

ĐỒ ÁN CƠ SỞ

HỖ TRỢ LỄ TỐT NGHIỆP

Ngành: **CÔNG NGHỆ THÔNG TIN**

Chuyên ngành: **CÔNG NGHỆ PHẦN MỀM**

Giảng viên hướng dẫn: Nguyễn Huy Cường

Sinh viên thực hiện:

Nguyễn Nhật Huy MSSV: 2180607567

Trần Lê Minh Hiếu MSSV: 2180608369

Nguyễn Hồng Hải Dương MSSV: 2180608795

Nguyễn Ngô Trúc Chi MSSV: 2180607325

TP. Hồ Chí Minh, 2024

LỜI CAM ĐOAN

Chúng tôi xin cam đoan rằng toàn bộ nội dung của bài báo cáo đồ án này là kết quả của quá trình nghiên cứu và làm việc nghiêm túc của chúng tôi. Các thông tin, dữ liệu và kết quả được trình bày trong báo cáo đều trung thực và chưa từng được sử dụng để nộp cho bất kỳ chương trình đào tạo hay nghiên cứu nào khác. Tôi cũng xin cam đoan rằng mọi nguồn tài liệu tham khảo đã được trích dẫn đầy đủ và rõ ràng. Nếu có bất kỳ vi phạm nào liên quan đến vấn đề bản quyền hay tính trung thực, tôi xin hoàn toàn chịu trách nhiệm.

DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT

LBP	Mẫu nhị phân cục bộ
HOG	Biểu đồ độ dốc định hướng
LBPH	Biểu đồ mẫu nhị phân cục bộ
IOT	Internet Of Things
RFID	Radio-Frequency Identification

DANH MỤC HÌNH

Hình 2.2.1 Sơ đồ chân Arduino Uno R3	14
Hình 2.3.8 Chuyển hình ảnh sang dạng nhị phân	23
Hình 2.4.2.1 Mô hình kết nối Arduino với Rfid Rc522.....	24
Hình 2.4.2.2 Mô hình kết nối DFplaymini với Arduino	25
Hình 2.5.1 Biểu đồ biểu diễn tần suất của các giá trị LBP.....	26
Hình 2.5.2 Ảnh gốc sau khi cân bằng	27
Hình 2.6.1 Sơ đồ quy trình hoạt động của mô hình nhận diện khuôn mặt	27
Hình 2.6.2 Hình được chuyển sang màu xám.....	28
Hình 2.6.3 Hình sau khi chuyển sang các nhị phân	28
Hình 2.6.4 Lập biểu đồ histogram.....	29
Hình 2.7 Cơ Sở Dữ Liệu dự án	30
Hình 3.1.1.1 Sơ đồ hệ thống quy trình hoạt động dự án	33
Hình 3.1.1.2 Mô hình kết nối Rfid Rc522.....	34
Hình 3.2.1.1 Mô hình kết nối DFplaymini Arduino	35
Hình 3.2.1.2 Mô hình kết nối Rfid Rc522.....	36
Hình 3.2.1.3 Mô hình được kết nối hoàn thành	36
Hình 3.2.2.1 Các thư viện cần thiết.....	37
Hình 3.2.2.2 Chức năng Login bằng khuôn mặt	38
Hình 3.2.2.3 Thông báo không tìm người	38
Hình 3.2.2.4 trang chủ ứng dụng.....	40
Hình 3.2.2.5 Bảng Nhập thông tin người dùng	40
Hình 3.2.2.6 Thông Báo Quẹt Thẻ.....	41
Hình 3.2.2.7 Camera được mở khi nhấn thêm	42
Hình 3.2.2.8 Hình ảnh được lưu vào trong thư mục	42
Hình 3.2.2.9 Hình nút training	43
Hình 3.2.2.10 Camera an ninh hiển thị thông tin	43

Hình 3.2.3.12 Chụp hình no face	44
Hình 3.2.3.12 Nút điểm danh	44
Hình 3.2.2.13 Hiện thị thông tin người quét	45
Hình 3.2.3.14 Danh sách điểm danh	46
Hình 3.2.3.15 Lưu thông tin vào Excel	46
Hình 3.2.2.16 Lưu hình ảnh người lạ vào thư mục	47
Hình 3.2.3.17 ChatBox tự động nhắn và hỗ trợ	47

DANH MỤC BẢNG

Bảng 2.3.6 Bảng so sánh chi tiết giữa hai thuật toán LBPH và LBP	20
Bảng 2.3.7 Bảng so sánh các thuật toán khác	21
Bảng 2.5 Bảng giá trị LBPH kích thước 3×3	26

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN	1
DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT.....	1
DANH MỤC HÌNH	2
DANH MỤC BẢNG	4
MỤC LỤC.....	5
LỜI MỞ ĐẦU	7
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN.....	8
1.1 GIỚI THIỆU	8
1.2 MỤC TIÊU ĐỀ TÀI.....	8
1.3 GIỚI HẠN ĐỀ TÀI.....	9
1.4 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU	9
1.5 ĐỐI TƯỢNG VÀ PHẠM VI NGHIÊN CỨU	9
1.6 NHIỆM VỤ ĐỒ ÁN	10
1.6.1 Tính cấp thiết và lý do hình thành đề tài	10
1.6.2 Ý nghĩa khoa học và thực tiễn.....	10
1.6.3 Mục tiêu nghiên cứu.....	11
1.7 CẤU TRÚC ĐỒ ÁN	11
CHƯƠNG 2: CƠ SỞ LÝ THUYẾT	12
2.1 TỔNG QUAN VỀ IOT	12
2.1.1 Khái niệm IoT	12
2.1.2 Lịch sử của IoT	12
2.1.3 Cấu trúc của IoT.....	12
2.1.4 Ứng dụng của IoT	13
2.2 CÁC THIẾT BỊ CỦA IOT TRONG ĐỒ ÁN	13
2.2.1 Mạch Arduino.....	13
2.2.2 Mạch RFID RC522 NFC 13.56Mhz	14
2.2.3 Thẻ Từ RFID	15
2.2.4 DFPlayer Mini.....	15
2.3 TỔNG QUAN VỀ MẪU NHỊ PHÂN CỤC BỘ (LBPH)	15
2.3.1 Giới Thiệu Về LBPH.....	15
2.3.2 Khái niệm LBPH.....	16
2.3.3 Lịch sử của LBPH.....	18
2.3.4 Những đóng góp của LBPH	19
2.3.5 Cách LBPH hoạt động để đo độ tương phản cục bộ của ảnh.....	19
2.3.6 Điểm Khác Nhau Giữa LBP và LBPH.....	20
2.3.7 So Sánh Thuật Toán Khác LBPH (Fisherfaces ,Eigenfaces,hoặc Deep Learning-based methods).....	21
2.3.8 Cách áp dụng LBP để rút trích đặc trưng nhận diện khuôn mặt	22
2.4 KẾT HỢP THUẬT TOÁN LBPH VỚI IOT	23
2.4.1 Cấu trúc hệ thống	23
2.4.2 Mô hình kết nối	24
2.5 XÂY DỰNG HISTOGRAM TRONG LBPH	25
2.6 HOẠT ĐỘNG CỦA THUẬT TOÁN LBPH.....	27

2.7 CÁC BƯỚC TÍNH TOÁN THUẬT TOÁN LBPH	29
2.8 ỨNG DỤNG MÔ HÌNH LBPH NHẬN DIỆN KHUÔN MẶT.....	30
2.9 QUY TRÌNH HUẤN LUYỆN MÔ HÌNH LBPH	31
2.10 ỨNG DỤNG VÀO THỰC TẾ	32
CHƯƠNG 3: THỰC NGHIỆM	33
3.1 CÁC BƯỚC CHUẨN BỊ.....	33
3.1.1 Cài đặt các phần mềm cho dự án.....	33
3.1.2 Xác định yêu cầu mục tiêu dự án	34
3.2 THỰC HIỆN LẬP TRÌNH.....	35
3.2.1 Triển khai mô hình IOT	35
3.2.2 Các bước xử lý	37
CHƯƠNG 4: KẾT LUẬN.....	48
4.1 TÓM TẮT ĐỒ ÁN.....	48
4.2 KẾT QUẢ	48
4.3 NHẬN XÉT VÀ ĐÁNH GIÁ	48
4.4 HƯỚNG PHÁT TRIỂN	48
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	50

LỜI MỞ ĐẦU

Trong thế kỷ 21 hiện nay, việc xác thực danh tính và bảo mật đã trở thành một ưu tiên hàng đầu, đặc biệt trong môi trường kỹ thuật số ngày càng phát triển. Với sự gia tăng đáng kể trong việc sử dụng các thiết bị di động và dịch vụ trực tuyến, chúng ta đang cần phải tìm ra các phương thức xác thực an toàn, hiệu quả và thuận tiện hơn bao giờ hết.

Trong bối cảnh này, công nghệ nhận diện khuôn mặt đã trở thành một trong những cách phổ biến nhất để đảm bảo tính bảo mật và xác thực cá nhân. Chúng ta không còn phải nhớ mật khẩu dài và phức tạp hay mang theo thẻ thông minh khi chúng ta có thể sử dụng chính khuôn mặt của mình để truy cập thiết bị và dịch vụ.

Để hiểu sâu hơn về cách công nghệ này hoạt động và tại sao nó ngày càng trở nên phổ biến trong cuộc sống hàng ngày của chúng ta, chúng ta sẽ bắt đầu hành trình khám phá đề tài "Tìm hiểu về nhận diện khuôn mặt". Trong bài viết này, chúng ta sẽ thảo luận về các khía cạnh cơ bản của công nghệ nhận diện dấu vân tay, từ cách thu thập khuôn mặt đến việc sử dụng trí tuệ nhân tạo để thực hiện quá trình này.

Chúng ta sẽ cùng nhau tìm hiểu về tầm quan trọng và ứng dụng thực tiễn của nhận diện khuôn mặt trong cuộc sống hiện đại, và làm thế nào nó đã làm thay đổi cách chúng ta tương tác với công nghệ và bảo vệ thông tin cá nhân.

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

1.1 GIỚI THIỆU

Trong những năm gần đây, công nghệ nhận dạng khuôn mặt đã có những bước tiến vượt bậc và được áp dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực, từ an ninh đến dịch vụ khách hàng. Sự phổ biến của công nghệ này đã mở ra nhiều cơ hội để cải thiện quy trình quản lý và điều hành trong các sự kiện quan trọng. Việc áp dụng công nghệ nhận dạng khuôn mặt vào các sự kiện như lễ tốt nghiệp không chỉ tăng cường tính an toàn mà còn nâng cao hiệu quả tổ chức, đồng thời mang lại trải nghiệm thuận tiện hơn cho người tham dự. Đề tài “Hỗ trợ lễ tốt nghiệp sử dụng nhận dạng khuôn mặt bằng trích xuất đặc trưng LBPH kết hợp thẻ từ” được lựa chọn nhằm khai thác tiềm năng của công nghệ nhận dạng khuôn mặt trong việc quản lý và điều hành sự kiện lễ tốt nghiệp một cách hiệu quả và an toàn. Sự kết hợp giữa phương pháp trích xuất đặc trưng LBPH và công nghệ thẻ từ sẽ giúp tối ưu hóa quá trình nhận diện, đảm bảo độ chính xác cao và bảo mật thông tin, từ đó góp phần vào thành công của sự kiện.

1.2 MỤC TIÊU ĐỀ TÀI

Mục tiêu của đề tài này là phát triển một hệ thống nhận dạng khuôn mặt có khả năng:

Tự động xác thực danh tính của sinh viên và khách mời tham dự lễ tốt nghiệp thông qua phương pháp trích xuất đặc trưng LBPH, giúp giảm thiểu thời gian chờ đợi và tăng cường bảo mật.

Kết hợp sử dụng thẻ từ để cung cấp một lớp bảo mật thứ hai, đảm bảo chỉ những người có thẻ từ hợp lệ mới có thể truy cập vào khu vực tổ chức lễ tốt nghiệp.

Tạo ra các báo cáo tự động về sự tham gia và sự vắng mặt của sinh viên và khách mời, giúp ban tổ chức có thể dễ dàng theo dõi và quản lý sự kiện.

1.3 GIỚI HẠN ĐỀ TÀI

Hệ thống được nghiên cứu và phát triển trong đề tài này có khả năng ứng dụng rộng rãi trong các trường học, đại học nơi có tổ chức lễ tốt nghiệp hàng năm. Ngoài ra, công nghệ và phương pháp được phát triển có thể được mở rộng và áp dụng cho các sự kiện lớn khác như hội nghị, hội thảo, và các sự kiện có yêu cầu cao về an ninh và quản lý người tham gia.

Thông qua việc nghiên cứu và phát triển đề tài này, chúng ta không chỉ tận dụng được lợi ích của công nghệ nhận dạng khuôn mặt và thẻ từ trong việc quản lý sự kiện mà còn có thể đóng góp vào việc nâng cao chất lượng và hiệu quả của công tác tổ chức sự kiện trong môi trường giáo dục và ngoài giáo dục.

1.4 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Để đạt được mục tiêu đã đề ra, đề án sẽ sử dụng các phương pháp nghiên cứu sau:

Nghiên cứu thứ cấp: Thu thập và phân tích dữ liệu từ các nghiên cứu, báo cáo và tài liệu đã công bố liên quan đến công nghệ nhận dạng khuôn mặt và ứng dụng của thẻ từ trong quản lý sự kiện.

Phát triển và thử nghiệm mô hình: Xây dựng mô hình nhận dạng khuôn mặt dựa trên phương pháp trích xuất đặc trưng LPPH và tích hợp hệ thống thẻ từ. Thử nghiệm mô hình trong môi trường kiểm soát để đánh giá hiệu quả và độ chính xác.

Phân tích và điều chỉnh: Dựa trên kết quả thử nghiệm, tiến hành điều chỉnh và cải tiến mô hình để tối ưu hóa hiệu quả sử dụng trong thực tế.

Triển khai thực tế: Áp dụng hệ thống đã được cải tiến trong một sự kiện lễ tốt nghiệp thực tế để kiểm nghiệm khả năng áp dụng và hiệu quả của hệ thống.

1.5 ĐỐI TƯỢNG VÀ PHẠM VI NGHIÊN CỨU

Đối tượng nghiên cứu: Sinh viên, giáo viên và khách mời tham gia vào lễ tốt nghiệp tại các trường đại học.

Phạm vi nghiên cứu: Nghiên cứu sẽ được thực hiện tại một số trường đại học đã được chọn để triển khai thử nghiệm hệ thống nhận dạng khuôn mặt kết hợp thẻ từ. Các kết quả thu được sẽ được phân tích để đánh giá khả năng ứng dụng của hệ thống trong các môi trường tương tự.

1.6 NHIỆM VỤ ĐỒ ÁN

1.6.1 Tính cấp thiết và lý do hình thành đề tài

Trong những năm gần đây, công nghệ nhận dạng khuôn mặt đang phát triển nhanh chóng và được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực, như: kiểm soát truy cập, giám sát video, tìm kiếm... Tuy nhiên, các phương pháp nhận dạng khuôn mặt hiện nay vẫn còn tồn tại một số hạn chế, chẳng hạn như khả năng nhận diện kém trong điều kiện ánh sáng yếu, trong trường hợp khuôn mặt bị che khuất... Với mục đích khắc phục những hạn chế này, việc nghiên cứu cải tiến phương pháp nhận diện khuôn mặt bằng LBPH là một hướng nghiên cứu quan trọng và cấp thiết.

1.6.2 Ý nghĩa khoa học và thực tiễn

Ý nghĩa khoa học:

Góp phần vào sự phát triển của lĩnh vực nhận dạng khuôn mặt, đặc biệt là trong việc áp dụng phương pháp LPPH để nâng cao độ chính xác và hiệu suất của hệ thống nhận dạng.

Mở ra hướng nghiên cứu mới về việc kết hợp giữa nhận dạng khuôn mặt và các công nghệ bảo mật khác như thẻ từ, từ đó tạo ra các giải pháp tích hợp an toàn và hiệu quả hơn.

Ý nghĩa thực tiễn:

Cải thiện quy trình quản lý và điều hành các sự kiện lớn, đặc biệt là lễ tốt nghiệp, giúp tăng cường tính an toàn và hiệu quả tổ chức.

Mang lại trải nghiệm thuận tiện và an toàn hơn cho người tham dự, giảm thiểu thời gian chờ đợi và các thủ tục kiểm tra thủ công.

Đáp ứng nhu cầu thực tế của các trường học và tổ chức trong việc quản lý sự kiện một cách hiện đại và chuyên nghiệp.

1.6.3 Mục tiêu nghiên cứu

Mục tiêu nghiên cứu của đề án là:

- + Nghiên cứu các phương pháp cải tiến phương pháp nhận diện khuôn mặt bằng LBPH.
- + Xây dựng mô hình nhận diện khuôn mặt bằng LBPH cải tiến.
- + Đánh giá hiệu quả của mô hình nhận diện khuôn mặt bằng LBPH cải tiến.

1.7 CẤU TRÚC ĐỀ ÁN

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN: Giới thiệu ngắn gọn về đề tài, nêu tóm tắt những lý thuyết, nghiên cứu trước đây có liên quan đến đề tài.

CHƯƠNG 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT: Trình bày các khái niệm và phương pháp giải quyết vấn đề của tác giả bao gồm mô tả các công nghệ, hệ thống, các ràng buộc hoặc các giải pháp mới, những mô hình toán, lý giải xây dựng mô hình, ...

CHƯƠNG 3. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM: Mô tả công việc thực nghiệm đề tài đã tiến hành, các kết quả nghiên cứu lý thuyết, kết quả thực nghiệm đạt được. Đối với các đề tài ứng dụng có kết quả là sản phẩm phần mềm phải có hồ sơ thiết kế, cài đặt, giao diện... theo một trong các mô hình đã học (UML, ...).

CHƯƠNG 4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ: Nêu những kết luận chung, khẳng định những kết quả đạt được, những đóng góp, đề xuất mới và kiến nghị (nếu có)

CHƯƠNG 2: CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1 TỔNG QUAN VỀ IOT

2.1.1 Khái niệm IoT

Internet of Things (IoT) là một hệ thống mạng lưới các thiết bị kết nối với nhau qua Internet, cho phép chúng thu thập và trao đổi dữ liệu. Các thiết bị này có thể là bất kỳ thứ gì từ các thiết bị điện tử, cảm biến, máy móc, đến các hệ thống nhà thông minh, xe tự lái và thậm chí cả các thiết bị đeo tay.

2.1.2 Lịch sử của IoT

Ý tưởng thêm cảm biến vào các vật bình thường đã được thảo luận từ những năm 1980 và 1990, nhưng công nghệ chưa sẵn sàng: chip quá lớn và không có cách giao tiếp hiệu quả. Sự ra đời của RFID, Internet băng thông rộng, mạng di động, và IPv6 đã mở đường cho IoT. Kevin Ashton giới thiệu cụm từ "Internet of Things" năm 1999, và phải mất một thập kỷ để công nghệ này phát triển. Ban đầu, IoT chủ yếu phục vụ kinh doanh và sản xuất (Machine to Machine - M2M), nhưng giờ đây, nó đang lan rộng vào mọi ngõ ngách với các thiết bị thông minh. Chi phí cảm biến và kết nối Internet đang giảm, hứa hẹn mọi thứ đều có thể kết nối với Internet trong tương lai.

2.1.3 Cấu trúc của IoT

IoT bao gồm bốn thành phần chính:

- **Thiết Bị (Devices):** Các thiết bị có thể cảm biến hoặc kích hoạt, có khả năng thu thập dữ liệu từ môi trường hoặc thực hiện các hành động cụ thể.
- **Kết Nối (Connectivity):** Các thiết bị này kết nối với nhau và với mạng thông qua các giao thức khác nhau như Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, hoặc mạng di động.
- **Xử Lý Dữ Liệu (Data Processing):** Dữ liệu được thu thập từ các thiết bị sẽ được xử lý và phân tích để tạo ra thông tin hữu ích.
- **Giao Diện Người Dùng (User Interface):** Các thông tin và dữ liệu đã xử lý sẽ được hiển thị qua các ứng dụng hoặc nền tảng, cho phép người dùng tương tác và điều khiển các thiết bị.

2.1.4 Ứng dụng của IoT

IoT có nhiều ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau:

- Nhà Thông Minh: Các thiết bị gia dụng như đèn, máy lạnh, tủ lạnh, và hệ thống an ninh có thể được điều khiển và giám sát từ xa.
- Y Tế: Các thiết bị y tế đeo tay có thể theo dõi sức khỏe và gửi dữ liệu đến bác sĩ.
- Giao Thông: Xe tự lái và hệ thống quản lý giao thông thông minh giúp cải thiện an toàn và hiệu quả.
- Nông Nghiệp: Các cảm biến có thể giám sát điều kiện đất đai và môi trường để tối ưu hóa sản xuất nông nghiệp.
- Công Nghiệp: Các hệ thống IoT trong nhà máy giúp giám sát và điều khiển quy trình sản xuất, tối ưu hóa năng suất và giảm thiểu sự cố.

2.2 CÁC THIẾT BỊ CỦA IOT TRONG ĐỒ ÁN

2.2.1 Mạch Arduino

Arduino là nền tảng mã nguồn mở dùng để xây dựng các dự án điện tử, bao gồm phần cứng (bo mạch Arduino) và phần mềm (Arduino IDE). Các bo mạch như Arduino Uno, Mega, và Nano sử dụng vi điều khiển để điều khiển thiết bị ngoại vi qua các cổng kết nối số và analog. Arduino IDE hỗ trợ lập trình dễ dàng bằng ngôn ngữ dựa trên C/C++. Arduino được ứng dụng rộng rãi trong nhà thông minh, robot, IoT, và thí nghiệm, nhờ dễ sử dụng, linh hoạt và có cộng đồng hỗ trợ lớn. Tuy nhiên, hiệu suất và kích thước của nó có giới hạn, không phù hợp cho các ứng dụng yêu cầu cao.

Mạch Arduino Uno R3 hiện nay đã phần được sản xuất tại trung quốc với các thông số kỹ thuật trên mạch như là:

GND (Ground): cực âm của nguồn điện cấp cho Arduino UNO. Khi bạn dùng các thiết bị sử dụng những nguồn điện riêng biệt thì những chân này phải được nối với nhau.

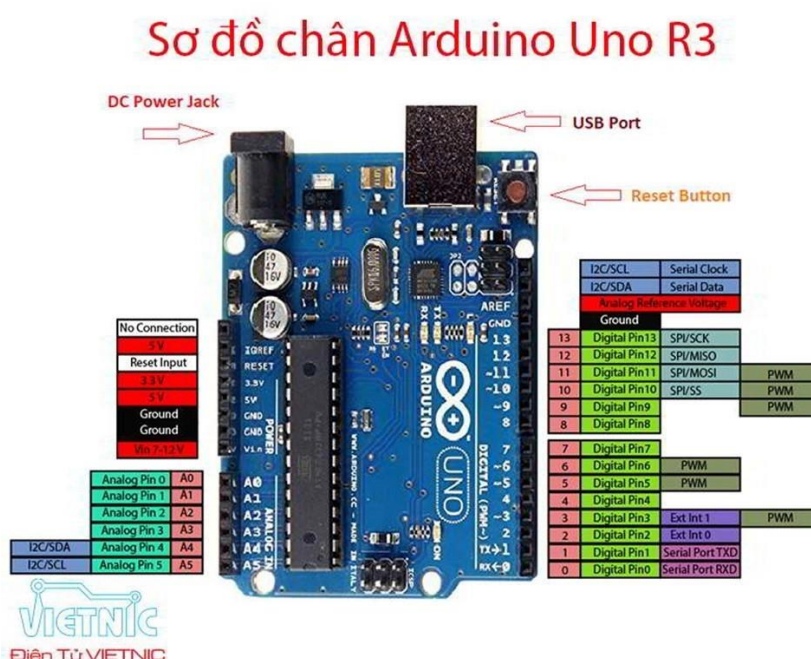
5V: cấp điện áp 5V đầu ra. Dòng tối đa cho phép ở chân này là 500mA.

3.3V: cấp điện áp 3.3V đầu ra. Dòng tối đa cho phép ở chân này là 50mA.

Vin (Voltage Input): để cấp nguồn ngoài cho Arduino UNO, bạn nối cực dương của nguồn với chân này và cực âm của nguồn với chân GND.

IOREF: điện áp hoạt động của vi điều khiển trên Arduino UNO có thể được đo ở chân này. Và dĩ nhiên nó luôn là 5V. Mặc dù vậy bạn không được lấy nguồn 5V từ chân này để sử dụng bởi chức năng của nó không phải là cấp nguồn.

RESET: việc nhấn nút Reset trên board để reset vi điều khiển tương đương với việc chân RESET được nối với GND qua 1 điện trở 10KΩ.



Hình 2.2.1 Sơ đồ chân Arduino Uno R3

(Nguồn: <https://www.vietnic.vn/gioi-thieu-ve-arduino-va-ung-dung-arduino>)

2.2.2 Mạch RFID RC522 NFC 13.56Mhz

Mạch RFID RC522 là một module dùng để đọc và ghi dữ liệu trên các thẻ RFID, hoạt động ở tần số 13.56 MHz và giao tiếp qua SPI. Nó thường được sử dụng trong kiểm soát ra vào, theo dõi hàng hóa, hệ thống thanh toán không tiếp xúc và các dự án DIY. Module này dễ sử dụng, chi phí thấp và có tài liệu hỗ trợ phong phú. Tuy

nhiên, nó có khoảng cách đọc giới hạn (tối đa 5 cm) và cần bảo mật tốt để tránh mất mát dữ liệu.

2.2.3 Thẻ Từ RFID

RFID (Radio-Frequency Identification) là công nghệ sử dụng sóng radio để tự động nhận dạng và theo dõi các đối tượng. Hệ thống RFID bao gồm thẻ RFID (tag), đầu đọc RFID (reader) và hệ thống xử lý dữ liệu. Thẻ RFID có hai loại chính: thụ động (nhận năng lượng từ đầu đọc) và chủ động (có pin riêng). Đầu đọc RFID phát sóng radio và nhận tín hiệu từ thẻ, kết nối với hệ thống xử lý để quản lý dữ liệu. RFID được ứng dụng rộng rãi trong quản lý kho hàng, kiểm soát ra vào, chống hàng giả, theo dõi động vật, và giao thông vận tải. Lợi ích của RFID bao gồm tốc độ và hiệu quả cao, bảo mật tốt, và khả năng quản lý vượt trội, nhưng cũng đối mặt với thách thức về chi phí, bảo mật dữ liệu, và tương thích giữa các thiết bị. RFID tiếp tục phát triển và mang lại các giải pháp tiên tiến cho nhiều ngành công nghiệp.

2.2.4 DFPlayer Mini

DFPlayer Mini là module phát nhạc MP3 nhỏ gọn, giá rẻ, thường dùng trong các dự án DIY và hệ thống âm thanh nhúng. Nó phát nhạc từ thẻ microSD hoặc USB và điều khiển qua UART hoặc phím bấm, phù hợp cho hệ thống âm thanh, đồ chơi, và thiết bị thông báo. Loa, thiết bị chuyển tín hiệu điện thành âm thanh, thường được kết nối với DFPlayer Mini để phát nhạc. Với công suất từ 0.5W đến 3W và trở kháng 4 ohm hoặc 8 ohm, loa được sử dụng trong các hệ thống âm thanh nhỏ gọn, thiết bị điện tử, và dự án DIY, tạo ra giải pháp âm thanh dễ dàng và hiệu quả.

2.3 TỔNG QUAN VỀ MẪU NHỊ PHÂN CỤC BỘ (LBPH)

2.3.1 Giới Thiệu Về LBPH

Giống với LBP đối với thuật toán LBPH (Local Binary Pattern Histogram) là một kỹ thuật nhận dạng khuôn mặt dựa trên việc phân tích các đặc trưng cục bộ của khuôn mặt. Kỹ thuật này hoạt động bằng cách chia khuôn mặt thành các vùng nhỏ, sau

đó tính toán các đặc trưng cục bộ cho từng vùng. Các đặc trưng cục bộ này được biểu diễn dưới dạng một tập hợp các giá trị nhị phân, được gọi là histogram.

LBPH được phát triển bởi Ahonen, Hadid và Pietikainen vào năm 2002. Tên gọi "Local Binary Patterns Histogram" được hình thành từ ba khái niệm chính của thuật toán này:

Local: Đây là thuật ngữ chỉ rằng thuật toán sử dụng thông tin từ một vùng nhỏ của bức ảnh để xác định khuôn mặt.

Binary: Thuật toán sử dụng giá trị nhị phân (0 và 1) để biểu diễn các điểm ảnh trong vùng xét.

Patterns: Các mẫu nhị phân này được sử dụng để tạo ra các đặc trưng độc đáo cho từng khuôn mặt.

Histogram: Mẫu các đặc trưng cục bộ được biểu diễn dưới dạng một tập hợp các giá trị nhị phân, được gọi là histogram. Histogram giúp cho việc so sánh các khuôn mặt trở nên dễ dàng và hiệu quả hơn.

Với cách tiếp cận này, LBPH có thể xác định và nhận dạng khuôn mặt dựa trên các đặc trưng độc đáo của chúng, giúp thuật toán hoạt động hiệu quả và chính xác.

2.3.2 Khái niệm LBPH

Thuật toán LBPH là sự kết hợp giữa Mô hình nhị phân cục bộ (LBP) và biểu đồ độ dốc định hướng (HOG), được sử dụng để thay đổi hiệu suất của kết quả nhận dạng khuôn mặt chính xác hơn. LBPH nổi tiếng về hiệu suất và độ chính xác, có thể nhận diện khuôn mặt của một người từ cả phía trước và phía bên.

Ngoài ra Trong LBPH, bất biến với phép quay và bất biến với phép chiếu sang là hai tính chất quan trọng giúp cho mô hình có thể nhận dạng khuôn mặt ở các góc độ và điều kiện ánh sáng khác nhau.

Bất biến với phép quay: Trong phép quay, khuôn mặt sẽ bị xoay một góc nhất định. Nếu mô hình không có tính chất bất biến với phép quay, thì khi khuôn mặt bị xoay, mô hình sẽ không thể nhận dạng được khuôn mặt đó. Để đạt được tính chất bất biến với phép quay, mô hình LBPH sử dụng các hàm trích xuất đặc trưng (feature extraction functions) có tính chất bất biến với phép quay. Một số hàm trích xuất đặc trưng thường được sử dụng trong LBPH là:

- Hàm trích xuất đặc trưng dựa trên histogram: Hàm này tính toán histogram của các pixel trong vùng khuôn mặt. Histogram của một hình ảnh là một biểu đồ mô tả phân bố của các giá trị pixel trong hình ảnh đó.
- Hàm trích xuất đặc trưng dựa trên Gabor filter: Hàm này sử dụng các bộ lọc Gabor để trích xuất các đặc trưng từ vùng khuôn mặt. Bộ lọc Gabor là một loại bộ lọc nhiễu có thể được sử dụng để lọc các đặc trưng có tần số và hướng nhất định.

Bất biến với phép chiếu sáng: Giả sử một giá trị của một bức ảnh những mà cùng bức ảnh đây mà chuyển sang không gian khác giá trị bức ảnh pixel thay đổi nhưng kết cấu của ảnh sẽ không thay đổi, LBP được kết cấu với đối tượng nhưng sẽ không làm tăng tỉ lệ của đối tượng gọi cách khác là Từ Chối Sai (FRR) Trong một số trường hợp nếu chụp cùng một người nhanh ở trạng thái khác thì bình thường nó sẽ từ chối nhận giống vì vậy việc sử dụng LBP sẽ giúp chúng ta tránh được nếu sử dụng nhị phân cục bộ (giúp nhận dạng đúng đối Tượng)

Trong phép chiếu sáng, khuôn mặt sẽ bị thay đổi độ sáng do sự thay đổi của ánh sáng. Nếu mô hình không có tính chất bất biến với phép chiếu sáng, thì khi khuôn mặt bị chiếu sáng, mô hình sẽ không thể nhận dạng được khuôn mặt đó. Để đạt được tính chất bất biến với phép chiếu sáng, mô hình LBPH sử dụng các hàm chuẩn hóa (normalization functions) để điều chỉnh độ sáng của khuôn mặt. Một số hàm chuẩn hóa thường được sử dụng trong LBPH là:

Hàm bình thường hóa theo độ trung bình: Hàm này lấy giá trị trung bình của các pixel trong vùng khuôn mặt và sử dụng giá trị này để điều chỉnh độ sáng của khuôn mặt.

Hàm bình thường hóa theo độ lệch chuẩn: Hàm này lấy độ lệch chuẩn của các pixel trong vùng khuôn mặt và sử dụng độ lệch chuẩn này để điều chỉnh độ sáng của khuôn mặt.

Tính chất bất biến với phép quay và phép chiếu sáng giúp cho mô hình LBPH có thể nhận dạng khuôn mặt ở các góc độ và điều kiện ánh sáng khác nhau. Đây là hai tính chất quan trọng giúp cho mô hình LBPH được sử dụng rộng rãi trong các ứng dụng nhận dạng khuôn mặt.

2.3.3 Lịch sử của LBPH

Giai đoạn đầu (1994 - 2005) Giai đoạn đầu của LBP bắt đầu với việc giới thiệu thuật toán LBP bởi Ojala và cộng sự vào năm 1994. LBP là một kỹ thuật trích xuất đặc trưng dựa trên histogram. LBP sử dụng một tập hợp các điểm xung quanh (neighborhood) để tính toán một giá trị cho mỗi pixel trong hình ảnh. Giá trị này được gọi là giá trị LBP.

Trong giai đoạn này, LBP chủ yếu được sử dụng trong các ứng dụng nhận dạng vật thể. Giai đoạn phát triển (2005 - 2010) Giai đoạn phát triển của LBP bắt đầu với việc giới thiệu một số biến thể của LBP, chẳng hạn như:

LBP rotation invariant (LBP-r): Biến thể này giúp cho LBP có tính chất bất biến với phép quay.

LBP scale invariant (LBP-s): Biến thể này giúp cho LBP có tính chất bất biến với phép thay đổi kích thước.

Trong giai đoạn này, LBP bắt đầu được sử dụng rộng rãi trong các ứng dụng nhận dạng khuôn mặt.

Giai đoạn hiện đại (2010 - nay) Giai đoạn hiện đại của LBP bắt đầu với việc giới thiệu một số kỹ thuật mới để cải thiện hiệu quả của LBP, chẳng hạn như:

LBP multilevel: Biến thể này sử dụng nhiều cấp độ LBP để tăng độ chính xác của nhận dạng.

LBP local binary pattern histogram (LBPH): Biến thể này sử dụng histogram của các giá trị LBP để biểu diễn khuôn mặt.

Trong giai đoạn này, LBP tiếp tục được cải tiến và được sử dụng rộng rãi trong nhiều ứng dụng, bao gồm nhận dạng khuôn mặt, nhận dạng vật thể, và phân tích hình ảnh.

Dưới đây là một số cột mốc quan trọng trong lịch sử của LBP:

Năm 1994: Ojala và cộng sự giới thiệu thuật toán LBP.

Năm 2002: Heikkila và cộng sự giới thiệu biến thể LBP-r.

Năm 2004: Ahonen và cộng sự giới thiệu biến thể LBP-s.

Năm 2006: Heusch và cộng sự giới thiệu biến thể LBP multilevel.

Năm 2007: Ahonen và cộng sự giới thiệu biến thể LBPH.

2.3.4 Những đóng góp của LBPH

LBPH đã đóng góp những giá trị quan trọng cho lĩnh vực xử lý ảnh và trí tuệ nhân tạo. LBPH có những ưu điểm nổi bật như sau: Đơn giản, hiệu quả: LBPH là một kỹ thuật đơn giản, dễ triển khai và có hiệu quả cao. Chống nhiễu tốt: LBPH có khả năng chống nhiễu tốt, do đó có thể được sử dụng trong các môi trường có nhiễu. Có thể áp dụng cho nhiều loại hình ảnh khác nhau: LBPH có thể được áp dụng cho nhiều loại hình ảnh khác nhau, bao gồm ảnh xám, ảnh màu, ảnh đa kênh...

2.3.5 Cách LBPH hoạt động để đo độ tương phản cục bộ của ảnh

LBPH (Local Binary Pattern Histogram) là một kỹ thuật trích xuất đặc trưng dựa trên histogram. LBPH sử dụng một tập hợp các điểm xung quanh (neighborhood) để tính toán một giá trị cho mỗi pixel trong hình ảnh. Giá trị này được gọi là giá trị LBP.

Để đo độ tương phản cục bộ của ảnh bằng LBPH, chúng ta cần thực hiện các bước sau:

1. Chọn một tập hợp các điểm xung quanh có kích thước 3x3.
2. So sánh giá trị của pixel trung tâm với giá trị của các pixel xung quanh.
3. Nếu giá trị của pixel trung tâm lớn hơn giá trị của một pixel xung quanh, thì gán giá trị 1 cho pixel trung tâm. Nếu giá trị của pixel trung tâm nhỏ hơn giá trị của một pixel xung quanh, thì gán giá trị 0 cho pixel trung tâm.
4. Lặp lại bước 2 và 3 cho tất cả các pixel trong hình ảnh.
5. Tính histogram của các giá trị LBP.

Histogram của các giá trị LBP là một biểu đồ mô tả phân bố của các giá trị LBP trong hình ảnh. Độ tương phản cục bộ của ảnh có thể được ước lượng bằng cách phân tích histogram của các giá trị LBP.

Ví dụ, nếu một pixel trung tâm có giá trị lớn hơn tất cả các pixel xung quanh, thì giá trị LBP của pixel đó sẽ là 111. Giá trị này cho thấy pixel trung tâm có độ tương phản cao so với các pixel xung quanh. Ngược lại, nếu một pixel trung tâm có giá trị nhỏ hơn tất cả các pixel xung quanh, thì giá trị LBP của pixel đó sẽ là 000. Giá trị này

cho thấy pixel trung tâm có độ tương phản thấp so với các pixel xung quanh. LBP là một kỹ thuật trích xuất đặc trưng hiệu quả để đo độ tương phản cục bộ của ảnh. LBPH có thể được sử dụng trong nhiều ứng dụng, bao gồm nhận dạng khuôn mặt, nhận dạng vật thể, và phân tích hình ảnh.

2.3.6 Điểm Khác Nhau Giữa LBP và LBPH

Thuật toán LBPH là một trong những biến thể được cải tiến của LBP nói cách khác là phiên bản cải tiến, trong đó LBPH cải tiến việc tính toán như Thuật toán LBP sử dụng một hàm chuyển đổi để biến đổi các giá trị nhị phân của LBP thành các giá trị nhị phân mới. Điều này làm cho thuật toán LBPH có khả năng biểu diễn các đặc trưng cục bộ của hình ảnh một cách chính xác hơn. Ngoài ra giúp LBPH sử dụng các đặc trưng có kích thước 3x3, trong khi thuật toán LBP có thể sử dụng các đặc trưng có kích thước khác nhau, tùy thuộc vào ứng dụng cụ thể. Đặc biệt Khả năng chống nhiễu: Thuật toán LBPH có khả năng chống nhiễu tốt hơn thuật toán LBP. Điều này là do thuật toán LBPH sử dụng hàm chuyển đổi để biến đổi các giá trị nhị phân của LBP

Đặc điểm	LBPH	LBP
Cách tính	Sử dụng hàm chuyển đổi	Không sử dụng hàm chuyển đổi
Kích thước đặc trưng	3x3	Có thể thay đổi
Khả năng chống nhiễu	Tốt	Kém
Độ chính xác	Cao	Trung bình
Mức tiêu thụ tài nguyên	Cao	Thấp

Bảng 2.3.6 So sánh chi tiết giữa hai thuật toán LBPH và LBP

(Nguồn:)

Thông qua những thông tin số liệu của bảng trên ta có một số kết luận những nhìn chung, thì cách hoạt động của hai thuật toán là khá giống nhau nhưng đối với

thuật toán LBPH là một thuật toán nhận dạng hình ảnh có độ chính xác cao và khả năng chống nhiễu tốt. Tuy nhiên, thuật toán này có mức tiêu thụ tài nguyên cao hơn thuật toán LBP.

2.3.7 So Sánh Thuật Toán Khác LBPH (Fisherfaces ,Eigenfaces, hoặc Deep Learning- based methods)

	Đặc điểm	Ưu điểm	Nhược điểm
LBPH	<p>Sử dụng biểu diễn histogram của các mẫu nhị phân cục bộ trong ảnh.</p> <p>Đặc biệt hiệu quả với dữ liệu cỡ nhỏ và không đồng nhất.</p>	<p>Đơn giản, dễ triển khai, và hiệu quả đối với ảnh có kích thước nhỏ.</p> <p>Khả năng xử lý tốt trong điều kiện ánh sáng thay đổi và biến đổi góc nhìn.</p>	<p>Hiệu suất có thể giảm khi ảnh có kích thước đối tượng thay đổi đáng kể.</p> <p>Khả năng biểu diễn đặc trưng không mạnh mẽ như các phương pháp Deep Learning-based.</p>
Fisherfaces và Eigenfaces	<p>Fisherfaces và Eigenfaces là hai phương pháp cổ điển trong nhận diện khuôn mặt sử dụng phương pháp phân tích thành</p>	<p>Hiệu suất tốt đối với ảnh với kích thước đối tượng cố định trong điều kiện ánh sáng đồng đều.</p> <p>Dễ triển khai và</p>	<p>Nhạy cảm với biến đổi ánh sáng và góc nhìn.</p> <p>Yêu cầu số lượng lớn dữ liệu huấn luyện để có</p>

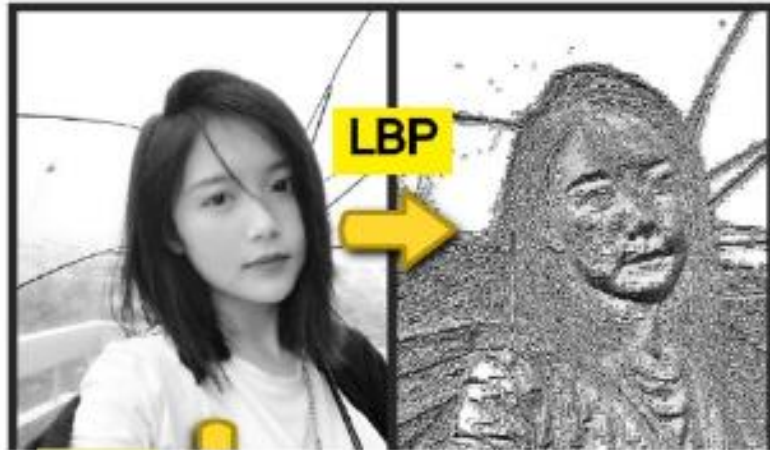
	phân chính (PCA). Sử dụng toàn bộ bức ảnh để tạo ra không gian đặc trưng.	hiệu.	hiệu suất tốt.
Deep Learning- based methods	Sử dụng các kiến trúc mạng nơ-ron sâu để học đặc trưng từ dữ liệu. Các mô hình như Convolutional Neural Networks (CNNs) thường được sử dụng trong các ứng dụng nhận diện đối tượng.	Hiệu suất tốt trên các tập dữ liệu lớn và đa dạng. Có khả năng học các đặc trưng phức tạp mà các phương pháp truyền thống khó có thể làm được.	Yêu cầu tài nguyên tính toán cao và số lượng lớn dữ liệu huấn luyện. Cần phải được huấn luyện trên cả nền tảng tính toán hiệu quả và mạnh mẽ.

Bảng 2.3.7 Bảng so sánh các thuật toán khác

2.3.8 Cách áp dụng LBP để rút trích đặt trưng nhận diện khuôn mặt

Chuyển hình ảnh khuôn mặt sang thang độ xám và chuẩn hóa kích thước. Chọn các tham số cho LBP, bao gồm bán kính, số điểm lân cận, số ô ngang và số ô dọc. Tính giá trị LBP cho mỗi pixel trung tâm bằng cách so sánh nó với các pixel lân cận trên đường tròn có bán kính cho trước. Nếu pixel lân cận có giá trị lớn hơn hoặc bằng pixel trung tâm, gán cho nó giá trị 1, ngược lại gán cho nó giá trị 0. Sau đó, ghép các giá trị nhị phân thành một số nguyên hoặc một mã nhị phân.

Chia hình ảnh thành nhiều ô nhỏ theo số ô ngang và số ô dọc đã chọn. Tính biểu đồ tần số của các giá trị LBP trong mỗi ô. Nối các biểu đồ lại với nhau để tạo thành một vector đặc trưng cho hình ảnh khuôn mặt. Sử dụng vector đặc trưng để huấn luyện hoặc kiểm tra một bộ phân loại khuôn mặt.



Hình 2.3.8 Chuyển hình ảnh sang dạng nhị phân

(Nguồn : <https://minhng.info/tutorials/local-binary-patterns-lbp-opencv.html>)

2.4 KẾT HỢP THUẬT TOÁN LBPH VỚI IOT

2.4.1 Cấu trúc hệ thống

Hệ thống bao gồm các thành phần chính sau:

Camera: Dùng để chụp ảnh khuôn mặt Vi điều khiển

Arduino: Dùng để điều khiển toàn bộ hệ thống.

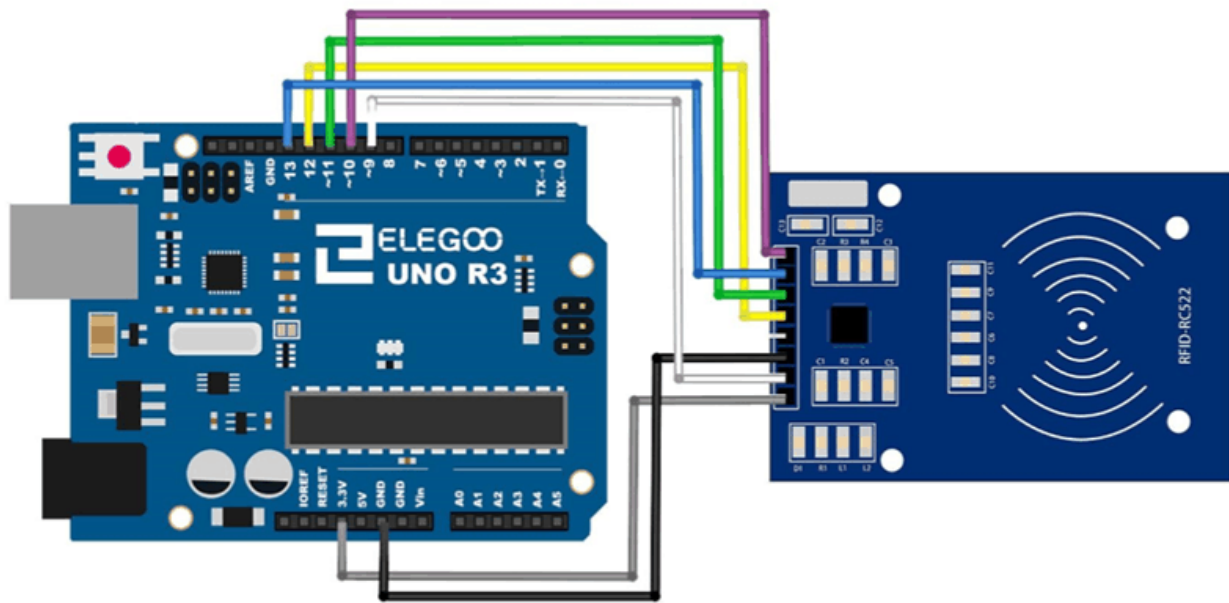
Module RFID RC522: Dùng để nhận diện thẻ từ.

Gồm các dây điện để kết nối các mạch.

DFplay mini và loa để phát âm thanh ra.

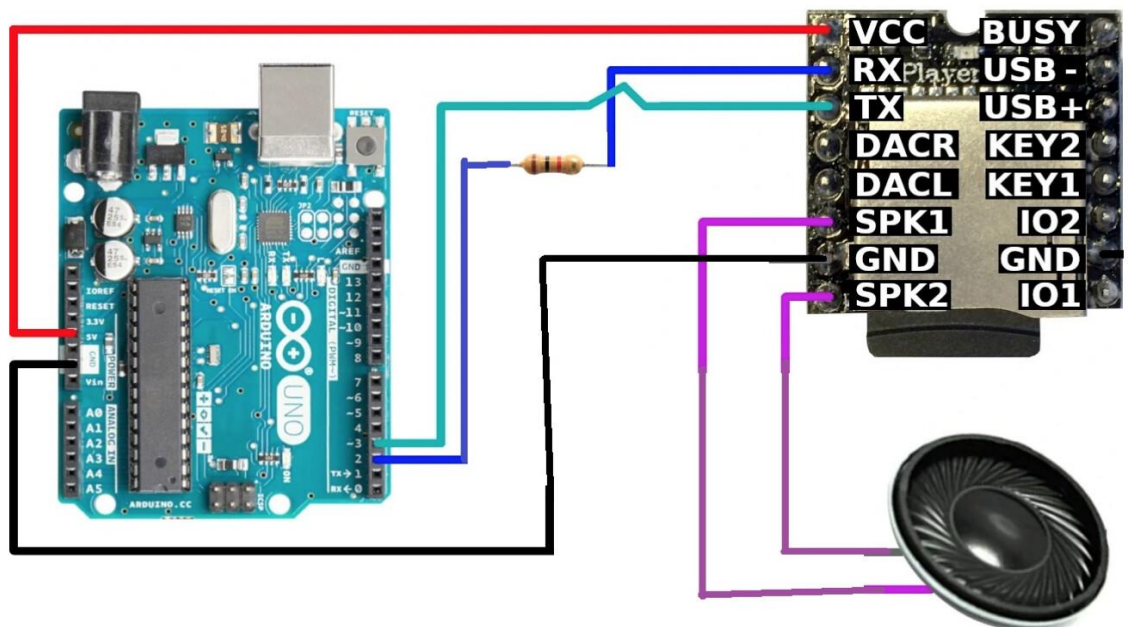
Kết nối IoT: Dùng để giám sát và điều khiển từ xa qua internet.

2.4.2 Mô hình kết nối



Hình 1.4.2.1 Mô hình kết nối Arduino với Frid Rc522

(Nguồn: <https://nshopvn.com/product/mach-rfid-rc522-nfc-13-56mhz/>)



Hình 2.4.2.1 Mô hình kết nối DFplaymini với Arduino

2.5 XÂY DỰNG HISTOGRAM TRONG LBPH

Histogram là 1 dạng biểu diễn thể hiện gần đúng tần suất thường là dạng cột. Nó thường mô tả dữ liệu 1 cách đơn giản mà không làm mất bất cứ thông tin thống kê nào của dữ liệu. Phần histograms là một bước quan trọng trong LBPH, vì nó biểu diễn đặc trưng của mỗi vùng khuôn mặt bằng một vector số. Để tạo histograms, ta thực hiện các bước sau:

Chia ảnh khuôn mặt thành nhiều vùng nhỏ có kích thước bằng nhau, ví dụ 8x8 điểm ảnh. Mục đích của việc này là để giảm độ phức tạp của dữ liệu và tăng tính đồng nhất của các vùng khuôn mặt.

Tính toán các giá trị LBP (Local Binary Pattern) cho mỗi điểm ảnh trong mỗi vùng, bằng cách so sánh giá trị cường độ của điểm ảnh đó với các điểm ảnh lân cận theo hình tròn. Nếu giá trị cường độ của điểm ảnh lân cận lớn hơn hoặc bằng giá trị của điểm ảnh đang xét, ta gán cho nó giá trị 1, ngược lại gán giá trị 0. Sau đó, ta ghép các giá trị 0 và 1 này thành một số nhị phân có 8 bit, và chuyển sang hệ thập phân để thu được giá trị LBP. Công thức LBP có thể được viết như sau:

$$LBP = \sum (s(p_i - p_c) * 2^i), i = 0, \dots, 7$$

Trong đó, p_c là giá trị cường độ của điểm ảnh đang xét, p_i là giá trị cường độ của điểm ảnh lân cận thứ i theo chiều kim đồng hồ, và $s(x)$ là hàm dấu:

$$s(x) = \begin{cases} 1 & \text{nếu } x \geq 0; \\ 0 & \text{nếu } x < 0 \end{cases}$$

Tạo histogram cho mỗi vùng bằng cách đếm số lần xuất hiện của các giá trị LBP khác nhau trong vùng đó. Histogram có thể có tối đa 256 giá trị khác nhau, tương ứng với các khả năng của số nhị phân 8 bit. Histogram biểu diễn tần suất xuất hiện của các mẫu LBP trong một vùng, và phản ánh sự thay đổi cường độ của các điểm ảnh trong vùng đó.

Nối các histogram của các vùng lại với nhau để tạo thành một vector duy nhất, có độ dài bằng số vùng nhân với số giá trị khác nhau trong histogram. Vector này chính là biểu diễn đặc trưng của khuôn mặt bằng LBPH. Vector này có thể được sử

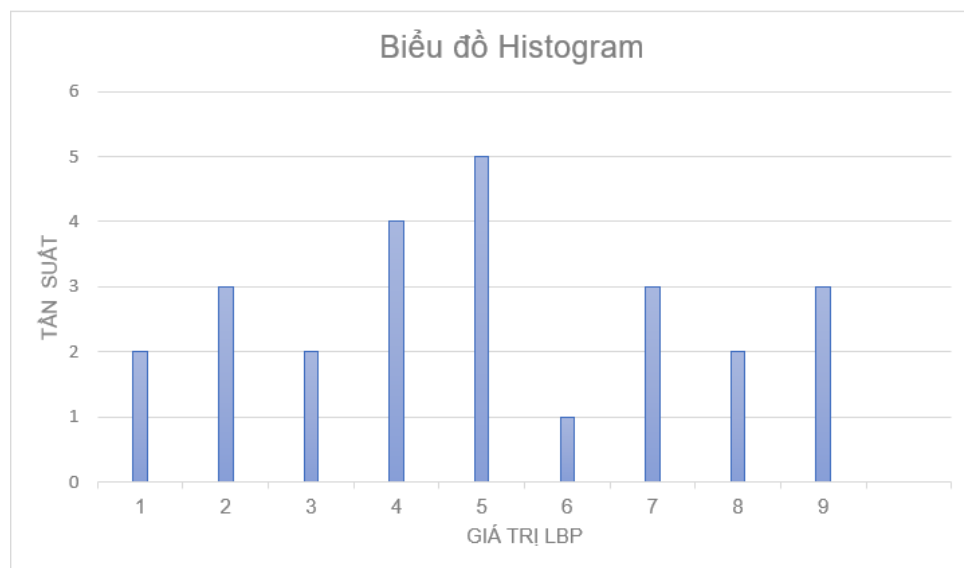
dùng để so sánh với các vector khác để xác định sự tương đồng hay khác biệt giữa các khuôn mặt.

VD: ta có một bức ảnh đã tính giá trị LBP có kích thước 3×3 như sau

34	23	12
45	76	49
65	12	96

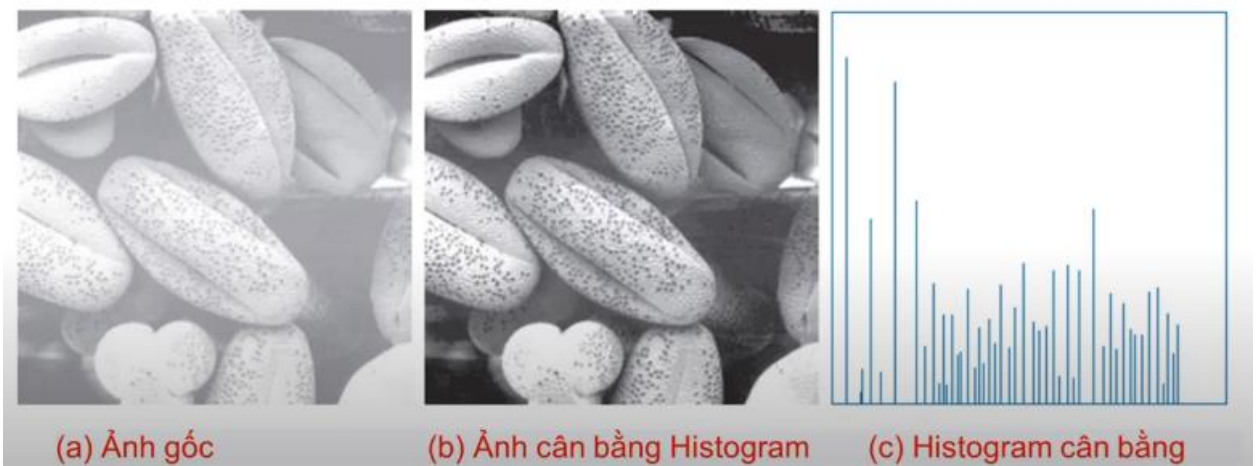
Bảng 2.5 Các giá trị LBP kích thước 3×3

Thì ta sẽ thu được biểu đồ histogram như sau:



Hình 2.5.1 Biểu đồ biểu diễn tần suất của các giá trị LBP

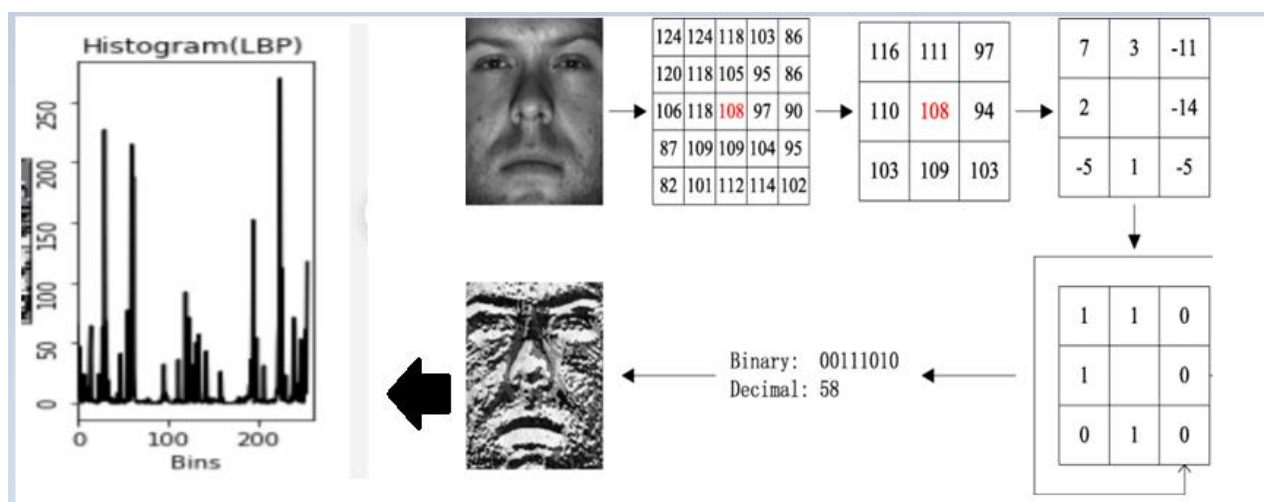
Thông qua các tần số xuất hiện ta sẽ đưa ra kết quả biểu đồ tần số hình ảnh sau quá trình cân bằng được Histogram thông qua hình minh họa ở dưới chúng ta sẽ thấy sự thay đổi trước sau khi cân bằng Histogram:



Hình 2.5.2 Ảnh gốc sau khi cân bằng

(Nguồn : <https://www.youtube.com/watch?v=tjJfXkPNXmU&t=510s>)

2.6 HOẠT ĐỘNG CỦA THUẬT TOÁN LBPH



Hình 2.6.1 Sơ đồ quy trình hoạt động của mô hình nhận diện khuôn mặt

(Nguồn: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11042-018-7095-x>)

Mô hình LBPH hoạt động theo các bước sau:

Bước 1: Chuẩn bị dữ liệu

Trước khi bắt đầu quá trình nhận dạng khuôn mặt, ta cần chuẩn bị dữ liệu đầu vào cho thuật toán LBPH. Dữ liệu này bao gồm các bức ảnh chứa khuôn mặt của những người được xác định danh tính trước đó.

Bước 2: Xác định vùng quan tâm (ROI)

Sau khi có dữ liệu đầu vào, ta cần xác định vùng quan tâm (Region of Interest - ROI) trên từng bức ảnh. Vùng quan tâm này sẽ được sử dụng để tạo ra các đặc trưng cho khuôn mặt.

Bước 3: Chuyển đổi sang ảnh xám

Tiếp theo, ta cần chuyển đổi các bức ảnh trong vùng quan tâm sang dạng ảnh xám. Việc này giúp giảm bớt độ phức tạp của thuật toán và tăng tốc độ xử lý.



Hình 2.6.2 Hình được chuyển sang màu xám

(Nguồn: <https://www.youtube.com/watch?v=ToJgwtOA-YE>)

Bước 4: Tạo ra các mẫu nhị phân (binary patterns)

Sau khi có ảnh xám, ta sẽ tạo ra các mẫu nhị phân bằng cách so sánh giá trị của từng điểm ảnh với giá trị của các điểm xung quanh nó. Nếu giá trị của điểm ảnh lớn hơn hoặc bằng giá trị của điểm xung quanh, ta gán giá trị 1, ngược lại gán giá trị 0. Quá trình này được thực hiện trên toàn bộ ảnh xám trong vùng quan tâm.

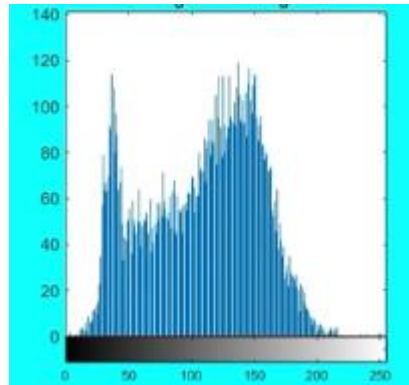


Hình 2.6.3 Hình sau khi chuyển sang các nhị phân

(Nguồn : <https://www.youtube.com/watch?v=ToJgwtOA-YE>)

Bước 5: Tính toán histogram

Sau khi có các mẫu nhị phân, ta sẽ tính toán histogram của từng bức ảnh. Histogram là một biểu đồ thống kê tần suất xuất hiện của các giá trị trong một tập dữ liệu. Trong trường hợp này, histogram được sử dụng để biểu diễn tần suất xuất hiện của các mẫu nhị phân đã được tạo ra ở bước trước đó.



Hình 2.6.4 Lập biểu đồ histogram

(Nguồn: <https://www.youtube.com/watch?v=ToJgwtOA-YE>)

Bước 6: So sánh histogram

Cuối cùng, ta sẽ so sánh histogram của bức ảnh cần nhận dạng với các histogram đã được tính toán từ các bức ảnh trong tập dữ liệu. Kết quả của quá trình này sẽ cho biết xem bức ảnh cần nhận dạng có giống với bức ảnh nào trong tập dữ liệu hay không.

2.7 CÁC BƯỚC TÍNH TOÁN THUẬT TOÁN LBPH

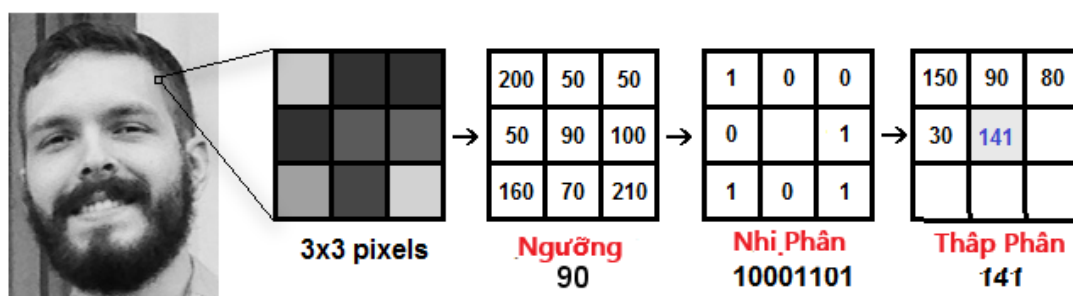
Ứng dụng phép toán LBPH: là bước đầu tiên trong các bước tính toán. Ở đây, một hình ảnh trung gian đã được tạo ra để thể hiện tốt hơn hình ảnh gốc thông qua khái niệm cửa sổ trượt, có tính đến hai tham số: lân cận và bán kính. Các giá trị mới được tạo ở dạng nhị phân bằng cách so sánh 8 giá trị lân cận với giá trị ngưỡng.

Đối với mỗi giá trị lân cận lớn hơn giá trị ngưỡng, giá trị được đặt thành 1 và 0 cho mọi giá trị lân cận nhỏ hơn giá trị ngưỡng. Điều này tạo thành một ma trận các số nhị phân không bao gồm ngưỡng. Giá trị trung tâm của ma trận được tạo bằng cách chuyển đổi số nhị phân thành giá trị thập phân tương ứng với các pixel của ảnh gốc. Để thể hiện tốt hơn các đặc điểm của ảnh gốc.

Để trích xuất biểu đồ: Hình ảnh thu được trong bước này được chia thành nhiều lưới, với sự trợ giúp của các tham số Lưới X và Y. Hình ảnh này có thang độ xám, mỗi biểu đồ của mỗi lưới biểu thị cường độ xuất hiện của mỗi pixel. Sau đó, mỗi biểu đồ được kết hợp để tạo ra một biểu đồ mới thể hiện các thuộc tính của ảnh gốc.

Nhận dạng khuôn mặt chính xác: Mỗi người tạo một biểu đồ cho một hình ảnh trong tập dữ liệu huấn luyện. Hai biểu đồ được so sánh để tạo ra hình ảnh đầu ra có biểu đồ histogram gần nhất khớp với hình ảnh đầu vào. Đầu ra này là ID hoặc tên của hình ảnh. Thuật toán này cũng trả về phép đo độ tin cậy là khoảng cách được tính toán. Độ chính xác của thuật toán nhận dạng hình ảnh được ước tính tự động bằng độ tin cậy và ngưỡng. Độ chính xác được biểu thị bằng giá trị tin cậy thấp hơn ngưỡng xác định.

Lưu Ý: Giá trị tin cậy cao hơn có nghĩa là các biểu đồ cách xa nhau do đó ảnh hưởng đến tính chính xác của nhận dạng. Tuy nhiên, giá trị độ tin cậy nhỏ hơn cho thấy rằng các biểu đồ được đóng gói chặt chẽ với nhau, do đó có khả năng chính xác. Đối với mỗi hình ảnh mới, quá trình này được lặp lại với khuôn mặt để nhận dạng.



Hình 2.7 Các bước tính toán của LBP

(**Nguồn** : <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2021/07/understanding-face-recognition-using-lbph-algorithm>)

2.8 ỨNG DỤNG MÔ HÌNH LBPH NHẬN DIỆN KHUÔN MẶT

Thuật toán LBPH được áp dụng vào các nhận diện như việc nhận diện khuôn mặt bằng thị giác máy tính ngoài ra LBPH hiệu quả trong các trường hợp khác nhau như hiệu ứng thay đổi ánh sáng hoặc chiều sáng trong một bức ảnh.

Thuật LBPH hỗ trợ tất cả những tính năng giúp chúng ta có thể dễ dàng nhận diện hết tất cả những khuôn mặt một cách chính xác giúp dễ quản lý các hoạt động cũng như làm tự động hóa mọi thứ, Ngoài ra LBPH giúp việc nhận diện khuôn mặt phân tích cũng như là phát hiện mặt người ấy một cách chính xác và hiệu quả, phát hiện nhanh chóng bằng những tính toán đơn giản, thông qua những điều đó việc ứng dụng thuật toán LBPH này vào việc nhận diện sẽ tăng việc hiệu quả rất nhiều so với các thuật toán khác giả sử trong một công ty ta có thể ứng dụng nó vào việc quản lý các nhân viên ở mỗi phòng khác nhau tránh được người lạ xâm nhập vào.

Ngoài những ưu điểm tuyệt vời ấy LBPH còn có thể làm những khoảng như Nhận dạng khuôn mặt cho mục đích an ninh: Mô hình LBPH được sử dụng để xác minh danh tính của người dùng, chẳng hạn như trong hệ thống kiểm soát truy cập, hệ thống nhận diện khuôn mặt tại cửa hàng,...và một phần nhỏ của nhận dạng khuôn mặt còn đáp ứng việc giải trí: Mô hình LBPH được sử dụng để nhận dạng khuôn mặt của người dùng trong các ứng dụng giải trí, chẳng hạn như trò chơi điện tử, ứng dụng chụp ảnh,...

2.9 QUY TRÌNH HUẤN LUYỆN MÔ HÌNH LBPH

Quá trình nhận dạng khuôn mặt bằng thuật toán LBPH bao gồm hai giai đoạn chính: giai đoạn huấn luyện và giai đoạn nhận dạng.

Giai đoạn huấn luyện: Trong giai đoạn này, ta sẽ sử dụng tập dữ liệu đã được chuẩn bị ở bước đầu tiên để huấn luyện mô hình. Quá trình này bao gồm các bước sau:

- Xác định vùng quan tâm (ROI) trên từng bức ảnh.
- Chuyển đổi sang ảnh xám và tạo ra các mẫu nhị phân.
- Tính toán histogram cho từng bức ảnh và lưu lại kết quả này vào tập dữ liệu huấn luyện.

Giai đoạn nhận dạng: Sau khi hoàn thành giai đoạn huấn luyện, ta có thể sử dụng mô hình đã được huấn luyện để nhận dạng khuôn mặt trong các bức ảnh mới. Quá trình này bao gồm các bước sau:

- Xác định vùng quan tâm (ROI) trên bức ảnh cần nhận dạng.
- Chuyển đổi sang ảnh xám và tạo ra các mẫu nhị phân.
- Tính toán histogram cho bức ảnh cần nhận dạng.

- So sánh histogram của bức ảnh cần nhận dạng với các histogram đã được tính toán trong giai đoạn huấn luyện.

Kết quả của quá trình so sánh sẽ cho biết xem bức ảnh cần nhận dạng có giống với bức ảnh nào trong tập dữ liệu hay không.

2.10 ỨNG DỤNG VÀO THỰC TẾ

Nhận dạng khuôn mặt bằng thuật toán LBPH có thể được sử dụng trong các lĩnh vực sau: Kiểm soát truy cập: Hệ thống có thể được sử dụng để kiểm soát truy cập vào các tòa nhà, phòng ban, hoặc khu vực hạn chế. Người dùng chỉ có thể truy cập vào khu vực được cho phép khi họ được nhận diện bởi hệ thống và thẻ từ của họ có quyền truy cập hợp lệ.

Chấm công: Được sử dụng để chấm công cho nhân viên. Nhân viên chỉ cần quét thẻ từ và được nhận diện bởi hệ thống để ghi nhận thời gian vào và ra.

Hệ thống thông tin: Hệ thống có thể được sử dụng để cung cấp thông tin cho người dùng. Người dùng chỉ cần quét thẻ từ và được nhận diện bởi hệ thống để truy cập vào thông tin cá nhân hoặc thông tin liên quan đến công việc.

CHƯƠNG 3: THỰC NGHIỆM

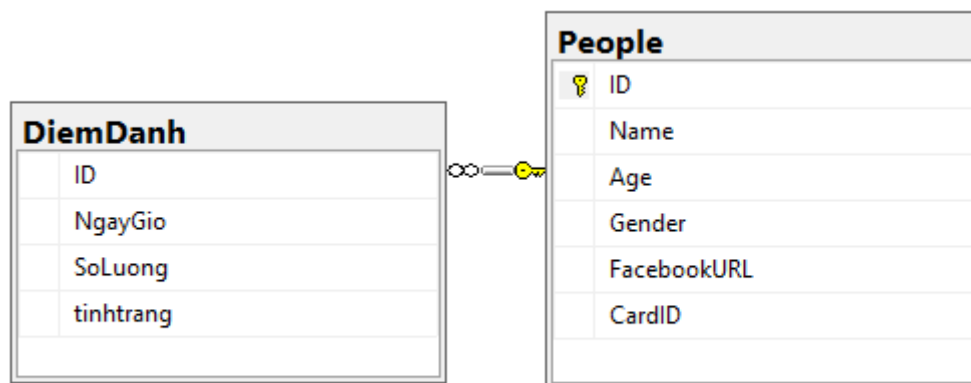
3.1 CÁC BƯỚC CHUẨN BỊ

3.1.1 Cài đặt các phần mềm cho dự án

Cài đặt các thư viện cần thiết:

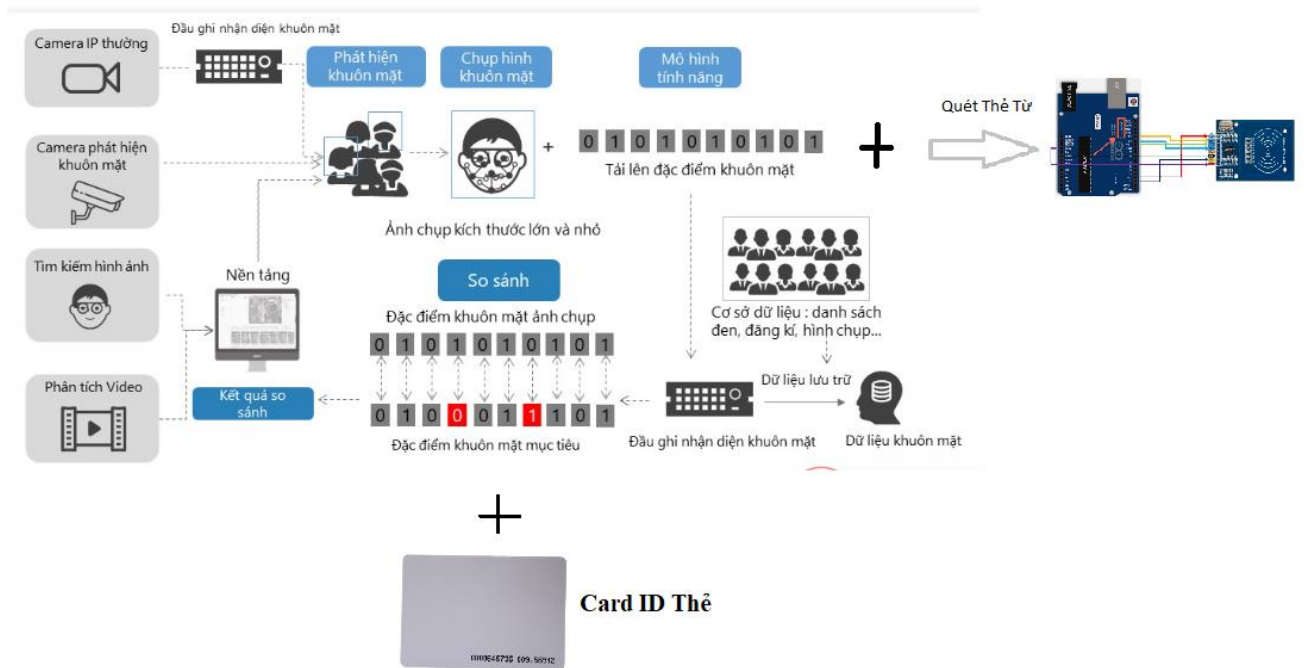
- Cài Đặt Môi Trường.
- Cài đặt Arduino IDE và các thư viện.
- Cài đặt thư viện OpenCV cho Python.
- Cài đặt thư viện RFID cho Arduino.
- Cồng nạp code Arduino

Phân Tích quy mô hệ thống Cờ sở dữ liệu để lưu thông tin người dùng và cố gắng đưa ra kết Cờ sở dữ liệu gọn nhất và hiệu quả



Hình 3.1.1.1 Cờ Sở Dữ Liệu dự án

Thiết kế gồm 2 bảng là điểm danh và sinh viên với các thuộc tính cơ bản từ Cờ sở dữ liệu trên ta lại tiếp tục vẽ ra các sơ đồ khác.



Hình 3.1.1.2 Sơ đồ hệ thống quy trình hoạt động dự án

(Nguồn tham khảo: <https://hdview.vn/giai-phap-camera-ai-nhan-dien-khuon-mat/>)

3.1.2 Xác định yêu cầu mục tiêu dự án

Đề Đề án có thể thực hiện một cách thuận lợi nhóm phải đưa ra những mục tiêu cũng như là kinh phí, kỹ thuật, và thời gian nhóm phải bỏ ra để dự tính cho đề án hoàn thành.

Chi Phí: Tổng các chi phí mua các linh kiện điện tử bao gồm như mạch Arduino uno R3 là 98k, chi phí dây điện là 15k, chi phí DFplaymini 78k và loa, breadboard 15k, Cắm biến thẻ từ và các thẻ từ 56k, và chuẩn bị trước linh kiện Arduino Uno R3 dự phòng tránh bị cháy mạch (Tổng Chi phí: 360k)

Kỹ Thuật: nhóm sẽ tìm hiểu về các phần mềm của phần cứng và tìm hiểu về các thuật toán nhận diện khuôn mặt tìm một chương trình có thể chạy trên cả bo mạch và AI như Python để làm.

Thời Gian: Nhóm sẽ phải bỏ ra 1 tháng để tìm hiểu và làm dự án từ lúc bắt đầu trong thời gian đó nhóm sẽ đưa ra những phương hướng tốt nhất để thực hiện đề án và sẽ bắt đầu làm trong 2 tháng đề án Cơ sở này.

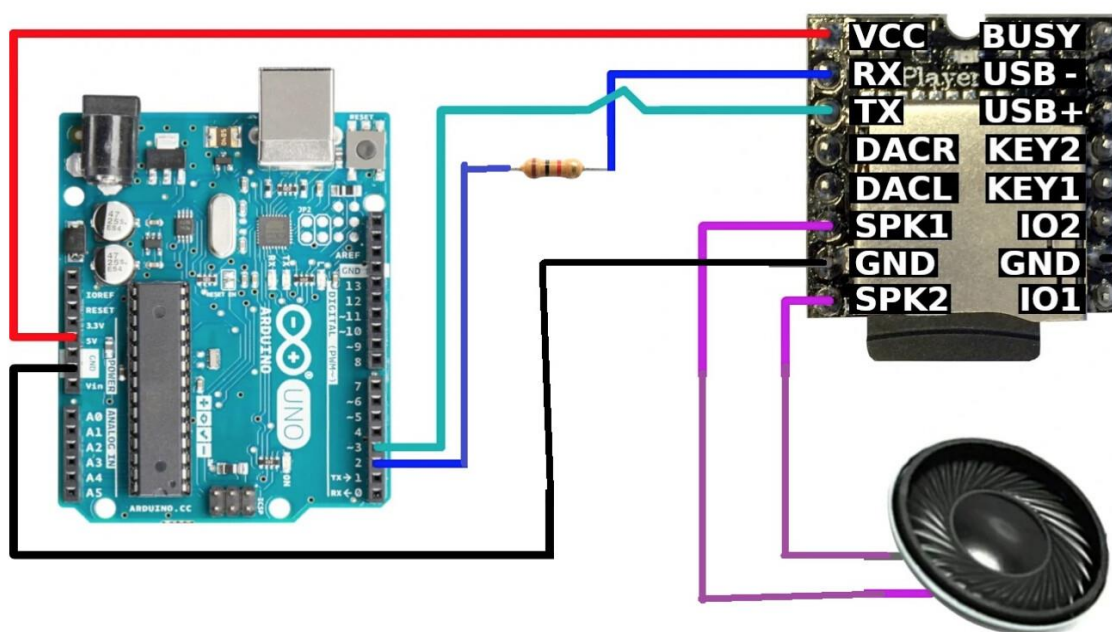
3.2 THỰC HIỆN LẬP TRÌNH

3.2.1 Triển khai mô hình IOT

Viết chương trình nạp code cho Arduino để đọc dữ liệu từ module RFID và điều khiển camera. Nếu thẻ RFID hợp lệ và khuôn mặt được nhận diện đúng, Arduino sẽ kích hoạt được tham gia sự kiện.

Để phục vụ việc dễ quản lí các thẻ cũng như bổ sung thêm một số tín năng nhỏ ở đây đã thiết kế thêm phần âm thanh để kiểm tra xem thẻ có đúng với khuôn mặt hay không nếu sai âm thanh sẽ thông báo người tham gia sự kiện để dễ kiểm tra. Hiểu được điều đó nhóm đã kết nối nối âm thanh với bo mạch Arduino như hình ở dưới đây.

Để chương trình chạy bên python có thể ra lệnh cho bo mạch Arduino hoạt động ta cần phải cài đặt thư viện Serial trước để có thể giao tiếp được với các bo mạch. Sau khi đã cài đặt các thư viện tiếp theo sẽ là nạp code cho Arduino và cài đặt các thư viện.



Hình 3.2.1.1 Mô hình kết nối DFplaymini Arduino

(Nguồn: https://dietlovemk.best/product_details/22280008.html/)

Trong mô hình này các thiết bị được nối với nhau bao gồm các linh kiện sao như: Dây nối điện đực-đực và đực cái, Bo mạch Arduino Uno R3, Breadboard, Cảm biến thẻ từ Rfid Rc522 và các thẻ từ, DFplaymini và một loa. Sau khi nối xong sẽ cắm vào máy tính.

3.2.2 Các bước xử lý

Viết chương trình Python sử dụng OpenCV để xử lý ảnh từ camera và thực hiện nhận diện khuôn mặt bằng thuật toán LBPH.

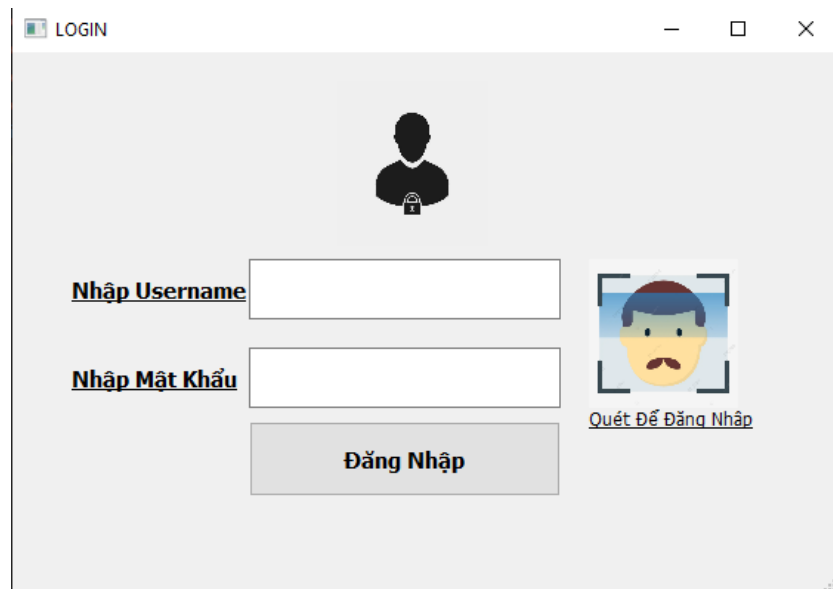
Bước 1: Nhập các thư viện cần thiết

```
from PyQt5 import QtWidgets
from PyQt5.QtCore import QApplication
from PyQt5.QtWidgets import QApplication, QMainWindow, QMessageBox
from login import Ui_MainWindow
import subprocess
import sys
import cv2
```

Hình 3.2.2.1 Các thư viện cần thiết

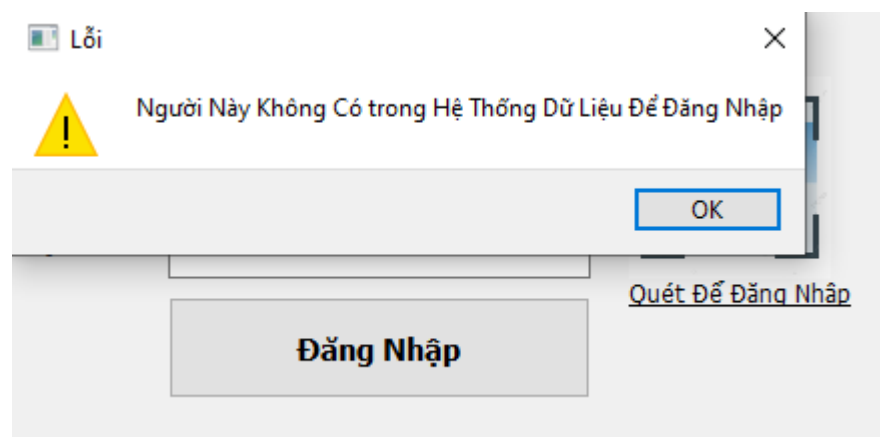
Ở đây tôi sử dụng thêm Giao Diện Gui được thiết kế để dễ dàng sử dụng trong quá trình đăng nhập, để sử dụng được giao diện ấy tôi phải làm thiết kế bằng qt5 designer ngoài ra tôi còn sử dụng các thư viện như là OpenCV, builtin...

Bước 2: Đăng nhập vào ứng dụng, nếu đã có dữ liệu của bạn trong Dataset hãy sử dụng Chức năng “*Quét Để Đăng Nhập*”: Chúng tôi sử dụng bộ phân loại tầng Haar để phát hiện khuôn mặt để đăng nhập. Bộ phân loại Haar là một mô hình được đào tạo để có thể nhanh chóng phát hiện đối tượng, bao gồm khuôn mặt trong một hình ảnh. Lớp CascadeClassifier được sử dụng để xây dựng biến face_cascade. Để nhận dạng khuôn mặt, nó sử dụng Bộ phân loại Haar. Tập XML 'haarcascade_frontalface_default.xml' chứa mô hình được đào tạo trước để phát hiện khuôn mặt phía trước.



Hình 3.2.2.2 Chức năng Login bằng khuôn mặt

Bước 3: Sau khi Nhấp vào nhận diện khuôn mặt để quét đăng nhập vào trang chủ thì nó sẽ hiện một số thông báo như là không có người này trong hệ thống nghĩa là bạn chưa có trong hệ thống của chúng tôi bao gồm việc chưa training hình ảnh trong dataset để có thể bổ sung người mới vào ta bắt buộc phải chạy file trang chủ để thêm người mới.



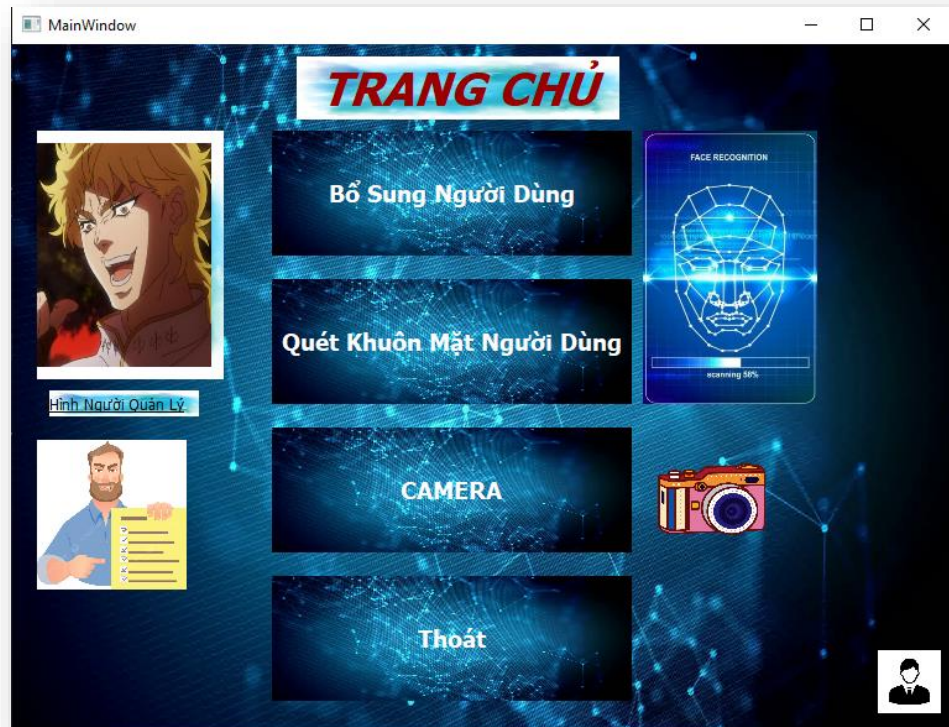
Hình 2 Thông báo không tìm người

Bước 4 Tại ở giao diện trang chủ tôi cũng thiết kế bằng qt designer để tạo ra các chức năng để người ta dễ dàng sử dụng cũng như bổ sung người mới vào. Để đáp ứng phù hợp cho việc di chuyển qua các file tôi sử dụng thư viện subprocess để khi mà người khác nhấn vào các nút tương ứng sẽ tự động truy cập vào file.

```
def homeui():
    ui.P1.clicked.connect(papeGU)
    ui.P2.clicked.connect(x)
    ui.camera.clicked.connect(y)
    ui.chatbox.clicked.connect(c)
    ui.thoat.clicked.connect(sys.exit)
    ui.url.clicked.connect(u)
    MainWindow.show()

def x():
    subprocess.run(["python", r"D:\BAP TAP
Python\face1\demotraining.py"])
```

Với giao diện dễ dàng thao tác nhóm muốn thiết kế ra một phần mềm có thể phù hợp với các người Quản lí Camera để họ dễ dàng chọn các chức năng mà họ mong muốn, dưới đây là giao diện được thiết kế cho Admin.



Hình 3.2.2.4 Trang chủ ứng dụng

Ứng dụng: Nhập Thông Tin Người Dùng

Phần Mềm Nhận Diện Khuôn Mặt

	1	2	3	4	5	
1	123456	Nhat Huy	21	Nam	https://...	53
2	324234	hieu	12	Nam	23123	71

Mã Thẻ Từ Sinh Viên

Số Điện Thoại

Thông Tin Người Dùng

ID User

Nhập Họ Tên

Giới Tính ☐ Nam ☐ Nữ

Nhập Tuổi

URL Cá Nhân

MSSV

Buttons:

Hình 3.2.2.5 Bảng Nhập thông tin người dung

Chúng ta có các chức năng như sau trong Bảng nhập thông tin người dùng:



: Dừng để sửa thông tin người dùng



: Dừng để xoá thông tin người dùng

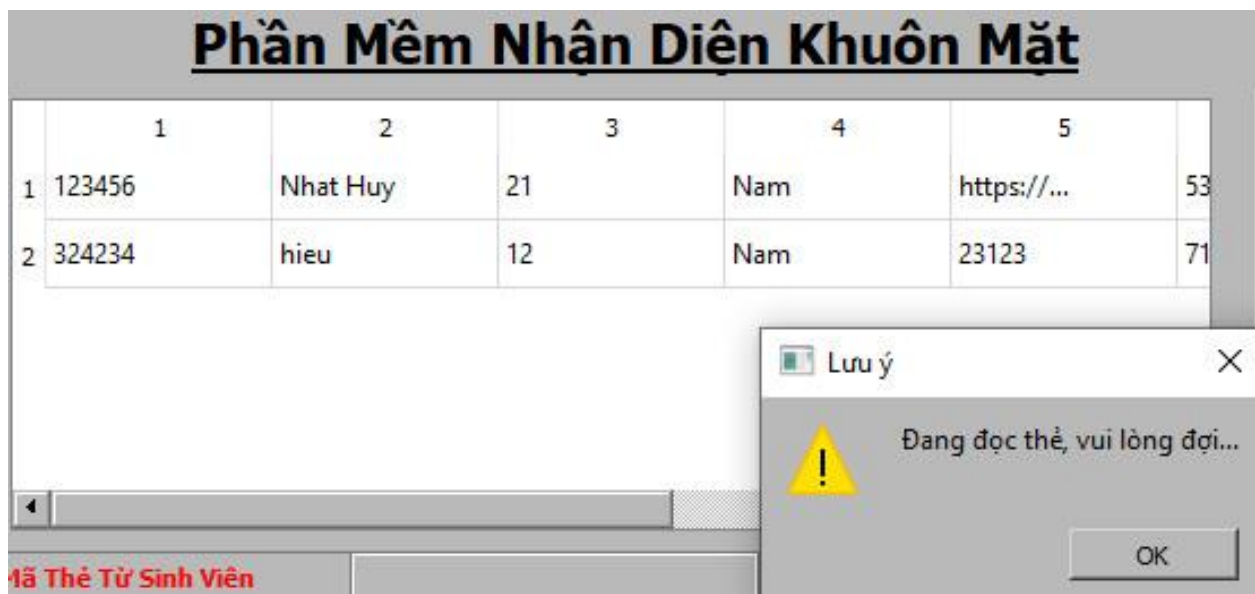


: Quay lại trang chủ



: Thoát ứng dụng

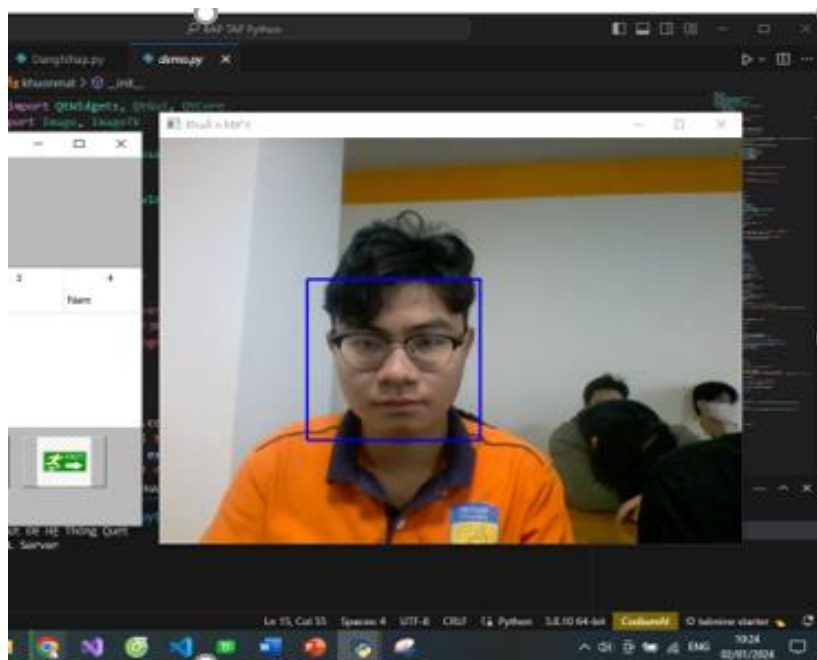
Để đảm bảo người dùng luôn nhận thẻ ở đây em sẽ hiển thị thông báo kêu người dùng phải quét thẻ trước khi có thể thêm người dùng và một lưu ý rất lớn là phải cắm thẻ Cổng Nạp của Arduino vào.



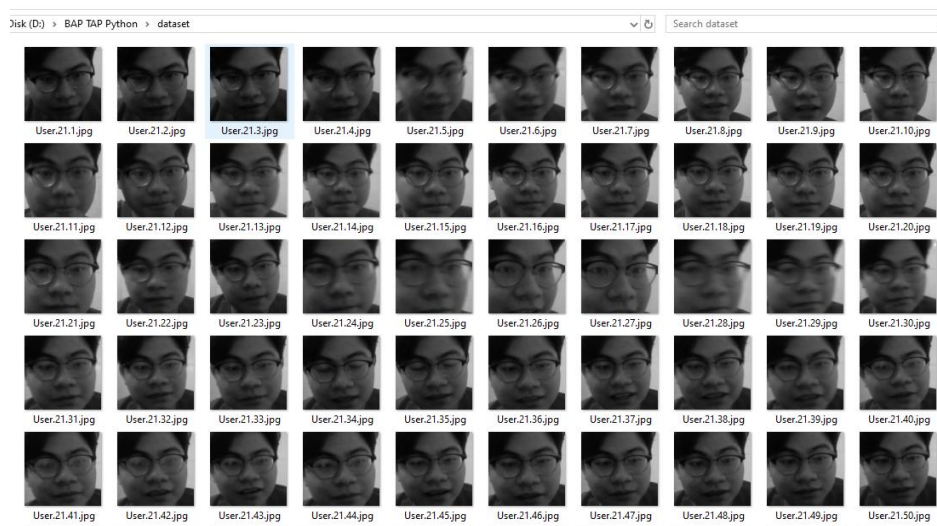
Hình 3.2.2.6 Thông Báo Quẹt Thẻ

Bước 5: nhấn vào Thêm Một camera sẽ xuất hiện trong thời gian đó Camera sẽ liên tục chụp hình cho tới đủ số lượng hình mỗi hình ảnh được chụp sẽ được chọn vào


đúng khuôn mặt và chuyển sang màu xám nhằm đáp ứng cho thuật toán được tính toán nhanh hơn, những hình ảnh sẽ được lưu với cái tên là số thứ tự cộng với Id người đó. Hình ảnh sẽ được lưu vào trong thư mục Dataset Như Hình 3.2.3.8.



Hình 3.2.2.7 Camera được mở khi nhấn thêm



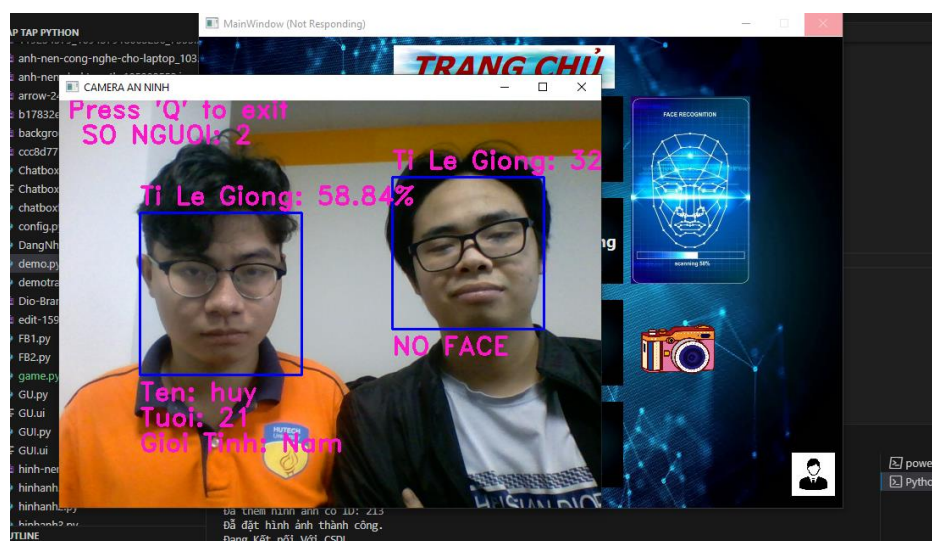
Hình 3.2.2.8 Hình ảnh được lưu vào trong thư mục

Bước 6: Quay về trang chủ để bằng việc nhấn  khi về trang chủ ta sẽ Click vào chức năng “Quét Khuôn Mặt Người Dừng” nhằm training những hình ảnh trong dataset như hình 3.2.3.8.

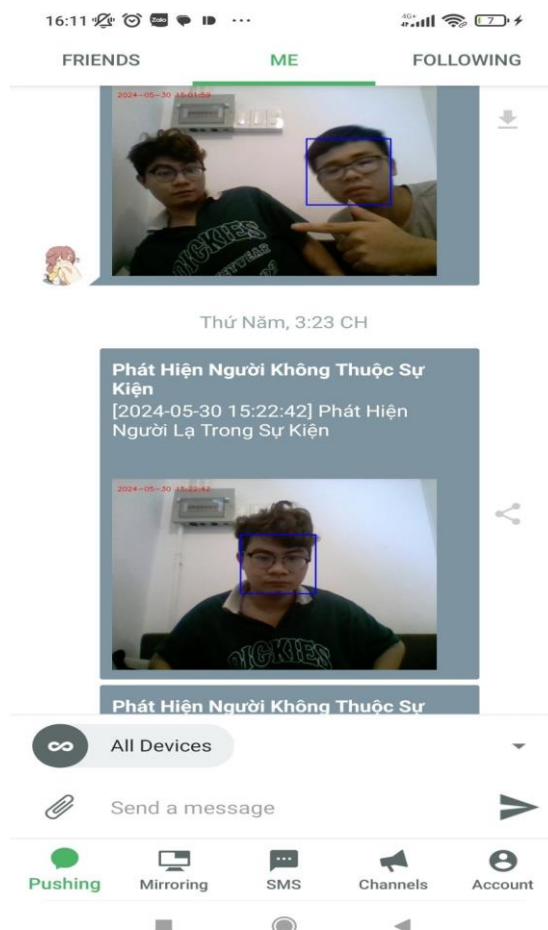


Hình 3.2.2.9 Hình Nút Training

Bước 7 Chạy Camera An Ninh lên hình ảnh người dừng sẽ hiển thị lên màn hình gồm tỉ lệ giống tên người đó nếu như không phải người đó sẽ No FACE và những hình ảnh của người đó sẽ được thông báo qua qua Pushbullet nhằm thông báo người lạ xuất hiện.



Hình 3.2.2.10 Camera an ninh hiển thị thông tin



Hình 3.2.2.11 Chụp hình No Face

Đây là hình ảnh người lạ xuất hiện sẽ thông báo qua app với nội dung là ngày giờ xuất hiện người lạ nhằm giám sát trách người ngoài tham gia vào sự kiện mà không có sự cho phép của người khác.

Hoàn thành với những bước Cơ bản trên tiếp theo sẽ là giới thiệu sơ lược về chấm công bằng khuôn mặt và thẻ từ với các bo mạch.



Hình 3.2.2.12 Nút điểm danh

Với Biểu tượng nút Điểm danh này khi nhấn vào chương trình sẽ kiểm tra khuôn mặt của người này sao cho giống trong CSDL hay không nếu như người khác chương trình sẽ chạy thông báo âm thanh nhằm thông báo người xung quanh Nếu như đúng chương trình sẽ chạy và hiển thị thông tin lên màn hình với những thông tin sau.



Hình 3.2.2.13 Hiển thị thông tin người quét

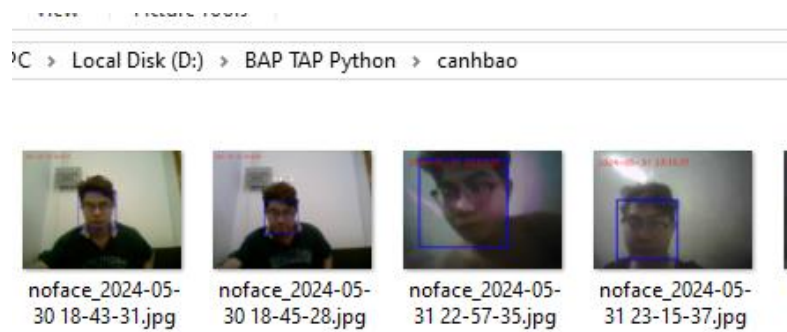
Ngoài ra còn bổ sung thêm nhiều chức năng khác như là hiển thị danh sách điểm danh ngày giờ xuất hiện số lượng điểm danh và được thiết kế giao diện bằng thư viện QT5 một cách thân thiện với người sử dụng đưa đến những chức quan trọng ngoài ra còn lưu những thông tin sinh viên tham gia sự kiện vào trong Excel nhằm để thống kê sinh viên tham gia sau đây là một số hình ảnh đã được demo.



Hình 3.2.2.14 Danh sách điểm danh

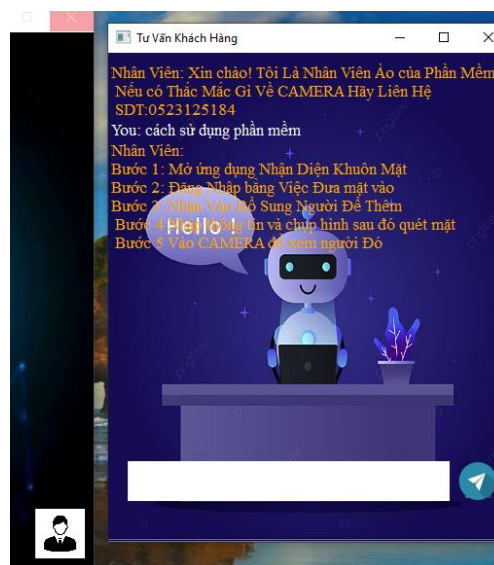
A1				ID						
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
76	123456	10/05/2024 20:45:15								
77	123456	10/05/2024 20:58:50								
78	123456	10/05/2024 21:24:07								
79	123456	10/05/2024 21:26:11								
80	123456	10/05/2024 21:32:03								
81	123456	10/05/2024 21:36:18								
82	123456	10/05/2024 21:37:38								

Hình 3.2.2.15 Lưu thông tin vào Excel



Hình 3.2.2.16 Lưu hình ảnh người lạ vào thư mục

Một số tín năng hỗ trợ người dùng tự động nhóm đã thích hợp AI chatbox để có thể hỗ trợ người dùng dễ dàng tư vấn hỗ trợ khách nhanh chóng



Hình 3.2.2.17 ChatBox tự động nhắn và hỗ trợ

Kết luận: Từ những cách cơ bản trên chúng ta cũng có thể phát triển thêm nhiều tín năng khác nhằm phục vụ trong thực tế.

CHƯƠNG 4: KẾT LUẬN

4.1 TÓM TẮT ĐỒ ÁN

Phần đầu tiên của đồ án tập trung vào nghiên cứu và hiểu biết về công nghệ nhận dạng khuôn mặt và cách thức hoạt động của IoT, đặc biệt là thẻ từ và các thiết bị liên quan. Tiếp theo, nhằm đưa đến một sản phẩm thực tế và dựa vào nhu cầu đã thiết kế và phát triển một hệ thống điểm danh dựa trên việc kết hợp giữa nhận dạng khuôn mặt và sử dụng thẻ từ. Hệ thống bao gồm các thành phần như camera nhận dạng khuôn mặt, máy đọc thẻ từ, máy chủ xử lý và cổng IoT để kết nối các thiết bị. Nhằm bảo an toàn nhất quán trong sự kiện trách những người lạ tham gia vào sự kiện mà không có sự đăng kí trước hệ thống này được phát triển nhằm đáp ứng những nhu cầu thiết yếu đây

4.2 KẾT QUẢ

Đồ án đã thành công trong việc thiết kế và triển khai một hệ thống chuyển mạch kết hợp nhận diện khuôn mặt với IoT. Hệ thống đạt được các mục tiêu đặt ra và có tiềm năng ứng dụng thực tế cao.

4.3 NHẬN XÉT VÀ ĐÁNH GIÁ

Hệ thống đã được triển khai thành công và cho thấy khả năng nhận dạng khuôn mặt với tỷ lệ chính xác khá cao, giúp đảm bảo rằng chỉ có những người được mời mới được vào lễ. Việc sử dụng thẻ từ đã tăng tính an toàn và bảo mật của quá trình điểm danh. Ứng dụng quản lý đã giúp quản lý dễ dàng hơn trong việc quản lý danh sách và kiểm soát quá trình tham dự.

4.4 HƯỚNG PHÁT TRIỂN

Trong tương lai, hệ thống có thể được mở rộng bằng cách:

- Cải thiện hệ thống nhận dạng khuôn mặt để tăng tính chính xác và mức độ phù hợp với môi trường sử dụng thực tế.

- Tăng cường tính bảo mật và riêng tư của dữ liệu thông qua các kỹ thuật mã hóa và quản lý dữ liệu hiệu quả.
- Tích hợp thêm các tính năng như thông báo tự động, báo cáo thống kê, và khả năng mở rộng hệ thống để áp dụng cho các sự kiện lớn hơn.
- Nghiên cứu và áp dụng các công nghệ mới như AI và machine learning để tăng cường khả năng nhận dạng và xử lý dữ liệu của hệ thống.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] New Global Publicatios (2022). International Journal of Research Publication and Reviews. <https://ijrpr.com/uploads/V3ISSUE4/IJRPR3668.pdf>
- [2] Parth Singh (2024). Understanding Face Recognition Using LBPH Algorithm. <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2021/07/understanding-face-recognition-using-lbph-algorithm/>
- [3] Yashwant Saini. LBPH algorithm for Face Recognition. <https://iq.opengenus.org/lbph-algorithm-for-face-recognition/>
- [4] DỤC ĐOÀN TRÌNH (2022). Face Recognition và face Detection trong OpenCV. <https://websitehcm.com/face-recognition-va-face-detection-trong-opencv/>
- [5] Minh; Khám phá xử lý ảnh - GVGroup (2020). Hiện thực trích đặc trưng Local Binary Patterns (LBP). <https://minhng.info/tutorials/local-binary-patterns-lbp-opencv.html>
- [6] Adrian Rosebrock (3-5-2021). Face Recognition with Local Binary Patterns (LBPs) and OpenCV. <https://pyimagesearch.com/2021/05/03/face-recognition-with-local-binary-patterns-lbps-and-opencv/>
- [7] Wikipedia (2024). OpenCV. <https://en.wikipedia.org/wiki/OpenCV>
- [8] Wikipedia (2022). Local binary patterns. https://en.wikipedia.org/wiki/Local_binary_patterns
- [9] Trong Thang Nguyen @thangnt (25-9-2020). Hướng dẫn lập trình Arduino cơ bản. <https://viblo.asia/p/huong-dan-lap-trinh-arduino-co-ban-4P856n4a5Y3>
- [10] IoT (Internet of Things) là gì?. <https://aws.amazon.com/vi/what-is/iot/>