Nếu phát hiện có bất kỳ sự gian lận nào, chúng em xin hoàn toàn chịu trách nhiệm về nội dung của bài tiểu luận của nhóm.

Hà Nội, ngày 3 tháng 3 năm 2025

PHẦN 2: THIẾT KẾ VÀ TRIỂN KHAI

1. Giới thiệu

1.1 Đặt vấn đề

a. Nhu cầu:

Hiện nay, việc điểm danh thủ công đang gặp nhiều khó khăn như: mất thời gian, tốn nhiều nhân lực, dễ xảy ra gian lận, thiếu chính xác. Do đó, việc áp dụng công nghệ nhận diện khuôn mặt vào hệ thống điểm danh là giải pháp tối ưu giúp khắc phục những hạn chế trên, mang lại hiệu quả cao và nâng cao tính chuyên nghiệp cho công tác quản lý.

b. Tiềm năng:

Công nghệ nhận diện khuôn mặt ngày càng phát triển với độ chính xác cao, khả năng xử lý nhanh chóng và giá thành hợp lý. Việc ứng dụng công nghệ này vào website điểm danh mở ra nhiều tiềm năng to lớn, đáp ứng nhu cầu của nhiều lĩnh vực như:

- Giáo dục: Điểm danh sinh viên/học sinh trong các buổi học, kỳ thi.
- Doanh nghiệp: Điểm danh nhân viên ra vào công ty, quản lý giờ giấc làm việc.
- Sự kiện: Điểm danh khách tham dự hội thảo, hội nghị.
- Khu dân cư: Quản lý ra vào khu vực, đảm bảo an ninh.

c, Lợi ích:

Website điểm danh bằng nhận diện khuôn mặt mang lại nhiều lợi ích nổi bật:

- Tiết kiệm thời gian và nhân lực: Hệ thống tự động nhận diện và điểm danh, không cần nhân viên túc trực.
- Chính xác và hiệu quả: Giảm thiểu sai sót do gian lận, đảm bảo tính chính xác cao

- Thuận tiện và nhanh chóng: Người dùng chỉ cần đưa mặt vào camera để được nhận diện và điểm danh.
- Bảo mật cao: Hệ thống lưu trữ dữ liệu an toàn, đảm bảo bảo mật thông tin cá nhân.
- Chuyên nghiệp và hiện đại: Nâng cao hình ảnh và uy tín của tổ chức/doanh nghiệp.

1.2 Các giải pháp đã có

- VHB: Cung cấp giải pháp điểm danh On-premise và Cloud, phù hợp cho doanh nghiệp, trường học và sự kiện.
- CESTI: Cung cấp giải pháp điểm danh On-premise, tích hợp với hệ thống quản lý học sinh sinh viên.
- Virditech: Cung cấp giải pháp điểm danh On-premise cho trường học, với tính năng quản lý học phí, thông báo cho phụ huynh.
- Ivideon: Cung cấp giải pháp điểm danh Cloud, tích hợp với hệ thống quản lý nhân sự.
- ZKTeco: Cung cấp đa dạng giải pháp điểm danh On-premise và Cloud, phù hợp cho nhiều đối tượng sử dụng.

Đây chỉ là một số ví dụ về giải pháp đã được sử dụng để xây dựng ứng dụng điểm danh bằng khuôn mặt. Còn rất nhiều công nghệ khác có thể được sử dụng tùy thuộc vào yêu cầu cụ thể của từng ứng dụng

1.3 Giải pháp đề xuất

Sử dụng các công cụ hỗ trợ trong ngôn ngữ Python, Tkinter để xây dựng giao diện và Học máy để xây dựng lên ứng dụng điểm danh bằng nhận diện khuôn mặt:

- **Thư viện OpenCV**

- **Thư viện OpenCV (Open Source Computer Vision Library)** là một thư viện mã nguồn mở dành cho thị giác máy tính (computer vision) và xử lý ảnh kỹ thuật số. Nó được phát triển chủ yếu bằng ngôn ngữ C/C++ nhưng cũng cung cấp API hỗ trợ Python. OpenCV rất phổ biến trong các ứng dụng liên quan đến xử lý ảnh, nhận diện đối tượng, theo dõi chuyển động, và các thuật toán học máy
- **Các tính năng của OpenCV:** Xử lý ảnh, video, nhận diện khuôn mặt và đối tượng...

- **Tkinter :**

- **Tkinter** là một thư viện **GUI (Graphical User Interface)** tích hợp sẵn trong Python, được sử dụng để xây dựng các ứng dụng giao diện đồ họa. Nó rất dễ học và sử dụng, phù hợp cho những người mới bắt đầu cũng như những lập trình viên muốn xây dựng các ứng dụng nhỏ mà không cần phải học một thư viện đồ họa phức tạp hơn.
- **Các đặc điểm chính của Tkinter:** Thiết kế giao diện, quản lý bố cục giao diện, Hỗ trợ đa nền tảng,...

- **Deep Learning:**

- **Độ chính xác cao:** Nhận diện khuôn mặt chính xác, giảm thiểu sai sót và gian lận.
- **Hiệu quả:** Xử lý nhanh chóng, đáp ứng nhu cầu điểm danh số lượng lớn người dùng
- **Khả năng học hỏi:** Cải thiện độ chính xác theo thời gian, thích nghi với sự thay đổi ngoại hình của người dùng.

2. Thiết kế và triển khai

2.1 Các yêu cầu chức năng

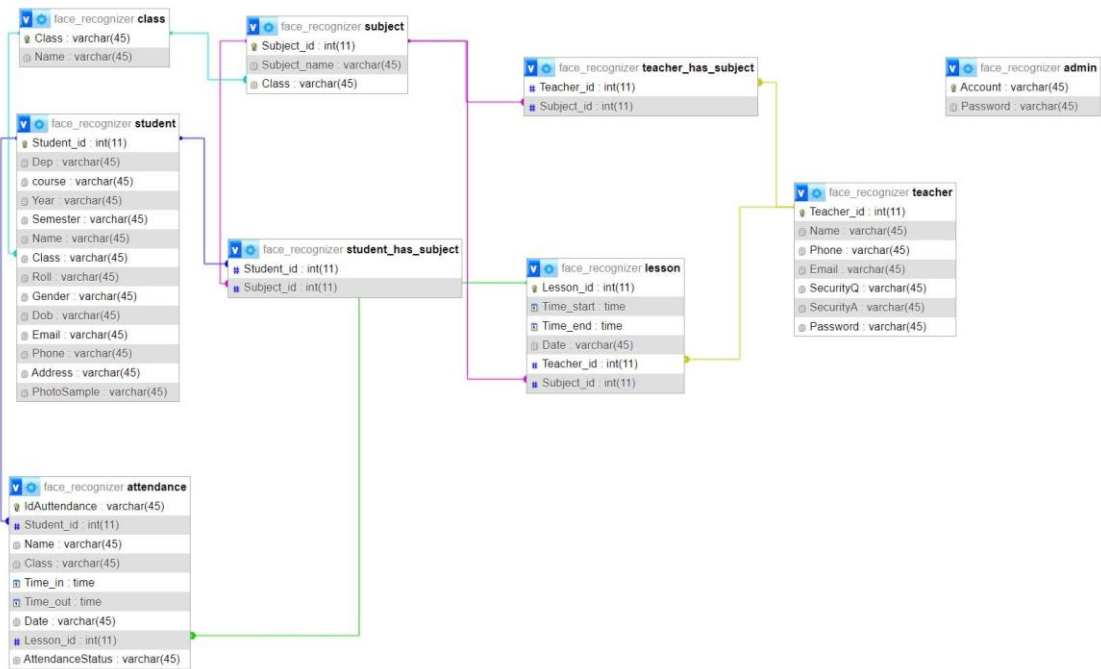
- Quản lý người dùng:
 - Đăng nhập: Người dùng sử dụng tài khoản đã đăng ký để truy cập hệ thống.
 - Quản lý thông tin cá nhân: Người dùng có thể cập nhật thông tin cá nhân và hình ảnh khuôn mặt.
 - Phân quyền truy cập: Hệ thống phân quyền truy cập cho quản trị viên, giáo viên.
- Điểm danh:
 - Điểm danh bằng nhận diện khuôn mặt: Người dùng đưa mặt vào camera để hệ thống nhận diện và ghi nhận điểm danh.
 - Theo dõi lịch sử điểm danh: Người dùng và quản trị viên có thể xem lịch sử điểm danh của bản thân hoặc các thành viên khác.
- Báo cáo:
 - Báo cáo tổng hợp: Hiển thị số lượng người dùng đã điểm danh, vắng mặt, đi muộn trong một khoảng thời gian nhất định.
 - Báo cáo chi tiết: Hiển thị lịch sử điểm danh của từng người dùng, theo ngày, tuần, tháng.
 - Xuất báo cáo: Xuất báo cáo dưới dạng CSV hoặc Excel.
- Quản lý lớp học điểm danh:
 - Tạo lớp học để cho nhân viên điểm danh.
 - Thêm sửa xóa thông tin lớp học.
 - Tìm kiếm.
- Quản lý môn học:
 - Thêm sửa xóa thông tin môn học.
 - Tìm kiếm.

2.2 Các yêu cầu phi chức năng

- Hiệu suất:
 - Hệ thống phải có khả năng xử lý nhận diện khuôn mặt nhanh chóng, chính xác cho số lượng người dùng lớn.
 - Giao diện người dùng phải mượt mà, tải trang nhanh chóng..
- Khả dụng:
 - Hệ thống phải hoạt động liên tục, đảm bảo tính sẵn sàng cao.
 - Người dùng có thể truy cập hệ thống mọi lúc, mọi nơi thông qua internet.
- Bảo mật:
 - Bảo vệ thông tin cá nhân của người dùng, bao gồm thông tin tài khoản, hình ảnh khuôn mặt và dữ liệu điểm danh.
 - Ngăn chặn truy cập trái phép vào hệ thống.
 - Áp dụng các biện pháp bảo mật để chống gian lận trong điểm danh.
- Khả năng mở rộng:
 - Hệ thống phải có khả năng mở rộng để đáp ứng nhu cầu sử dụng ngày càng tăng về số lượng người dùng và dữ liệu.
 - Dễ dàng thêm các tính năng mới vào hệ thống.
- Khả năng bảo trì:
 - Hệ thống dễ dàng bảo trì, cập nhật và sửa lỗi.
 - Cung cấp đầy đủ tài liệu hướng dẫn sử dụng và vận hành hệ thống.
- Khả năng sử dụng:
 - Giao diện người dùng đơn giản, dễ sử dụng, thân thiện với người dùng.
 - Cung cấp hướng dẫn sử dụng chi tiết cho người dùng.

2.3. Mô hình hệ thống

2.3.1. DataBase (Xampp)



Sơ đồ cơ sở dữ liệu này được thiết kế cho hệ thống quản lý nhận diện khuôn mặt và điểm danh sinh viên, bao gồm các bảng chính như **student** (sinh viên), **teacher** (giáo viên), **class** (lớp học), và **subject** (môn học). Bảng **student** lưu trữ thông tin cá nhân của sinh viên như ID, tên, lớp, số hiệu, giới tính, ngày sinh, địa chỉ, và một mẫu ảnh nhận diện. Điều này cho phép hệ thống nhận diện nhanh chóng và chính xác từng sinh viên thông qua hình ảnh.

Bảng **teacher** chứa thông tin về giáo viên, bao gồm ID, tên, số điện thoại, email và các câu hỏi bảo mật để bảo vệ tài khoản. Bảng **class** quản lý các lớp học khác nhau, với mã lớp và tên tương ứng, giúp tổ chức và phân loại sinh viên theo từng lớp.

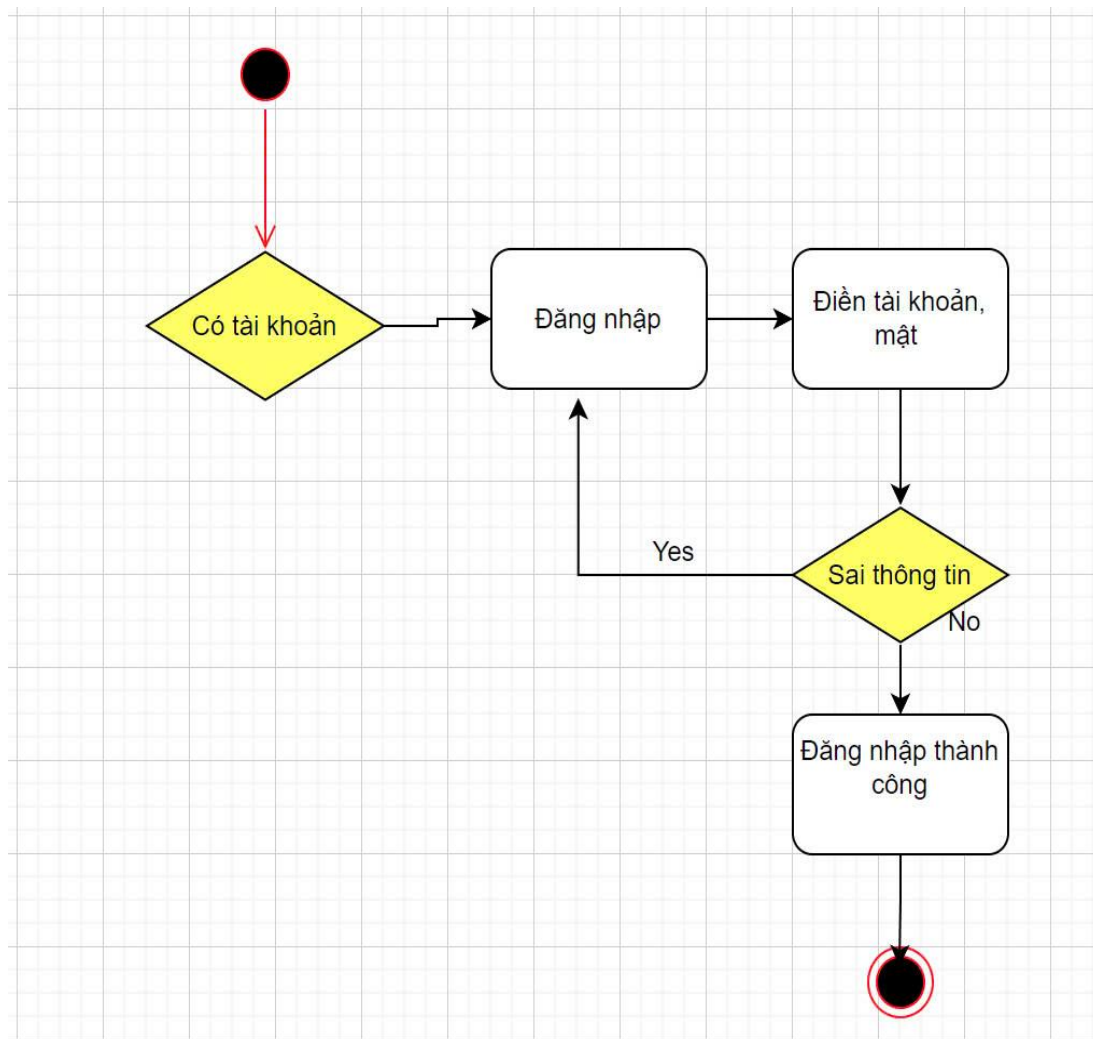
Bảng **attendance** theo dõi tình trạng điểm danh của sinh viên trong các buổi học, ghi lại thời gian vào và ra, ngày học, và trạng thái điểm danh. Điều này không chỉ giúp giáo viên nắm bắt tình hình có mặt của sinh viên mà còn cung cấp dữ liệu

cho các báo cáo và phân tích sau này. Bảng này được liên kết với bảng **lesson**, quản lý thông tin về thời gian và môn học, từ đó cho phép theo dõi chính xác các buổi học.

Các bảng **student_has_subject** và **teacher_has_subject** kết nối sinh viên và giáo viên với các môn học tương ứng của họ, tạo nên một hệ thống quản lý thông tin liên kết chặt chẽ. Thông qua việc tổ chức rõ ràng và cấu trúc hiệu quả này, hệ thống không chỉ giúp nhận diện khuôn mặt và quản lý thông tin sinh viên, giáo viên mà còn hỗ trợ việc điểm danh một cách chính xác và tiện lợi trong môi trường học đường.

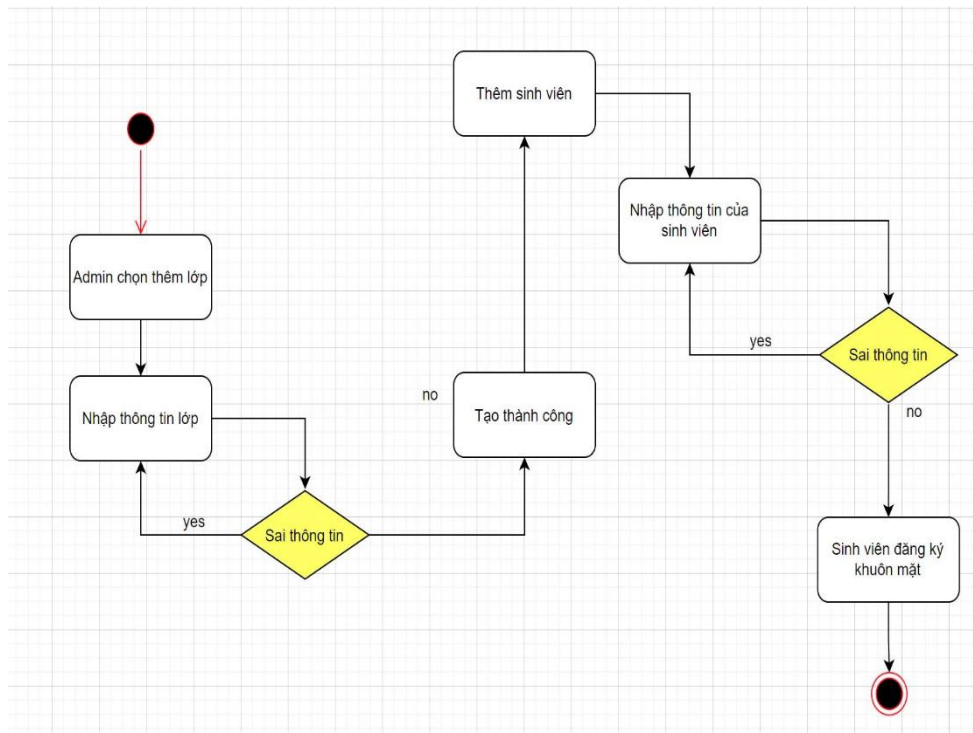
2.3.2. Các kịch bản của hệ thống

2.3.2.1. Mô tả chi tiết chức năng đăng nhập



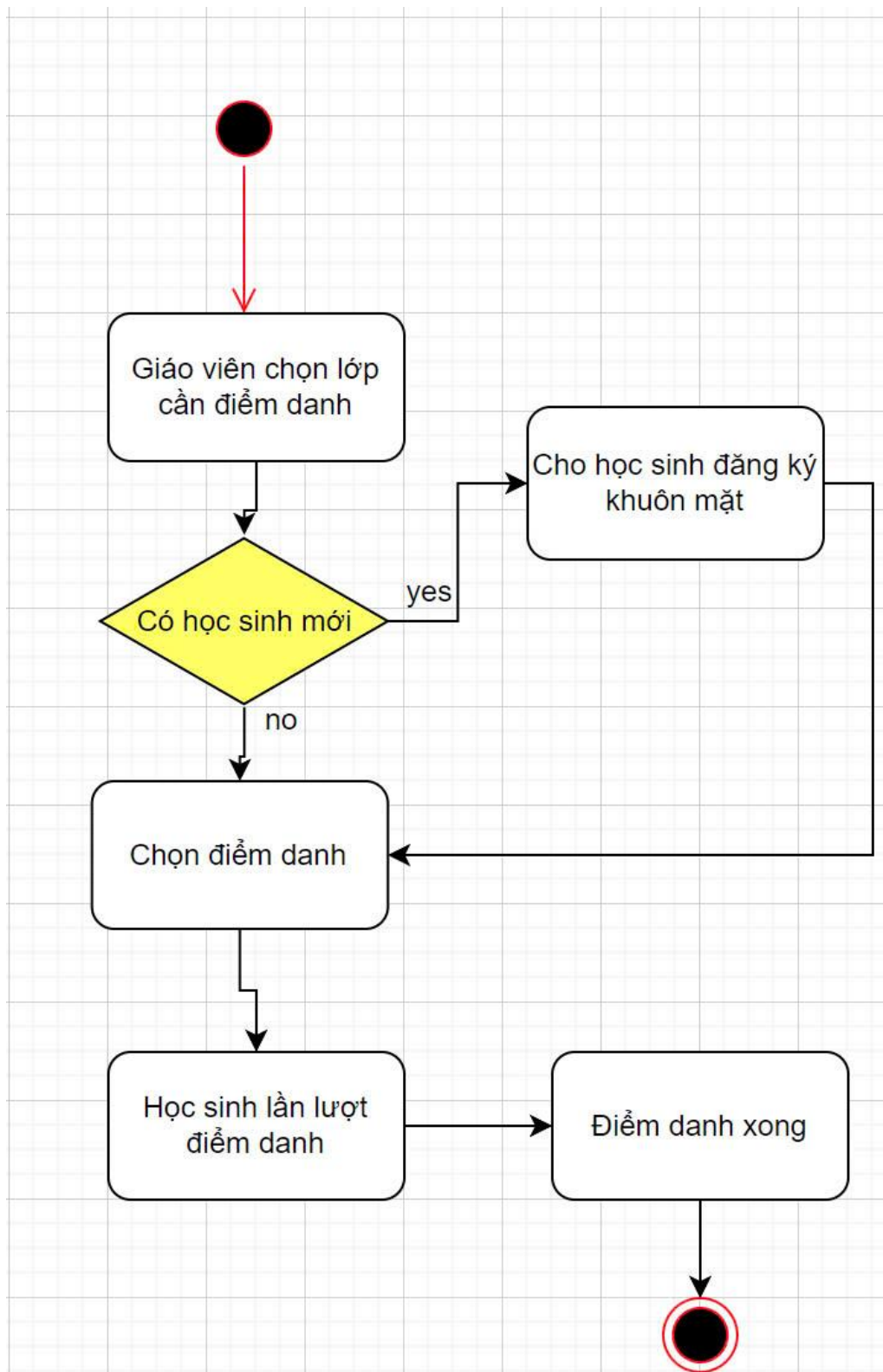
Hình 1: Sơ đồ hoạt động đăng nhập

Mô tả chức năng thêm lớp



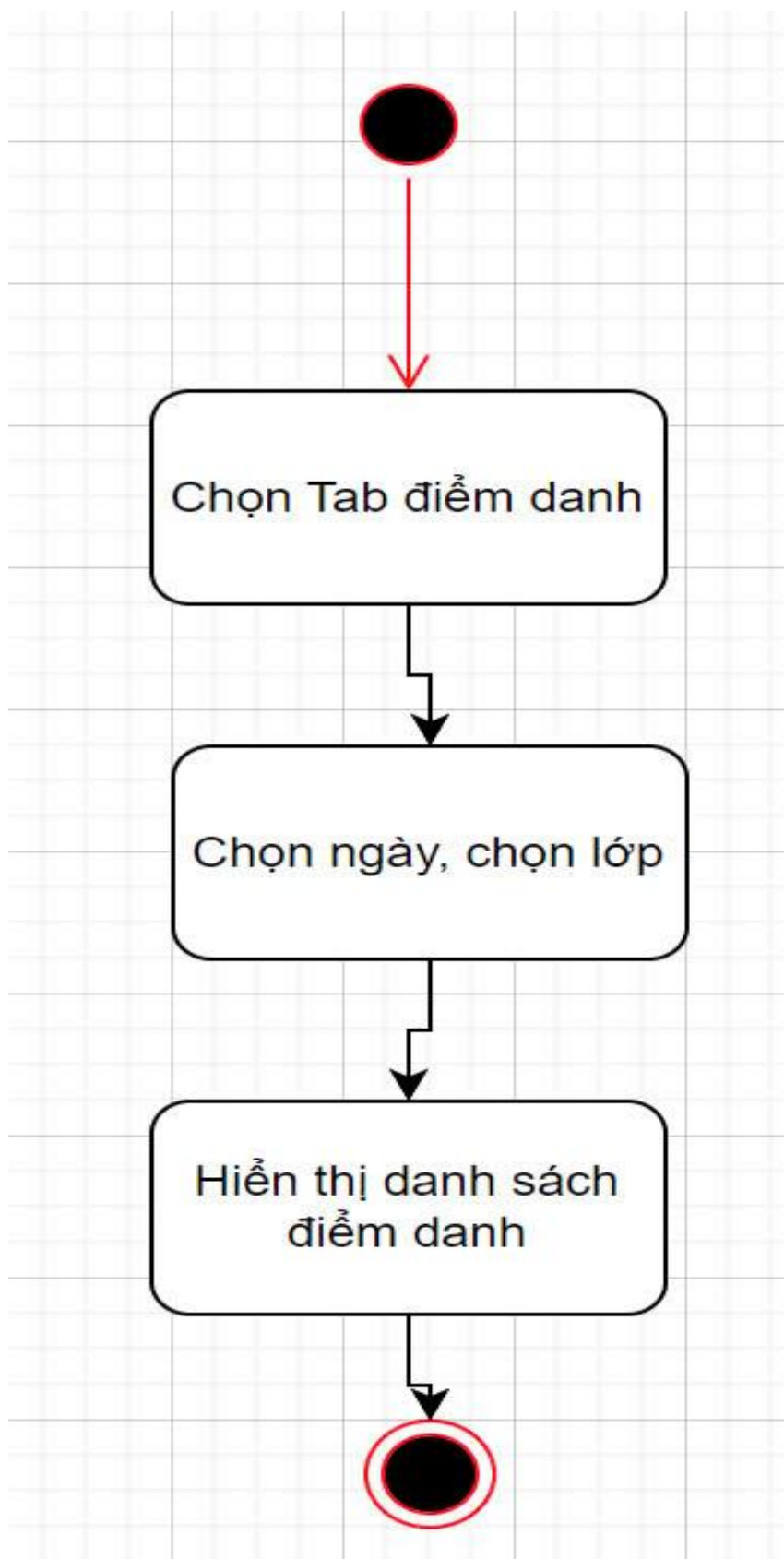
Hình 2 Sơ đồ hoạt động thêm lớp học

2.3.2.2. Mô tả chức năng điểm danh.



Hình 3 Sơ đồ hoạt động điểm danh

2.3.2.3. Mô tả chức năng xem danh sách điểm danh .



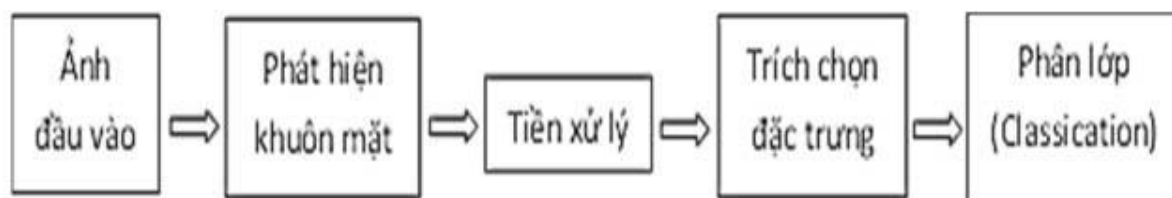
Hình 4 Sơ đồ hoạt động xem danh sách điểm danh

PHẦN 3: THUẬT TOÁN

1. Giới thiệu bài toán

Để xây dựng hệ thống nhận diện khuôn mặt bằng AI thực hiện điểm danh, nhóm đã áp dụng kỹ thuật học sâu để nhận dạng khuôn mặt từ một tấm ảnh hoặc khuôn mặt được lấy từ camera. Từ đó thực hiện điểm danh theo những khuôn mặt của mỗi người mà hệ thống nhận dạng được. Nội dung chính của nghiên cứu nhằm giải quyết bài toán nhận diện khuôn mặt. Áp dụng một số kỹ thuật trong học sâu giải quyết bài toán phân loại, các mô hình học sâu dùng để phân loại, so sánh và lựa chọn mô hình phù hợp để áp dụng vào hệ thống. Cơ sở lý thuyết cho học sâu, cơ sở lý thuyết về mạng tích chập. Mục tiêu chính của nghiên cứu là xây dựng hệ thống điểm danh bằng khuôn mặt.

Các phương pháp nghiên cứu được sử dụng: Thu thập dữ liệu, thực nghiệm, phân tích và tổng hợp.



1.1 Phát hiện khuôn mặt

Để cho qua trình du đoán khuôn mặt được chính xác vì vậy ở bước này từ một ảnh đầu vào cần phải tìm xem khuôn mặt có trong bức ảnh đó hay không, hay nói một cách khác là lấy ra những vùng có khuôn mặt [1, 6] được phát hiện trong bức ảnh đó. Hiện nay có nhiều thuật toán xử lý được việc đo ví dụ như: Viola Jones, MTCNN, ... Tuy nhiên ở đây chúng tôi đã sử dụng MTCNN để làm điều đó. MTCNN là viết tắt của Multi-task Cascaded Convolutional Networks. Nó là bao gồm 3 mạng CNN xếp chồng và đồng thời hoạt động khi phát hiện khuôn mặt. Mỗi mạng có cấu trúc khác nhau và đảm nhiệm vai trò khác nhau. Đầu ra

của MTCNN là vị trí khuôn mặt và các điểm trên mặt như: mắt, mũi, miệng.

1.2 Tiền xử lý

Bước tiền xử lý [2, 4, 5] này giúp cho dữ liệu được nhất quán hơn. Giả sử như chúng ta đang có dữ liệu ảnh các khuôn mặt tuy nhiên những ảnh đó quá tối hoặc quá sáng, ảnh bị xoay nghiêng không đúng vị trí thích hợp nếu như không xử lý những vấn đề đó nó sẽ ảnh hưởng đến khả năng nhận diện của một hệ thống. Vì vậy, cần phải có bước tiền xử lý này để đưa những dữ liệu thô thành những dạng dễ hiểu hơn và tinh chỉnh lại kích thước dữ liệu để phù hợp với mô hình.

1.3 Tiền xử lý

Nói một cách dễ hiểu, trích chọn đặc trưng [4, 5] là tìm ra điểm đặc trưng của đối tượng quá trình xử lý ảnh. Ở đây, ví dụ như chúng ta muốn biết khuôn mặt này là của ai thì cần phải dựa vào các đặc điểm như: mắt, mũi, miệng, gò má, trán... Nhiều mô hình hiện đại ngày nay người ta còn áp dụng một số kỹ thuật lấy đặc trưng khuôn mặt bằng 3D.

1.4 Phân lớp

Đây cũng là bước cuối trong bài toán nhận diện khuôn mặt. Sau khi trích chọn đặc trưng xong việc còn lại chính là dự đoán xem khuôn mặt này thuộc về ai. Có rất nhiều thuật toán điển hình để thực hiện việc này ví dụ như: KNN, SVM,...

2. Xử lý bài toán

2.1 Thuật toán Haar Cascade

2.1.1 Giới thiệu về thuật toán Haar Cascade

Haar Cascade là một thuật toán nổi tiếng được sử dụng rộng rãi trong các hệ thống nhận diện đối tượng (object detection), đặc biệt là nhận diện khuôn mặt. Thuật toán này được phát triển bởi Paul Viola và Michael Jones vào năm 2001, thường được gọi là Viola-Jones Object Detection Framework. Haar Cascade dựa trên việc sử dụng các đặc trưng Haar (Haar features) kết hợp với các mô hình phân loại (classifier) và kỹ thuật cascade để tăng hiệu suất nhận diện

trong thời gian thực.

Nguyên lý hoạt động của Haar Cascade. Thuật toán Haar Cascade gồm các bước chính như sau:

Bước 1: Đặc trưng Haar (Haar Features)

Đặc trưng Haar là các mẫu cục bộ dựa trên sự khác biệt giữa các vùng sáng và tối trong hình ảnh. Các mẫu đặc trưng này có thể là hình chữ nhật dọc, ngang, hoặc dạng chéo.

Mỗi đặc trưng Haar được tính toán bằng cách so sánh tổng giá trị cường độ của các vùng sáng và tối trong một cửa sổ con (sub-window) của hình ảnh.

Ví dụ: Đối với một đặc trưng Haar hình chữ nhật dọc, giá trị của đặc trưng sẽ là sự chênh lệch giữa tổng giá trị pixel của vùng sáng và vùng tối.

Bước 2: Hệ thống phân loại AdaBoost

Thuật toán **AdaBoost** được sử dụng để lựa chọn các đặc trưng quan trọng từ một tập lớn các đặc trưng Haar và xây dựng các bộ phân loại yếu (weak classifiers).

Sau đó, AdaBoost kết hợp các bộ phân loại yếu để tạo thành một bộ phân loại mạnh (strong classifier), giúp phân biệt đối tượng (ví dụ: khuôn mặt) với nền không phải đối tượng.

Bước 3: Cấu trúc Cascade

Cấu trúc **Cascade** được sử dụng để tăng tốc độ nhận diện. Thay vì áp dụng toàn bộ bộ phân loại lên mọi vị trí trong hình ảnh, các phân loại đơn giản được áp dụng trước tiên để loại bỏ nhanh chóng các vùng không chứa đối tượng.

Mỗi lớp trong cấu trúc cascade có một bộ phân loại riêng. Chỉ khi một vùng ảnh vượt qua được tất cả các lớp này, nó mới được coi là vùng chứa đối tượng. Điều này giúp giảm số lượng tính toán trên những vùng không cần thiết.

Bước 4: Quá trình quét cửa sổ trượt (sliding window)

Để tìm kiếm đối tượng trong toàn bộ hình ảnh, Haar Cascade sử dụng phương pháp sliding window. Một cửa sổ với kích thước cố định sẽ di chuyển qua

từng vị trí trong hình ảnh và kiểm tra sự hiện diện của đối tượng.

Kích thước của cửa sổ có thể thay đổi để phát hiện các đối tượng có kích thước khác nhau.

2.1.2 Ưu điểm của Haar Cascade

Nhanh chóng và hiệu quả: Nhờ cấu trúc cascade và việc lựa chọn đặc trưng tối ưu, Haar Cascade có thể hoạt động nhanh chóng, phù hợp cho các ứng dụng thời gian thực như nhận diện khuôn mặt trên camera.

Hiệu quả với đối tượng cụ thể: Với việc huấn luyện trên các tập dữ liệu cụ thể (ví dụ: khuôn mặt), thuật toán có thể nhận diện đối tượng với độ chính xác cao.

Khả năng ứng dụng rộng rãi: Dù được biết đến nhiều trong nhận diện khuôn mặt, Haar Cascade có thể được áp dụng để phát hiện nhiều đối tượng khác nhau như mắt, miệng, hoặc các vật thể trong hình ảnh.

2.1.3 Nhược điểm của Haar Cascade

Nhạy cảm với điều kiện ánh sáng và góc quay: Thuật toán hoạt động không tốt khi đối tượng bị thay đổi góc độ, kích thước hoặc điều kiện ánh sáng. Ví dụ, nhận diện khuôn mặt có thể bị lỗi khi khuôn mặt quay góc lớn hoặc thiếu sáng.

Cần nhiều dữ liệu để huấn luyện: Để đạt được kết quả tốt, Haar Cascade cần một lượng lớn dữ liệu huấn luyện cho đối tượng cụ thể, điều này đòi hỏi thời gian và tài nguyên.

Khả năng mở rộng hạn chế: So với các phương pháp học sâu hiện đại (deep learning), Haar Cascade bị hạn chế trong việc nhận diện các đối tượng phức tạp hoặc các đối tượng có nhiều biến thể.

2.1.4 Ứng dụng của Haar Cascade

Nhận diện khuôn mặt: Ứng dụng phổ biến nhất của Haar Cascade là nhận diện khuôn mặt trong thời gian thực, được sử dụng trong các hệ thống bảo mật, chụp ảnh, và video call.

Phát hiện đối tượng trong hình ảnh: Haar Cascade có thể được sử dụng để phát hiện các đối tượng như mắt, miệng, xe cộ, hoặc các vật thể trong hình ảnh.

Hệ thống giám sát: Trong các hệ thống camera giám sát, thuật toán có thể được dùng để phát hiện người hoặc các hoạt động bất thường.

2.2. Giới thiệu về thuật toán Local Binary Patterns Histograms

2.2.1 Giới thiệu về LBPH

Thuật toán Local Binary Patterns Histograms (LBPH) là một phương pháp hiệu quả để trích xuất và biểu diễn đặc trưng của hình ảnh, thường được sử dụng trong nhận diện khuôn mặt và phân tích kết cấu. LBPH mở rộng từ phương pháp Local Binary Patterns (LBP) và sử dụng các histogram để tổng hợp thông tin cục bộ, giúp mô tả hình ảnh chi tiết hơn.

1) Nguyên lý hoạt động của LBPH

LBPH hoạt động qua các bước chính sau:

Bước 1: Tính toán LBP cho từng pixel

Đối với mỗi pixel trong hình ảnh, so sánh giá trị của nó với các pixel lân cận trong một vùng (thường là 3x3).

Nếu pixel lân cận có giá trị lớn hơn hoặc bằng pixel trung tâm, gán giá trị 1; ngược lại, gán giá trị 0.

Kết quả là một dãy nhị phân, chuyển thành giá trị thập phân (giá trị LBP).

Bước 2: Chia hình ảnh thành các ô (grid/cell)

Hình ảnh được chia thành nhiều ô nhỏ (ví dụ: 8x8 hoặc 16x16), mỗi ô sẽ xử lý như một vùng độc lập.

Bước 3: Tạo histogram cho mỗi ô

Đối với từng ô, tạo một histogram biểu diễn tần suất xuất hiện của các giá trị LBP.

Histogram này mô tả đặc trưng kết cấu cục bộ của mỗi vùng.

Bước 4: Kết hợp các histogram

Ghép nối các histogram của từng ô lại với nhau để tạo thành một vector đặc trưng đại diện cho toàn bộ hình ảnh.

Bước 5: Phân loại

Sau khi tạo vector đặc trưng, sử dụng các thuật toán phân loại như k-Nearest Neighbors (k-NN) hoặc Support Vector Machines (SVM) để nhận diện hình ảnh.

2.2.2 Ưu điểm của LBPH

Đơn giản và hiệu quả: LBPH dễ triển khai và phù hợp cho các ứng dụng thời gian thực.

Khả năng kháng sáng: Do chỉ dựa trên sự so sánh cục bộ giữa các pixel, LBPH ít bị ảnh hưởng bởi sự thay đổi ánh sáng toàn cục.

Hiệu quả với kết cấu cục bộ: LBPH có thể nắm bắt đặc trưng cục bộ của hình ảnh, phù hợp với các bài toán như nhận diện khuôn mặt.

2.2.3 Nhược điểm của LBPH

Không hiệu quả với biến dạng hình học: LBPH nhạy cảm với các biến dạng như xoay, co giãn hoặc dịch chuyển lớn của hình ảnh.

Nhạy cảm với nhiễu: Nếu hình ảnh bị nhiễu nhiều, hiệu quả của LBPH có thể giảm.

Phụ thuộc vào kích thước lưới (grid): Kích thước lưới ảnh hưởng đến khả năng trích xuất đặc trưng, nếu quá nhỏ có thể mất thông tin, nếu quá lớn có thể bỏ qua các chi tiết quan trọng.

2.2.4 Ứng dụng của LBPH

Nhận diện khuôn mặt: LBPH thường được sử dụng trong các hệ thống nhận diện khuôn mặt do khả năng nắm bắt tốt các đặc trưng cục bộ của khuôn mặt.

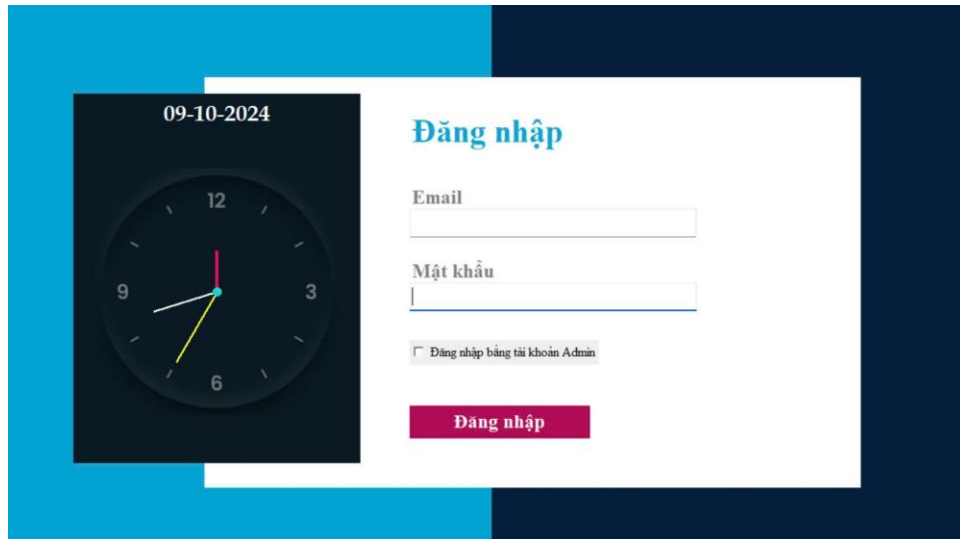
Phân tích kết cấu: LBPH hữu ích trong các bài toán phân tích kết cấu hình ảnh, phân loại vật liệu, nhận diện bề mặt.

Phân loại hình ảnh: LBPH có thể trích xuất đặc trưng cục bộ và hỗ trợ các bài toán phân loại ảnh trong thị giác máy tính.

PHẦN 4: KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

1. GIAO DIỆN ỨNG DỤNG

1.1. Đăng nhập



Giao diện đăng nhập bao gồm hai trường nhập liệu: "Tên Đăng Nhập(Email) " và "Mật Khẩu", cùng với nút "Đăng Nhập" để gửi thông tin xác thực lên máy chủ. Nếu thông tin đúng, người dùng sẽ được truy cập ứng dụng ; nếu sai, sẽ có thông báo lỗi.

1.2. Giao diện màn hình chính



Hình này hiển thị giao diện chính của Hệ thống nhận diện khuôn mặt với nhiều chức năng khác nhau. Giao diện được tổ chức theo dạng các biểu tượng lớn, dễ nhìn, với các mục sau:

- Sinh viên: Liên quan đến việc quản lý thông tin sinh viên, bao gồm các chức năng như là thêm, xóa, hoặc chỉnh sửa thông tin sinh viên.
- Nhận diện: Chức năng chính của hệ thống, cho phép nhận diện khuôn mặt sinh viên, có thể phục vụ cho việc điểm danh
- Điểm danh: Chức năng điểm danh, có thể dựa trên kết quả nhận diện khuôn mặt để đánh dấu sự có mặt của sinh viên.
- Môn học: Quản lý các môn học trong hệ thống, bao gồm thêm, xóa, hoặc cập nhật thông tin môn học.
- Thống kê: Cung cấp các báo cáo hoặc thống kê liên quan, chẳng hạn như thống kê số sinh viên đã điểm danh, số lần đi muộn, số lần vắng của sinh viên .
- Giáo viên: Quản lý thông tin giáo viên, có thể tương tự như quản lý

sinh viên nhưng dành cho đối tượng giáo viên.

- Buổi học: Chức năng quản lý các buổi học, bao gồm lịch trình và quản lý thông tin các buổi học.
- Xem ảnh: Chức năng cho phép xem ảnh, có thể là ảnh sinh viên hoặc ảnh liên quan đến quá trình nhận diện.

Ngoài ra, góc trên bên trái hiển thị thời gian và ngày tháng hiện tại (12:43:52 PM, 09-10-2024), và góc trên bên phải có các tùy chọn Admin và Đăng xuất, giúp người dùng quản lý tài khoản và thoát khỏi hệ thống.

1.3. Giao diện quản lý thông tin sinh viên

1.3.1 Thông tin khóa học (ở phía trên bên trái):

- Các trường thông tin liên quan đến sinh viên như:
 - Chuyên ngành: Menu thả xuống để chọn chuyên ngành học.
 - Hệ đào tạo: Menu thả xuống để chọn hệ đào tạo (ví dụ: chính quy, liên thông).
 - Năm học: Menu thả xuống để chọn năm học.
 - Học kì: Menu thả xuống để chọn học kỳ hiện tại.

1.3.2 Thông tin lớp học (ở giữa bên trái):

- Thông tin chi tiết của một sinh viên bao gồm:
 - ID Sinh Viên: Mã số định danh sinh viên (ID 1 được hiển thị).
 - Tên Sinh Viên: Tên đầy đủ của sinh viên.
 - Lớp học, CMND, Giới tính, Ngày sinh, Email, SĐT, và Địa chỉ: Các trường nhập liệu để quản lý thông tin cá nhân và liên lạc của sinh viên.
- Có ảnh/Không ảnh: Lựa chọn để xác định xem sinh viên có ảnh đã được lưu trong hệ thống hay không.
- Lấy ảnh sinh viên và Training Data: Các nút chức năng để lấy ảnh của sinh viên.

viên và cập nhật dữ liệu huấn luyện liên quan đến ảnh.

1.3.3 Hệ thống tìm kiếm (ở phía trên bên phải):

- Hệ thống cho phép tìm kiếm sinh viên dựa trên ID Sinh viên hoặc các thông tin khác.
- Có hai nút chức năng:
 - Tìm kiếm: Thực hiện tìm kiếm sinh viên dựa trên tiêu chí được nhập vào.
 - Xem tất cả: Hiển thị danh sách tất cả sinh viên trong hệ thống.

1.3.4 Quản lý lớp học (phía dưới bên phải):

- Phần này cho phép quản lý lớp học của sinh viên:
 - Tìm kiếm: Tìm kiếm lớp học dựa trên thông tin nhập vào.
 - Xem tất cả: Hiển thị toàn bộ các lớp học.
 - Thêm mới và Xóa: Thêm hoặc xóa lớp học.
 - Cập nhật và Làm mới: Cập nhật thông tin lớp học hoặc làm mới giao diện.

1.3.5 Các nút chức năng chính (ở giữa phía dưới):

- Lưu, Sửa, Xóa, và Làm mới: Các nút này phục vụ cho việc lưu trữ, chỉnh sửa, xóa và làm mới thông tin sinh viên trong hệ thống.

Tổng thể, giao diện này tập trung vào việc nhập liệu, tìm kiếm, và quản lý thông tin chi tiết của sinh viên, đồng thời cung cấp các chức năng quản lý lớp học và ảnh sinh viên.

1.4. Giao diện quản lý môn học

🕒

16:11:48 PM
14-10-2024

Quản lý thông tin lịch học

Thông tin giáo viên

ID Buổi học:

5

Giờ bắt đầu:

Giờ kết thúc:

Ngày:

14/10/2024

ID Giảng viên:

Tên Giảng viên:

ID Môn học:

Tên Môn học:

Thêm mới

Xóa

Cập nhật

Làm mới

Tìm kiếm theo :

ID Buổi học

Tìm kiếm

Xem tất cả

	ID Buổi học	Giờ bắt đầu	Giờ kết thúc	Ngày	ID Giảng viên	ID Môn học
1		17:00:00	18:30:00	09/10/2024	2	1
2		13:00:00	15:40:00	09/10/2024	1	2
3		16:50:00	18:00:00	10/10/2024	2	1
4		11:30:00	13:00:00	14/10/2024	2	3

1.4.1 Thông tin môn học (phía trên bên trái):

- Gồm các trường nhập liệu để quản lý thông tin chi tiết của môn học:
 - ID Môn học: Mã số định danh của môn học (hiển thị ID 1).
 - Tên môn học: Tên của môn học.
 - Lớp tín chỉ: Số lớp tín chỉ của môn học.
- Các nút chức năng:
 - Thêm mới: Thêm môn học mới.
 - Xóa: Xóa thông tin môn học.
 - Cập nhật: Cập nhật thông tin môn học.
 - Làm mới: Làm mới toàn bộ các trường nhập liệu.

1.4.2 Hệ thống tìm kiếm môn học (phía trên bên phải):

- Có thể tìm kiếm môn học dựa trên các tiêu chí tìm kiếm:

- o Tìm kiếm theo: Lựa chọn tìm kiếm theo ID Môn học hoặc tiêu chí khác.
- o Có nút chức năng:
 - Tìm kiếm: Thực hiện tìm kiếm môn học.
 - Xem tất cả: Hiện thị tất cả môn học trong hệ thống.
- Bên dưới có bảng hiển thị kết quả tìm kiếm với các cột ID Môn học, Tên môn học, và Lớp tín chỉ.

1.4.3 Môn học của giảng viên (phía dưới bên trái):

- Gồm các trường để quản lý thông tin về các môn học mà giảng viên dạy:
 - ID Giảng viên: Mã số định danh của giảng viên.
 - Tên GV: Tên giảng viên.
 - ID Môn học: Mã số của môn học giảng viên đang dạy.
 - Tên MH: Tên môn học.
- Có các nút chức năng:
 - Thêm mới: Thêm môn học mà giảng viên dạy.
 - Xóa: Xóa thông tin môn học của giảng viên.
 - Cập nhật: Cập nhật thông tin môn học của giảng viên.
 - Làm mới: Làm mới các trường nhập liệu.

1.4.4 Môn học của sinh viên (phía dưới bên phải):

- Gồm các trường để quản lý thông tin về các môn học mà sinh viên đang học:
 - ID Sinh viên: Mã số định danh của sinh viên.

- Tên SV: Tên sinh viên.
 - ID Môn học: Mã số của môn học sinh viên đang học.
 - Tên MH: Tên môn học.
- Có các nút chức năng tương tự phần trên:
- Thêm mới, Xóa, Cập nhật, và Làm mới.
- Bên dưới có bảng hiển thị kết quả tìm kiếm với các cột ID Sinh viên và ID Môn học.

Tổng thể, giao diện này cung cấp đầy đủ các chức năng để quản lý thông tin môn học, từ việc nhập liệu, tìm kiếm, đến việc quản lý môn học của giảng viên và sinh viên, giúp dễ dàng theo dõi và cập nhật thông tin.

1.5. Giao diện điểm danh

1.5.1 Phần lựa chọn điểm danh:

- **Chọn Môn/ID buổi học:** Một menu thả xuống (drop-down) cho phép chọn môn học hoặc ID của buổi học.
- **Chọn loại Điểm Danh:** Một menu thả xuống khác để lựa chọn loại điểm danh, hiện đang hiển thị tùy chọn "Vào" (có thể là để điểm danh vào lớp).

1.5.2 Phần hiển thị camera:

- Ở giữa giao diện, có một khung lớn màu xám, có thể là nơi hiển thị hình ảnh từ camera khi hệ thống nhận diện khuôn mặt.
- Phía dưới khung này có hai nút:
 - ☐ **Mở Camera:** Có thể dùng để khởi động camera.
 - ☐ **Đóng Camera:** Được dùng để tắt camera.
- **Thông báo dưới cùng:** “Bạn không có môn học nào cần điểm danh hôm nay” - thông báo rằng không có buổi học nào cần điểm danh trong ngày.

1.5.3 Phần xác nhận điểm danh thành công:

- Ở góc trên bên phải có một khung hiển thị ảnh đại diện (có hình bóng người với dấu chấm hỏi) dành cho khuôn mặt được nhận diện thành công.
- Các thông tin kèm theo bao gồm:
 - **ID Sinh Viên:** ID của sinh viên được nhận diện.
 - **Tên Sinh Viên:** Tên sinh viên.
 - **Thời gian:** Thời gian điểm danh thành công.

1.5.4 Phần thông tin buổi học:

- Ở dưới khung nhận diện là một bảng chứa thông tin buổi học, gồm các mục:

- **Lớp tín chỉ:** Tên lớp tín chỉ của sinh viên.
- **Tên môn học/ID buổi học:** Tên môn học hoặc ID buổi học.
- **Thời gian:** Thời gian của buổi học.

Giao diện này được thiết kế để người dùng có thể dễ dàng thao tác điểm danh qua khuôn mặt, và có các mục hiển thị thông tin liên quan đến sinh viên, buổi học cũng như kết quả điểm danh.

1.6. Giao diện quản lý thông tin giảng viên

ID Giảng viên	Tên Giảng Viên	SĐT	Email	Câu hỏi bảo mật	Trả lời	Password
0	Admin	19001235				
1	Trình Thanh Bình	0948475743	ttb11@gmail.com	Số thích của bạn	code	12345
2	Le Thi Bao Tram	0994757594	ltb71@gmail.com	Chữ số bạn thích	11	00000

1.6.1 Thông tin giảng viên (phía trên bên trái):

- **ID Giảng viên:** Mã số định danh của giảng viên (ví dụ hiển thị là "1").
- **Họ tên:** Trường nhập hoặc chỉnh sửa họ tên của giảng viên.
- **SĐT (Số điện thoại):** Nhập số điện thoại của giảng viên.
- **Email:** Trường để nhập hoặc chỉnh sửa địa chỉ email của giảng viên.

- **Câu hỏi bảo mật:** Menu thả xuống (drop-down) để chọn câu hỏi bảo mật cho tài khoản của giảng viên.
- **Câu trả lời:** Nhập câu trả lời tương ứng với câu hỏi bảo mật đã chọn.
- **Password (Mật khẩu):** Nhập hoặc chỉnh sửa mật khẩu của giảng viên.

Các nút chức năng:

- **Thêm mới:** Thêm giảng viên mới vào hệ thống.
- **Xóa:** Xóa thông tin giảng viên đã chọn.
- **Cập nhật:** Cập nhật thông tin của giảng viên sau khi chỉnh sửa.
- **Làm mới:** Làm trống toàn bộ các trường nhập liệu để bắt đầu nhập thông tin mới.

1.6.2 Hệ thống tìm kiếm giảng viên (phía trên bên phải):

- **Tìm kiếm theo:** Menu thả xuống để chọn tiêu chí tìm kiếm (ví dụ: "ID GV" - ID Giảng viên).
- **Ô nhập:** Nhập thông tin tìm kiếm dựa trên tiêu chí đã chọn.

Các nút chức năng:

- **Tìm kiếm:** Thực hiện tìm kiếm giảng viên theo tiêu chí đã chọn.
- **Xem tất cả:** Hiện thị toàn bộ danh sách giảng viên hiện có trong hệ thống.

1.6.3 Bảng hiển thị kết quả tìm kiếm (phía dưới bên phải):

Bảng này hiển thị danh sách giảng viên tìm được hoặc toàn bộ giảng viên trong hệ thống, với các cột thông tin chính như sau:

- **ID Giảng viên:** Mã số định danh của giảng viên.
- **Tên Giảng viên:** Họ tên của giảng viên.
- **SĐT (Số điện thoại):** Số điện thoại liên hệ của giảng viên.

- **Email:** Địa chỉ email của giảng viên.
- **Câu hỏi bảo mật:** Câu hỏi bảo mật được chọn bởi giảng viên.
- **Trả lời:** Câu trả lời cho câu hỏi bảo mật.
- **Password (Mật khẩu):** Mật khẩu hiện tại của giảng viên.

Giao diện này cho phép quản lý toàn bộ thông tin chi tiết về giảng viên, từ thêm mới, xóa, cập nhật, tìm kiếm cho đến xem danh sách toàn bộ giảng viên trong hệ thống.

1.7. Giao diện quản lý thông tin lịch học

ID Buổi học	Giờ bắt đầu	Giờ kết thúc	Ngày	ID Giảng viên	ID Môn học
1	17:00:00	18:30:00	09/10/2024	2	1
2	13:00:00	15:40:00	09/10/2024	1	2
3	16:50:00	18:00:00	10/10/2024	2	1
4	11:30:00	13:00:00	14/10/2024	2	3

1.7.1 Tiêu đề chính:

- **"Hệ thống điểm danh khuôn mặt":** Đây là tiêu đề của hệ thống, nằm ở phía trên cùng của giao diện.
- **Phần lựa chọn điểm danh:**
 - **Chọn Môn/ID buổi học:** Một menu thả xuống (drop-down) cho phép chọn môn học hoặc ID của buổi học.

- **Chọn loại Điểm Danh:** Một menu thả xuống khác để lựa chọn loại điểm danh, hiện đang hiển thị tùy chọn "Vào" (có thể là để điểm danh vào lớp).
- **Phần hiển thị camera:**
 - Ở giữa giao diện, có một khung lớn màu xám, có thể là nơi hiển thị hình ảnh từ camera khi hệ thống nhận diện khuôn mặt.
 - Phía dưới khung này có hai nút:
 - **Mở Camera:** Có thể dùng để khởi động camera.
 - **Đóng Camera:** Được dùng để tắt camera.
- **Thông báo dưới cùng:** “Bạn không có môn học nào cần điểm danh hôm nay” - thông báo rằng không có buổi học nào cần điểm danh trong ngày.

1.7.2 Phần xác nhận điểm danh thành công:

- Ở góc trên bên phải có một khung hiển thị ảnh đại diện (có hình bóng người với dấu chấm hỏi) dành cho khuôn mặt được nhận diện thành công.
- Các thông tin kèm theo bao gồm:
 - **ID Sinh Viên:** ID của sinh viên được nhận diện.
 - **Tên Sinh Viên:** Tên sinh viên.
 - **Thời gian:** Thời gian điểm danh thành công.

1.7.3 Phần thông tin buổi học:

- Ở dưới khung nhận diện là một bảng chứa thông tin buổi học, gồm các mục:
 - **Lớp tín chỉ:** Tên lớp tín chỉ của sinh viên.

- **Tên môn học/ID buổi học:** Tên môn học hoặc ID buổi học.
- **Thời gian:** Thời gian của buổi học.

Giao diện này được thiết kế để người dùng có thể dễ dàng thao tác điểm danh qua khuôn mặt, và có các mục hiển thị thông tin liên quan đến sinh viên, buổi học cũng như kết quả điểm danh.

Phần 5: TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] G. Hinton, “Deep Belief Nets,” IEEE Trans. Neural Networks, vol. 17, no. 6, pp. 1623–1629, 2006, doi: 10.1109/TNN.2006.880582.

[2] L. Shi, Z. Li, and D. Song, “A Flower Auto-Recognition System Based on Deep Learning,” IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci., vol. 234, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1755-1315/234/1/012088.

[3] J. Kim, R.-G. Huang, S. Jin, and K. Hong, “Mobile-Based Flower Recognition System,” 2009 Third Int. Symp. Intell. Inf. Technol. Appl., vol. 3, pp. 580–583, 2009.

[4] T. Tiay, P. Benyaphaichit, and P. Riyamongkol, “Flower recognition system based on image processing,” in 2014 Third ICT International Student Project Conference (ICT-ISPC), 2014, pp. 99–102, doi: 10.1109/ICTISPC.2014.6923227.

[5] A. Angelova and S. Zhu, “Efficient Object Detection and Segmentation for FineGrained Recognition,” in Proceedings / CVPR, IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2013, pp. 811–818, doi: 10.1109/CVPR.2013.110.

[6] G. Doran, “S.M.A.R.T-Way-Management-Review.pdf,”

Management Review, vol. 70, no. 11. pp. 35–36, 1981, [Online]. Available: <https://community.mis.temple.edu/mis0855002fall2015/files/2015/10/S.M.A.R.T-Way-Management-Review.pdf>.

[7] K. Chauhan, S. Jani, R. Dave, J. Bhatia, S. Tanwar, and M. Obaidat, “Automated Machine Learning: The New Wave of Machine Learning,” 2020, doi: 10.1109/ICIMIA48430.2020.9074859.

[8] M. Awad and R. Khanna, Efficient learning machines: Theories, concepts, and applications for engineers and system designers, no. April. 2015.

[9] R. K. Mitchell, B. R. Agle, and D. J. Wood, “Toward a Theory of Stakeholder Identification and Salience: Defining the Principle of Who and What Really Counts,” Acad. Manag. Rev., vol. 22, no. 4, pp. 853–886, May 1997, doi: 10.2307/259247.

[10] BBCNews, “Artificial intelligence: Google’s AlphaGo beats Go master Lee Sedol,” 2016. <https://www.bbc.com/news/technology-35785875>.

[11] W. Vogt, “Nonlinear Regression,” ncss.com, no. 1, pp. 1–9, 2015, doi: 10.4135/9781412983907.n1291.

[12] E. Ostertagová, “Modelling using polynomial regression,” Procedia Eng., vol. 48, no. May, pp. 500–506, 2012, doi: 10.1016/j.proeng.2012.09.545.

[13] S. Depart of Statistics, “Polynomial Regression Examples,” 2020, [Online]. Available: <https://online.stat.psu.edu/stat501/lesson/9/9.8>.

[14] J. Brownlee, “Arithmetic, Geometric, and Harmonic Means for Machine Learning,” 2019. <https://machinelearningmastery.com/arithmetic-geometric-andharmonic-means-for-machine-learning/>.

[15] I. J. Goodfellow, N. Koenig, M. Muja, C. Pantofaru, A. Sorokin,

and L. Takayama, “Help me help you: Interfaces for personal robots,” in 2010 5th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI), 2010, pp. 187–188, doi: 10.1109/HRI.2010.5453203.

[16] M. Nilsback and A. Zisserman, “Automated Flower Classification over a Large Number of Classes,” in 2008 Sixth Indian Conference on Computer Vision, Graphics & Image Processing, 2008, pp. 722–729, doi: 10.1109/ICVGIP.2008.47.

[17] G. Punj and D. W. Stewart, “Cluster Analysis in Marketing Research: Review and Suggestions for Application,” *J. Mark. Res.*, vol. 20, no. 2, p. 134, 1983, doi: 10.2307/3151680. [18] J. de Oña, R. de Oña, and G. López, “Transit service quality analysis using cluster analysis and decision trees: a step forward to personalized marketing in public transportation,” vol. 43, pp. 725–747, 2016.

[19] S. Marsland, *Machine Learning: An Algorithmic Perspective*, Second Edition. 86 Stephen Marsland, 2014.

[20] G. Eknoyan, “Adolphe Quetelet (1796–1874)—the average man and indices of obesity,” *Nephrol. Dial. Transplant.*, vol. 23, no. 1, pp. 47–51, Jan. 2008, doi: 10.1093/ndt/gfm517.

[21] E. Bingham and H. Mannila, “Random Projection in Dimensionality Reduction: Applications to Image and Text Data,” in *Proceedings of the Seventh ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, 2001, pp. 245–250, doi: 10.1145/502512.502546.

[22] S. A. Bleha and M. S. Obaidat, “Dimensionality reduction and feature extraction applications in identifying computer users,” *IEEE Trans. Syst. Man. Cybern.*, vol. 21, no. 2, pp. 452–456, 1991, doi:

10.1109/21.87093.

[23] I. Perfiljeva, “Dimensionality Reduction by Fuzzy Transforms with Applications to Mathematical Finance,” in *Studies in Computational Intelligence*, 2018, pp. 243–254.