

TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH
KHOA ĐIỆN - ĐIỆN TỬ
BỘ MÔN KỸ THUẬT MÁY TÍNH - VIỄN THÔNG



HCMUTE

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

HỆ THỐNG AN NINH GIA ĐÌNH

NGÀNH CÔNG NGHỆ KỸ THUẬT ĐIỆN TỬ - VIỄN THÔNG

SVTH : HOÀNG NGỌC VĨNH PHÚC

MSSV : 19161150

GVHD : ThS. ĐẶNG PHƯỚC HẢI TRANG

TP. Hồ Chí Minh, tháng 1 năm 2025

TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH
KHOA ĐIỆN - ĐIỆN TỬ
BỘ MÔN KỸ THUẬT MÁY TÍNH - VIỄN THÔNG



HCMUTE
ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

HỆ THỐNG AN NINH GIA ĐÌNH

NGÀNH CÔNG NGHỆ KỸ THUẬT ĐIỆN TỬ - VIỄN THÔNG

SVTH : HOÀNG NGỌC VĨNH PHÚC

MSSV : 19161150

GVHD : ThS. ĐẶNG PHƯỚC HẢI TRANG

TP. Hồ Chí Minh, tháng 1 năm 2025

BẢN NHẬN XÉT KHÓA LUẬN TỐT NGHIỆP

(Dành cho giảng viên hướng dẫn)

Đề tài: HỆ THỐNG AN NINH GIA ĐÌNH

Sinh viên: Hoàng Ngọc Vĩnh Phúc
Hướng dẫn: ThS. Đặng Phước Hải Trang

MSSV: 19161150

Nhận xét bao gồm các nội dung sau đây:

1. Tính hợp lý trong cách đặt vấn đề và giải quyết vấn đề; ý nghĩa khoa học và thực tiễn:

Đặt vấn đề rõ ràng, mục tiêu cụ thể; đề tài có tính mới, cấp thiết; đề tài có khả năng ứng dụng, tính sáng tạo.

2. Phương pháp thực hiện/ phân tích/ thiết kế:

Phương pháp hợp lý và tin cậy dựa trên cơ sở lý thuyết; có phân tích và đánh giá phù hợp; có tính mới và tính sáng tạo.

3. Kết quả thực hiện/ phân tích và đánh giá kết quả/ kiểm định thiết kế:

Phù hợp với mục tiêu đề tài; phân tích và đánh giá / kiểm thử thiết kế hợp lý; có tính sáng tạo/ kiểm định chặt chẽ và đảm bảo độ tin cậy.

4. Kết luận và đề xuất:

Kết luận phù hợp với cách đặt vấn đề, đề xuất mang tính cải tiến và thực tiễn; kết luận có đóng góp mới mẻ, đề xuất sáng tạo và thuyết phục.

5. Hình thức trình bày và bố cục báo cáo:

Văn phong nhất quán, bố cục hợp lý, cấu trúc rõ ràng, đúng định dạng mẫu; có tính hấp dẫn, thể hiện năng lực tốt, văn bản trau chuốt.

6. Kỹ năng chuyên nghiệp và tính sáng tạo:

Thể hiện các kỹ năng giao tiếp, kỹ năng làm việc nhóm, và các kỹ năng chuyên nghiệp khác trong việc thực hiện đề tài.

7. Tài liệu trích dẫn

Tính trung thực trong việc trích dẫn tài liệu tham khảo; tính phù hợp của các tài liệu trích dẫn; trích dẫn theo đúng chỉ dẫn APA.

8. Đánh giá về sự trùng lặp của đề tài

Cần khẳng định đề tài có trùng lặp hay không? Nếu có, đề nghị ghi rõ mức độ, tên đề tài, nơi công bố, năm công bố của đề tài đã công bố.

9. Những nhược điểm và thiếu sót, những điểm cần được bổ sung và chỉnh sửa*

10. Nhận xét tinh thần, thái độ học tập, nghiên cứu của sinh viên

Đề nghị của giảng viên hướng dẫn

Ghi rõ: "Bảo cáo đạt/ không đạt yêu cầu của một khóa luận tốt nghiệp kỹ sư, và được phép/ không được phép bảo vệ khóa luận tốt nghiệp"

Tp. HCM, ngày ... tháng 1, năm 2025

Người nhận xét

(Ký và ghi rõ họ tên)

* Giảng viên hướng dẫn có thể ghi tiếp vào mặt sau

Họ và tên sinh viên: Hoàng Ngọc Vĩnh Phúc

MSSV: 19161150

Ngành: CNKT Điện tử - Viễn thông

Lớp: 19161CLVT2B

Giảng viên hướng dẫn: ThS. Đặng Phước Hải Trang

1. Tên đề tài: HÊ THỐNG AN NINH GIA ĐÌNH

2. Các số liệu, tài liệu ban đầu:

- Kiến thức về các môn học: Vi xử lý, Hệ thống nhúng, Cơ sở và ứng dụng IoTs.
- Các tài liệu liên quan về lập trình ESP32, Raspberry Pi, Kotlin.

3. Nội dung thực hiện đề tài:

- Tìm hiểu về đề tài và các kiến thức yêu cầu cho đề tài.
- Vẽ sơ đồ khối, sơ đồ nguyên lý thông qua phần mềm Altium Designer.
- Tính toán các thông số, lựa chọn linh kiện phù hợp.
- Lập trình cho hệ thống.
- Triển khai mô hình hoàn chỉnh.
- Viết báo cáo.
- Bảo vệ đồ án tốt nghiệp.

4. Sản phẩm: Thiết kế được hệ thống an ninh gia đình.

GIẢNG VIÊN HƯỚNG DẪN

PHIẾU BỔ SUNG VÀ CHỈNH SỬA ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

Tên đề tài: HỆ THỐNG AN NINH GIA ĐÌNH	
Tên sinh viên: Hoàng Ngọc Vĩnh Phúc	MSSV: 19161150 Chuyên ngành: Viễn thông vi mạch
Tên GVHD: ThS. Đặng Phước Hải Trang	

I. NỘI DUNG BỔ SUNG (Ghi rõ rõ nội dung bổ sung những mục trong ĐATN so với nộp lần 1)

STT	Nội dung bổ sung	Trang
1.	Cập nhật thêm tình hình nghiên cứu hiện nay.	3, 5
2.	Làm rõ các bước thực hiện nhận dạng khuôn mặt và lựa chọn phương án tối ưu.	21 – 23
3.	Đánh giá thêm về thời gian nhận dạng, độ chính xác.	68

II. NỘI DUNG CHỈNH SỬA (*Ghi rõ nội dung chỉnh sửa những mục trong ĐATN so với nộp lần I*)

STT	Nội dung sửa	Trang
1.	Sửa lại lưu đồ giải thuật hình 3.20, trong đó có một số khối chưa đúng.	59 – 61
2.	Chỉnh sửa lại sơ đồ khối hệ thống.	30
3.	Làm rõ quy trình xử lý ảnh.	68

TP. HCM, ngày ... tháng 1 năm 2025

Sinh viên

(Ký và ghi rõ họ tên)

LỜI CẢM ƠN

Trước tiên tôi xin gửi lời cảm ơn đến khoa Điện – Điện tử đã tạo cơ hội cho tôi thực hiện đồ án tốt nghiệp này. Những bài học mà tôi tiếp thu được trong suốt sáu năm qua là nền tảng vững chắc giúp tôi phát triển kỹ năng, tư duy sáng tạo và hoàn thành đề tài này.

Xin đặc biệt cảm ơn giảng viên hướng dẫn của tôi, thầy Đặng Phước Hải Trang, người đã chu đáo chỉ bảo, chia sẻ kiến thức và không ngừng khai sáng tôi trong suốt quá trình làm đề tài này. Những lời góp ý chân thành, những buổi thảo luận quý giá và cả sự kiên nhẫn của thầy đã vực tôi dậy từ những khó khăn, thử thách trong cuộc sống cũng như trong quá trình thực hiện luận văn.

Tôi không thể hoàn thành đồ án này nếu thiếu đi bạn bè của mình. Xin cảm kích sâu sắc đến các bạn bè thân thiết của tôi và cả anh hàng xóm tốt bụng, những người đã luôn đồng hành, chia sẻ ý tưởng, không ngại mưa gió hay đường xá xa xôi để hỗ trợ tôi cả về tinh thần lẫn kiến thức và cả sức lực. Những lời động viên và sự giúp đỡ của các bạn đã cho tôi thêm dũng khí để tiếp tục cố gắng và hoàn thành nốt môn học cuối cùng này.

Cuối cùng, tôi vô cùng biết ơn gia đình, đặc biệt là mẹ tôi – người luôn là chỗ dựa tinh thần vững chắc, là nguồn động lực lớn lao để tôi vượt qua mọi thử thách. Tình yêu thương và sự ủng hộ từ mẹ cùng gia đình không chỉ giúp tôi an tâm học tập mà còn tiếp thêm sức mạnh để tôi hoàn thành đồ án này.

Đồ án tốt nghiệp này là thành quả của một hành trình gian nan, nhưng cũng tràn ngập những kỷ niệm mà tôi không bao giờ quên. Một lần nữa, xin được tri ân tất cả!

TÓM TẮT

Dự án này trình bày thiết kế và triển khai một hệ thống an ninh thông minh tích hợp công nghệ Internet vạn vật để giám sát và bảo vệ không gian sống. Hệ thống được xây dựng với mục tiêu phát hiện các tình huống nguy hiểm như xâm nhập trái phép, rò rỉ khí gas, nhiệt độ bất thường và tự động đưa ra các phản hồi nhằm đảm bảo an toàn cho người dùng.

Về cấu trúc hệ thống, phần cứng bao gồm Raspberry Pi, ESP32, camera nhận diện khuôn mặt và các cảm biến môi trường như DHT11 (nhiệt độ, độ ẩm), MQ-2 (khí gas) và PIR (chuyển động).

Hệ thống sử dụng các thuật toán nhận diện khuôn mặt như Haar Cascade và mẫu nhị phân cục bộ để phân biệt người quen và người lạ. Khi nhận diện được người dùng hợp lệ, cửa sẽ tự động mở; nếu phát hiện xâm nhập trái phép, hệ thống sẽ kích hoạt còi báo động rồi gửi tin nhắn và email thông báo kèm hình ảnh tới gia chủ. Ngoài ra, hệ thống cũng giám sát các chỉ số môi trường và gửi thông báo tức thì khi phát hiện nguy cơ, chẳng hạn như nồng độ khí gas cao hoặc nhiệt độ vượt ngưỡng an toàn.

Ứng dụng di động được phát triển bằng ngôn ngữ Kotlin, cung cấp giao diện cơ bản để người dùng theo dõi các chỉ số môi trường, điều khiển thiết bị từ xa và đặt lịch bật/tắt thiết bị. Hệ thống cũng tích hợp Google Assistant, cho phép điều khiển bằng giọng nói mà không cần mở ứng dụng.

Kết quả thử nghiệm cho thấy hệ thống đạt hiệu quả khá tốt trong các chức năng chính: nhận diện khuôn mặt có độ chính xác trung bình khá tốt trong môi trường đủ ánh sáng, giám sát môi trường và gửi thông báo tức thì qua email và tin nhắn. Đèn và cửa được điều khiển chính xác qua ứng dụng và giọng nói, tuy nhiên độ trễ trong sử dụng Google Assistant và yêu cầu điều kiện ánh sáng tốt cho camera là những hạn chế quan trọng cần cải thiện.

MỤC LỤC

BẢN NHẬN XÉT KHÓA LUẬN TỐT NGHIỆP	iii
NHIỆM VỤ ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP	iv
PHIẾU BỔ SUNG VÀ CHỈNH SỬA ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP	v
LỜI CẢM ƠN	vi
TÓM TẮT	vii
MỤC LỤC	viii
DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT	xi
DANH MỤC HÌNH	xii
DANH MỤC BẢNG	xiv
CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN	1
1.1. GIỚI THIỆU ĐỀ TÀI	1
1.2. TỔNG QUAN TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU	2
1.2.1. Tình hình nghiên cứu trong nước	2
1.2.2. Tình hình nghiên cứu ngoài nước	4
1.3. MỤC TIÊU ĐỀ TÀI	6
1.4. GIỚI HẠN ĐỀ TÀI	7
1.5. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU	7
1.6. BỐ CỤC ĐỀ TÀI	8
CHƯƠNG 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT	10
2.1. IOT	10
2.1.1. Khái niệm	10
2.1.2. Thành phần cơ bản	10
2.1.3. Nguyên lý hoạt động	12
2.1.4. Lợi ích và thách thức	13
2.1.5. Ứng dụng	13
2.1.6. IoT và nhà thông minh	15

2.2. PHÁT HIỆN KHUÔN MẶT BẰNG THUẬT TOÁN HAAR CASCADE...	15
2.2.1. Tổng quan	15
2.2.2. Đặc trưng Haar-like	16
2.3. NHẬN DIỆN KHUÔN MẶT BẰNG THUẬT TOÁN LBP	18
2.3.1. Tổng quan	18
2.3.2. Thuật toán LBP	19
2.3.3. Trình tự nhận dạng khuôn mặt.....	21
2.4. GOOGLE ASSISTANT	24
2.4.1. Tổng quan	24
2.4.2. Công nghệ nền tảng.....	25
2.4.3. Ứng dụng.....	26
2.5. THIẾT KẾ GIAO DIỆN VÀ TRẢI NGHIỆM NGƯỜI DÙNG	27
2.5.1. Tổng quan	27
2.5.2. Kotlin	28
CHƯƠNG 3. THIẾT KẾ HỆ THỐNG	29
3.1. YÊU CẦU HỆ THỐNG.....	29
3.2. ĐẶC TẢ HỆ THỐNG	30
3.3. THIẾT KẾ PHẦN CỨNG	31
3.3.1. Khối thu thập dữ liệu và giám sát.....	32
3.3.2. Khối xử lý trung tâm.....	36
3.3.3. Khối cảnh báo	42
3.3.4. Khối điều khiển.....	43
3.3.5. Khối lưu trữ và đồng bộ dữ liệu.....	44
3.3.6. Khối hiển thị.....	45
3.3.7. Khối nguồn	45
3.4. THIẾT KẾ PHẦN MỀM.....	48
3.4.1. Thiết kế chương trình cho Raspberry Pi	48
3.4.2. Thiết kế chương trình cho ESP32	54

3.4.3. Thiết kế chương trình cho ứng dụng di động	56
CHƯƠNG 4. KẾT QUẢ	63
4.1. SẢN PHẨM PHẦN CỨNG	63
4.2. KẾT QUẢ CÁC CHẾ ĐỘ VÀ ĐÁNH GIÁ HỆ THỐNG.....	64
4.2.1. Nhận diện khuôn mặt.....	64
4.2.2. Giám sát môi trường	82
4.2.3. Quản lý đèn	85
4.2.4. Điều khiển bằng giọng nói	88
4.2.5. Phân quyền người dùng	91
CHƯƠNG 5. KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN.....	94
5.1. KẾT LUẬN.....	94
5.1.1. Kết quả đạt được	94
5.1.2. Hạn chế	95
5.2. HƯỚNG PHÁT TRIỂN	95
TÀI LIỆU THAM KHẢO	97

DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT

STT	Từ viết tắt	Từ đầy đủ	Tên tiếng Việt
1	ADC	Analog to Digital Converter	Bộ chuyển đổi tín hiệu tương tự sang số
2	AI	Artificial Intelligence	Trí tuệ nhân tạo
3	API	Application Programming Interface	Giao diện lập trình ứng dụng
4	BLE	Bluetooth Low Energy	Bluetooth năng lượng thấp
5	CNN	Convolutional Neural Network	Mạng nơ-ron tích chập
6	CSI	Camera Serial Interface	Giao diện nối tiếp cho camera
7	DHT	Digital Humidity and Temperature	Cảm biến độ ẩm, nhiệt độ số
8	GPIO	General Purpose Input/Output	Giao tiếp vào/ra đa mục đích
9	HTTP	HyperText Transfer Protocol	Giao thức truyền tải siêu văn bản
10	IoT	Internet of Things	Internet vạn vật
11	LBP	Local Binary Patterns	Mẫu nhị phân địa phương
12	MQ-2	Methane Gas Sensor	Cảm biến khí gas methane
13	MQTT	Message Queuing Telemetry Transport	Giao thức truyền tải viễn thám qua hàng chờ
14	PIR	Passive Infrared	Cảm biến hồng ngoại thụ động
15	RGB	Red, Green, Blue	Đỏ, xanh lá, xanh dương
16	SD	Secure Digital	Thẻ nhớ kỹ thuật số an toàn
17	UI	User Interface	Giao diện người dùng
18	USB	Universal Serial Bus	Cổng kết nối đa dụng
19	UX	User Experience	Trải nghiệm người dùng
20	Wi-Fi	Wireless Fidelity	Công nghệ mạng không dây

DANH MỤC HÌNH

Hình 2.1. Các thành phần cơ bản của IoT [11]	11
Hình 2.2. Các đặc trưng Haar-like cơ bản.....	16
Hình 2.3. Minh họa về vùng cần tìm điểm ảnh	17
Hình 3.1. Sơ đồ khối của hệ thống	30
Hình 3.2. Sơ đồ thiết kế phần cứng	32
Hình 3.3. DHT11	33
Hình 3.4. MQ-2	34
Hình 3.5. PIR	34
Hình 3.6. Raspberry Pi Camera Rev 1.3	35
Hình 3.7. Bo Raspberry Pi 3 Model B+	37
Hình 3.8. Bo ESP32 DevKit V1	39
Hình 3.9. Còi 5 V DC.....	42
Hình 3.10. Servo motor SG90 180 độ	44
Hình 3.11. Led dây 5050 RGB	44
Hình 3.12. Module nguồn giảm áp DC XL4005 5 A	46
Hình 3.13. Module nguồn giảm áp DC LM2596S 3 A	46
Hình 3.14. Lưu đồ giải thuật Raspberry Pi.....	48
Hình 3.15. Lưu đồ giải thuật mô tả chương trình con “Xử lý dữ liệu từ camera”	49
Hình 3.16. Lưu đồ giải thuật mô tả chương trình con “Giám sát sự thay đổi của dữ liệu cảm biến”.....	51
Hình 3.17. Lưu đồ giải thuật mô tả chương trình con “Nhận lệnh điều khiển bằng giọng nói”	53
Hình 3.18. Lưu đồ giải thuật ESP32.....	55
Hình 3.19. Lưu đồ giải thuật cho ứng dụng di động	57
Hình 3.20. Lưu đồ giải thuật của trang Home	59
Hình 3.21. Lưu đồ giải thuật của trang Settings.....	60
Hình 3.22. Lưu đồ giải thuật của trang Log out	61

Hình 4.1. Mô hình hệ thống.....	63
Hình 4.2. Bố trí các cảm biến trong hệ thống.....	64
Hình 4.3. Cửa trước khi nhận diện khuôn mặt	65
Hình 4.4. Cửa sau khi nhận diện khuôn mặt thành công.....	66
Hình 4.5. Nhận diện khuôn mặt không hợp lệ	67
Hình 4.6. Email được gửi tức thì khi nhận diện khuôn mặt không hợp lệ.....	67
Hình 4.7. Tin nhắn được gửi tức thì khi nhận diện khuôn mặt không hợp lệ	67
Hình 4.8. Theo dõi giá trị cảm biến qua Firebase và ứng dụng	83
Hình 4.9. Thư điện tử cảnh báo nồng độ khí gas cao.....	83
Hình 4.10. Tin nhắn cảnh báo nồng độ khí gas vượt ngưỡng	83
Hình 4.11. Đóng cửa qua ứng dụng	84
Hình 4.12. Đèn được bật khi cảm biến chuyển động phát hiện có chuyển động	85
Hình 4.13. Bật đèn qua ứng dụng.....	86
Hình 4.14. Đèn tắt trước khi hẹn giờ.....	87
Hình 4.15. Khi đúng giờ bật đã hẹn trước thì đèn sẽ tự động bật	87
Hình 4.16. Khi đúng giờ tắt đã hẹn trước thì đèn sẽ tự động tắt	88
Hình 4.17. Bật đèn thông qua Google Assistant	89
Hình 4.18. Giao diện của quản trị viên.....	92
Hình 4.19. Giao diện của người dùng thường	93

DANH MỤC BẢNG

Bảng 3.1. Các thông số kỹ thuật của Raspberry Pi Camera Rev 1.3.....	35
Bảng 3.2. Các thông số kỹ thuật của Raspberry Pi 3 Model B+ [19]	38
Bảng 3.3. Các thông số kỹ thuật của ESP32-WROOM-32 [20]	41
Bảng 4.1. Kết quả nhận diện khuôn mặt trong điều kiện ánh sáng bình thường.....	70
Bảng 4.2. Kết quả nhận diện khuôn mặt trong điều kiện thiếu sáng	72
Bảng 4.3. Kết quả nhận diện khuôn mặt khi khoảng cách từ điểm giữa hai mắt đến camera là 20 cm	74
Bảng 4.4. Kết quả nhận diện khuôn mặt khi khoảng cách từ điểm giữa hai mắt đến camera là 30 cm	76
Bảng 4.5. Kết quả nhận diện khuôn mặt khi khoảng cách từ điểm giữa hai mắt đến camera là 40 cm	78
Bảng 4.6. Kết quả nhận diện khuôn mặt khi khoảng cách từ điểm giữa hai mắt đến camera là 50 cm	80
Bảng 4.7. Thời gian thực thi 100 lần câu lệnh “Bật đèn” và “Tắt đèn” luân phiên nhau	89

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN

1.1. GIỚI THIỆU ĐỀ TÀI

Kỷ nguyên số đã và đang cải biến lối sống cũng như phương thức làm việc của con người, đem đến sự cải tiến thúc đẩy cách mạng hóa đa dạng lĩnh vực, từ truyền thông, giáo dục, đến tự động hóa và an ninh. Trong thời đại này, sự kết nối và tự động hóa được xem là trọng tâm, thúc đẩy sự cần thiết về giải pháp hiệu quả, tiện lợi và thông minh. Một trong những lĩnh vực chịu ảnh hưởng lớn là an ninh không gian sống, nơi các hệ thống truyền thống dần bộc lộ nhiều hạn chế.

Trong khi các hệ thống an ninh truyền thống vẫn còn nhiều bất cập, chẳng hạn như phụ thuộc hoàn toàn vào thao tác thủ công và thiếu khả năng giám sát từ xa, thì sự trỗi dậy Internet vạn vật (IoT) mở ra một hướng đi mới. IoT không chỉ gắn kết các thiết bị với nhau mà còn hỗ trợ các hệ thống này tự động vận hành. Đặc biệt, trong lĩnh vực an ninh gia đình, IoT cho phép tích hợp các công nghệ hiện đại như nhận diện khuôn mặt, điều khiển thiết bị bằng cách ra lệnh và thông báo ngay khi phát hiện bất thường. Mặc dù vậy, để tạo lập một hệ thống an ninh thông minh dựa trên IoT, cần giải quyết hàng loạt thách thức như vấn đề tương thích giữa các thiết bị, đảm bảo bảo mật dữ liệu và tối ưu giá thành để phù hợp với đại đa số người dùng [1]. Việc xây dựng các hệ thống này không những đảm bảo về an toàn, mà còn cải thiện trải nghiệm sống trong thời đại công nghệ số.

Đề tài “Hệ thống an ninh gia đình” được triển khai với mục tiêu hình thành một hệ thống tích hợp các công nghệ hiện đại như nhận diện khuôn mặt, điều khiển thiết bị từ xa qua ứng dụng di động và giám sát môi trường qua cảm biến IoT. Hệ thống không chỉ đảm bảo yếu tố an ninh mà còn hỗ trợ người dùng tương tác linh hoạt thông qua các công nghệ hiện đại.

1.2. TỔNG QUAN TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU

Việc nghiên cứu và kế thừa các công trình trước đây là điều cần thiết cho sự phát triển hệ thống an ninh. Mục này thể hiện hiện cái nhìn tổng quát về môi quan tâm nghiên cứu trong và ngoài nước, nhằm làm rõ cơ sở khoa học, các ứng dụng thực tiễn cũng như những khoảng trống mà đề tài có thể khai thác. Qua những thành quả và thử thách từ các nghiên cứu trước đây, tác giả sẽ đưa ra phương hướng nghiên cứu nhằm hoàn thiện dự án này.

1.2.1. Tình hình nghiên cứu trong nước

Bài báo [2] giới thiệu cải thiện hệ thống sử dụng công nghệ IoT, điện toán đám mây và nhận biết khuôn mặt. Để theo dõi, ra lệnh cho các thiết bị trong thời gian thực. Hệ thống vận dụng những cảm biến như DHT22, MQ-2 và camera để lấy thông tin thô từ môi trường, phát hiện các tình huống nguy hiểm như xì hơi gas hoặc xâm phạm trái phép. Dữ liệu được đồng bộ lên Firebase, hỗ trợ không dây qua ứng dụng web hoặc chatbot Telegram. [2] nhấn mạnh tính năng tự động hóa linh động, chi phí rẻ và tiến đến cải tiến bảo mật, hiệu năng, cũng như tích hợp công nghệ học máy trong tương lai.

Nghiên cứu [3] vận dụng đặc trưng Haar-like liên kết với mô hình học máy, (Random Forest, Gradient Boosting, k-Nearest Neighbor) để quét gương mặt từ hình ảnh camera. Hệ thống không chỉ hỗ trợ điểm danh tự động mà còn đồng nhất dữ liệu với cơ sở dữ liệu để cập nhật và xuất báo cáo. Thành quả thí nghiệm thể hiện các thuật toán đạt hiệu năng cao, đặc biệt với mô hình Random Forest đạt độ chính xác tới 99,7%.

[4] đề xuất mô hình quét gương mặt kết hợp với HOG (Histogram of Oriented Gradient) cùng với mạng nơ-ron tích chập (CNN) nhằm cải thiện độ chính xác. Giai đoạn nhận diện gương mặt vận dụng đặc trưng HOG để lấy ra các đặc điểm và vận dụng bộ phân loại tuyến tính máy vector hỗ trợ nhằm xác định vùng gương mặt. Trong khi đó giai đoạn nhận dạng gương mặt sử dụng mô hình FaceNet, kết hợp CNN nhằm

thu thập dữ liệu từ không gian Euclidean, đảm bảo phân biệt rõ ràng các khuôn mặt. Thành quả thí nghiệm trên dữ liệu tiêu chuẩn (UOF, FEL, LFW) chứng tỏ mô hình có sự chính xác lớn, vượt trội hơn phương pháp Haar-like và PCA. Mô hình được đánh giá thích hợp cho nhiều ứng dụng theo dõi an ninh, kiểm soát vào/ra và cảnh báo đột nhập nhờ hiệu quả trong môi trường thực tế.

Hiện nay, công nghệ nhận diện khuôn mặt tại Việt Nam phát triển mạnh mẽ và đạt được nhiều thành tựu đáng kể, với một số hệ thống nằm trong top đầu thế giới. Theo thông tin từ VNExpress [5], công nghệ nhận diện khuôn mặt của Viettel AI đã đạt thứ hạng cao trong bài đánh giá của Viện Tiêu chuẩn và Công nghệ Quốc gia Hoa Kỳ (NIST). Trong số 133 giải pháp toàn cầu, mã hiệu vtcc_001 của Viettel AI nằm trong top 10 tại 5 hạng mục và đặc biệt đạt top 4 ở hạng mục nhận diện khuôn mặt ở góc nghiêng 90 độ (Mugshot-Profile 90), xếp sau các công nghệ từ Trung Quốc và Nhật Bản. Bài đánh giá FRTE 1:N Identification của NIST yêu cầu xử lý dữ liệu từ 12 triệu hình ảnh với thời gian dưới 1,5 giây, đảm bảo độ chính xác và hiệu quả cao trong thực tế. Công nghệ của Viettel AI được tích hợp trong các giải pháp eKYC nhằm bảo mật, phát hiện gian lận, xác minh tài khoản và quản lý ra vào tại các tổ chức. Ngoài ra, công nghệ này còn hỗ trợ xác thực căn cước công dân gắn chip với độ chính xác 100% và nâng cao hiệu quả xác thực trực tuyến, mang lại tiềm năng ứng dụng lớn trong quản lý dân cư và các lĩnh vực khác.

Theo báo cáo của VinBigdata [6], thuộc Tập đoàn Vingroup, lần đầu tiên Việt Nam lọt vào top 10 thế giới trong hạng mục nhận diện khuôn mặt Mugshot Webcam, theo đánh giá của NIST. Công ty đã vượt qua 144/153 giải pháp toàn cầu trong bài kiểm tra FRTE 1:N, vốn là tiêu chuẩn vàng để đánh giá độ chính xác và hiệu suất của các thuật toán nhận diện khuôn mặt. VinBigdata đã tối ưu thuật toán để xử lý dữ liệu từ 200 triệu hình ảnh với tốc độ nhanh và độ chính xác cao, đáp ứng yêu cầu nghiêm ngặt về nhận diện trong điều kiện ảnh chất lượng kém. Ngoài ra, công nghệ này còn đạt chứng chỉ toàn cầu iBeta với sai số 0%, khẳng định tính ưu việt và khả năng ứng dụng

thực tế. Công nghệ nhận diện khuôn mặt của VinBigdata hiện đã được tích hợp vào các sản phẩm và dịch vụ như eKYC, kiểm soát ra vào, chấm công, quản lý an ninh tại các đơn vị như VinFast, Vinhomes và Vinpearl. Đồng thời, công nghệ này đang được mở rộng sang các lĩnh vực giao thông, đô thị thông minh, ngân hàng và bảo hiểm. Thành công này không chỉ khẳng định khả năng tự chủ công nghệ với chất lượng chuẩn quốc tế mà còn đặt nền móng phát triển hệ sinh thái trí tuệ nhân tạo “made in Vietnam”, hướng tới cạnh tranh trên thị trường toàn cầu.

Những nghiên cứu trong nước đã đạt được nhiều bước tiến quan trọng, đặc biệt trong việc phát triển các hệ thống nhận diện khuôn mặt và ứng dụng công nghệ IoT vào các giải pháp an ninh thông minh. Với sự đóng góp nổi bật từ các đơn vị như Viettel AI và VinBigdata, công nghệ Việt Nam không chỉ đạt được những thứ hạng cao trong các bảng đánh giá quốc tế mà còn khẳng định tiềm năng lớn trong việc tự chủ công nghệ và phát triển các ứng dụng thực tiễn, mở ra cơ hội vươn xa trên thị trường toàn cầu

1.2.2. Tình hình nghiên cứu ngoài nước

Ở nước ngoài đã đạt được nhiều kết quả đáng kể trong sử dụng công nghệ IoT và trí tuệ nhân tạo cho nhiều hệ thống an ninh.

Bài nghiên cứu [7] tập trung phát triển việc quét gương mặt thông qua hệ thống dựa vào thuật toán Haar Cascade, ứng dụng cho cơ chế mở khoá cửa. Thuật toán sử dụng Haar Wavelet để phân tích các điểm ảnh thành các hình vuông và áp dụng kỹ thuật AdaBoost để chọn ra các đặc trưng quan trọng từ nguồn dữ liệu lớn, nhằm tăng khả năng và phát hiện hiệu quả. Hệ thống vận dụng Raspberry Pi làm bộ xử lý trung tâm cùng với camera nhằm lấy ảnh khuôn mặt và đối chiếu với cơ sở dữ liệu sẵn có. Khi khuôn mặt được nhận diện đúng thì cửa sẽ tự động mở/khoá; nếu không nhận diện được thì hệ thống đẩy tín hiệu cảnh báo và gửi hình ảnh đến người quản lý. Dự án này nhằm khẳng định khả năng hiệu quả và tính khả thi của Haar Cascade trong ứng dụng bảo mật gia đình, đặc biệt trong các hệ thống chi phí thấp và tài nguyên hạn chế.

Bài nghiên cứu [8] chủ yếu đánh giá hiệu năng của Haar Cascade trong nhận diện khuôn mặt. [8] dùng bộ dữ liệu gồm các hình ảnh khuôn mặt ở các khoảng cách, độ sáng tối và góc nghiêng khác nhau để kiểm tra tính chính xác và ổn định của thuật toán. Thực nghiệm được độ chính xác 80% trong các điều kiện thách thức như ánh sáng kém và khuôn mặt bị nghiêng, cho thấy độ hiệu quả của thuật toán trên các ứng dụng có ít tài nguyên. [8] cũng chỉ ra rằng Haar Cascade tốt hơn so với Eigenfaces và Fisherfaces về tốc độ và hiệu quả, đồng thời gợi ý việc cải thiện hệ thống qua việc tích hợp học sâu hoặc dùng vi điều khiển mạnh hơn để tăng độ chính xác. Nghiên cứu nhấn mạnh tiềm năng của Haar Cascade qua việc theo dõi khuôn mặt thời gian thực hoặc ứng dụng vào các hệ thống bảo mật.

Bài báo [9] chỉ ra Meta, công ty mẹ của Facebook và Instagram, đang thử nghiệm công nghệ nhận diện khuôn mặt để giải quyết các vấn đề lừa đảo hình ảnh người nổi tiếng trên nền tảng của mình. Công nghệ này sử dụng hệ thống tự động để so sánh hình ảnh trong quảng cáo với cơ sở dữ liệu về hình ảnh của hơn 50000 người nổi tiếng trên toàn cầu. Các quảng cáo chứa hình ảnh giả mạo sẽ bị loại bỏ ngay lập tức. Điều này giúp quá trình kiểm duyệt trở nên nhanh chóng, chính xác hơn và bảo vệ quyền lợi người dùng cũng như danh tiếng của các cá nhân liên quan. Ngoài ra, [9] cho biết Meta cũng áp dụng công nghệ nhận diện khuôn mặt để hỗ trợ người dùng khôi phục tài khoản bị đánh cắp. Để giảm lo ngại về quyền riêng tư, công ty khẳng định dữ liệu khuôn mặt sẽ bị xóa ngay sau khi hoàn thành quá trình đối chiếu. Thử nghiệm ban đầu cho thấy tiềm năng hứa hẹn về tốc độ và hiệu quả của công nghệ này trong việc phát hiện các nội dung giả mạo. Đây là bước tiến quan trọng, giúp Meta nâng cao tính minh bạch và an toàn cho người dùng trên các nền tảng mạng xã hội lớn nhất thế giới.

Những thành tựu nghiên cứu trên toàn cầu không chỉ chứng minh tiềm năng vượt trội của công nghệ nhận diện khuôn mặt mà còn mở ra những cơ hội ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực khác nhau. Tuy nhiên, cùng với đó là những thách thức về bảo mật, quyền riêng tư và tối ưu hóa hiệu năng, tạo động lực cho các nghiên cứu tiếp theo

nhằm hoàn thiện và phát triển công nghệ này trong bối cảnh ngày càng cạnh tranh và đổi mới.

1.3. MỤC TIÊU ĐỀ TÀI

Mục đích quan trọng của đề tài là thiết lập một hệ thống an ninh đa chức năng trong nhà, cho phép nhận diện khuôn mặt để mở cửa, mang lại sự an toàn và tiện lợi cho người dùng. Khi một khuôn mặt được nhận diện là hợp lệ, cửa sẽ tự động mở. Ngược lại, nếu khuôn mặt không hợp lệ, còi cảnh báo sẽ kích hoạt và một thông báo sẽ được gửi ngay lập tức qua email cũng như tin nhắn, cảnh báo chủ nhà về sự xâm nhập bất thường. Tính năng này không chỉ tăng cường an ninh mà còn nâng cao trải nghiệm sử dụng công nghệ hiện đại trong đời sống.

Người dùng có thể dễ dàng theo dõi các chỉ số môi trường trong nhà như nhiệt độ, độ ẩm và nồng độ khí gas thông qua ứng dụng di động. Đặc biệt, nếu nhiệt độ vượt quá 40°C hoặc nồng độ khí gas vượt ngưỡng 5%, hệ thống sẽ gửi thông báo tức thì qua email và tin nhắn để chủ nhà có biện pháp xử lý kịp thời. Bên cạnh đó, việc điều khiển cửa ra vào có thể thực hiện dễ dàng thông qua ứng dụng hoặc nút nhấn trong nhà, tạo sự tiện lợi tối đa trong việc quản lý thiết bị.

Hệ thống cũng cung cấp tính năng bật và tắt đèn tự động dựa trên cảm biến chuyển động, giúp tiết kiệm năng lượng và mang lại sự thoải mái cho người dùng. Ngoài ra, người dùng có thể bật, tắt hoặc hẹn giờ cho đèn thông qua ứng dụng, đáp ứng linh hoạt các nhu cầu sử dụng ánh sáng trong gia đình.

Một điểm đặc biệt trong dự án là khả năng giao tiếp với hệ thống bằng giọng nói thông qua Google Assistant. Người dùng chỉ cần ra lệnh bằng giọng nói mà không cần phải mở ứng dụng, điều này mang lại sự thuận tiện và trải nghiệm hiện đại, thông minh trong việc quản lý các thiết bị trong nhà.

Ứng dụng trên điện thoại thông minh còn tích hợp tính năng phân quyền người dùng để đảm bảo an toàn và quản lý hiệu quả. Quản trị viên có quyền cài đặt thiết bị,

thêm hoặc xóa tài khoản người dùng. Trong khi đó, người dùng thông thường chỉ có quyền bật/tắt thiết bị hoặc theo dõi dữ liệu cảm biến mà không thể thay đổi các cài đặt hệ thống. Điều này giúp bảo vệ hệ thống khỏi các thay đổi không mong muốn và đảm bảo tính ổn định trong vận hành.

1.4. GIỚI HẠN ĐỀ TÀI

Giới hạn của đề tài bao gồm một số yếu tố kỹ thuật, phạm vi ứng dụng và điều kiện thực hiện, cụ thể như sau:

- Hệ thống được thiết kế chủ yếu để hoạt động trong môi trường gia đình hoặc không gian nhỏ. Cảm biến PIR, MQ-2 và DHT11 có phạm vi hoạt động hạn chế, không thể đáp ứng toàn diện trong các không gian rộng.

- Nhận diện khuôn mặt chỉ hoạt động ổn định trong điều kiện ánh sáng đầy đủ. Trong điều kiện ánh sáng yếu hoặc khuôn mặt có các đặc điểm không nằm trong tập huấn luyện thì sẽ phát sinh sai sót. Bên cạnh đó, hệ thống chưa thực sự bảo mật nếu kẻ gian sử dụng ảnh tĩnh của gia chủ để nhận diện khuôn mặt.

- Giao tiếp với hệ thống bằng giọng nói vẫn tồn tại độ trễ tương đối lớn và nhiều lúc không nhận diện được giọng nói gây ảnh hưởng đến trải nghiệm người dùng.

- Giao diện điện thoại còn khá đơn giản, chỉ đáp ứng phản thao tác chứ chưa đáp ứng được phân nhin.

1.5. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Để đạt được những mục tiêu đề ra, tôi đã áp dụng các phương pháp sau:

- Tham khảo các tài liệu khoa học, luận án, bài báo về hệ thống an ninh thông minh, các công nghệ IoT, các thuật toán nhận diện khuôn mặt.

- Xây dựng và kiểm tra các module phần cứng, thực hiện kết nối các thành phần này để đảm bảo sự nhất quán trong vận hành. Thực nghiệm các thuật toán phát hiện và

nhận diện khuôn mặt. Tích hợp hệ thống vào Firebase để dễ đồng bộ theo thời gian thực cũng như dễ lưu trữ hơn.

- Thiết kế kiến trúc hệ thống bao gồm các khối chức năng. Thiết kế giao diện người dùng dễ dàng điều khiển, giám sát từ xa các thiết bị trên ứng dụng di động.

- Phân tích hiệu năng của hệ thống, tập trung vào độ chính xác nhận diện khuôn mặt, thời gian xử lý, khả năng phản hồi của hệ thống. Đánh giá hệ thống dựa trên các tiêu chí: độ chính xác, tốc độ xử lý, đồng bộ thời gian thực và mức độ ổn định. Thực hiện thử nghiệm thực tế để đánh giá chính xác khả năng hoạt động của ứng dụng và xác nhận rằng dự án đã đáp ứng đầy đủ các yêu cầu được đề ra.

1.6. BỐ CỤC ĐỀ TÀI

Đề tài được cấu trúc thành năm chương chính, mỗi chương phản ánh một nội dung quan trọng, góp phần tạo nên sự liên mạch và logic trong cách tiếp cận vấn đề và triển khai giải pháp.

- **Chương 1. Tổng quan.** Chương này trình bày bối cảnh nghiên cứu, các vấn đề mà hệ thống an ninh truyền thống đang gặp phải. Đồng thời, chương này cũng nêu bật mục tiêu và giới hạn của đề tài, nhấn mạnh tính cấp thiết và tiềm năng ứng dụng thực tế.

- **Chương 2. Cơ sở lý thuyết.** Phần này tập trung cung cấp các khái niệm, thuật toán và công nghệ nền tảng liên quan đến hệ thống, chẳng hạn như IoT, nhận diện khuôn mặt và các lý thuyết về Google Assistant, thiết kế giao diện – trải nghiệm người dùng. Việc trình bày chi tiết về các công nghệ này không chỉ giúp hiểu rõ hơn về cơ chế hoạt động mà còn là cơ sở cho việc triển khai và phát triển hệ thống.

- **Chương 3. Thiết kế hệ thống.** Chương 3 mô tả chi tiết kiến trúc hệ thống, bao gồm cả thiết kế phần cứng và phần mềm. Sơ đồ khối với các khối chức năng và lưu đồ giải thuật đều được trình bày cụ thể. Đây là phần cốt lõi, thể hiện cách các thành phần phối hợp để tạo ra một hệ thống hoàn chỉnh.

- **Chương 4. Kết quả.** Trong chương này, các kết quả thử nghiệm và đánh giá hiệu suất của hệ thống được trình bày.

- **Chương 5. Kết luận và hướng phát triển.** Chương cuối cùng tổng hợp lại những kết quả đạt được, đánh giá những hạn chế còn tồn tại và đề xuất hướng phát triển trong tương lai.

CHƯƠNG 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. IOT

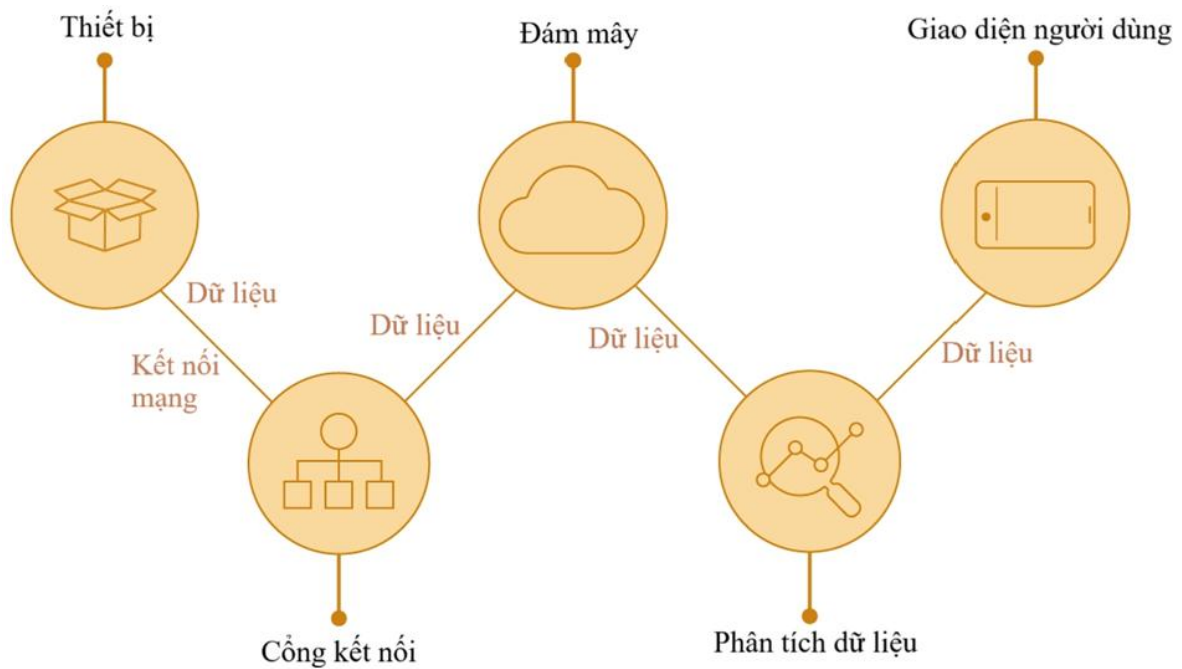
2.1.1. Khái niệm

IoT, hay còn gọi là Internet of Things, là khái niệm chỉ sự kết nối của các đối tượng thông thường trong đời sống hằng ngày với Internet, cho phép chúng thu thập, truyền tải và chia sẻ dữ liệu. Mạng lưới các thiết bị được kết nối này đã biến những đối tượng vốn "không thông minh," chẳng hạn như máy nướng bánh mì hoặc camera an ninh, trở thành những thiết bị thông minh có khả năng tương tác với nhau và môi trường xung quanh. IoT mang đến sự thay đổi cách thức các thiết bị vận hành, từ đó tạo ra một hệ sinh thái thông minh và tối ưu hơn [10].

Trong thời đại công nghệ và Internet, IoT giữ vai trò then chốt trong quá trình số hóa cũng như tự động hóa sản xuất. Hệ thống này giúp nâng cao hiệu quả quản lý tài nguyên qua việc theo dõi và tối ưu hóa sử dụng nguyên vật liệu, đồng thời giảm thiểu sử dụng năng lượng nhờ các công nghệ điều khiển thông minh. Hơn thế, IoT còn đem lại những cải cách cho chất lượng cuộc sống nhờ những giải pháp hiện đại, khả năng tương tác linh hoạt và đáp ứng nhu cầu cá nhân. Những thiết bị thông minh này không những nâng cao tiện ích mà còn góp phần xây dựng môi trường sống an toàn và hiệu quả, phù hợp với yêu cầu phong phú và ngày càng cao của người dùng trong xã hội hiện đại.

2.1.2. Thành phần cơ bản

Hệ thống IoT được cấu thành từ nhiều thành phần cơ bản, phối hợp với nhau để tạo xây dựng một mạng lưới kết nối thông minh, trong đó mỗi thành phần đảm nhận một vai trò cụ thể để đảm bảo tính mượt mà và hiệu quả của hệ thống. Những thành phần này được minh họa như trong hình 2.1.



Hình 2.1. Các thành phần cơ bản của IoT [11]

- Thiết bị là những thành phần vật lý chính trong hệ thống, đảm nhận thu thập thông tin từ các thiết bị khác hoặc môi trường xung quanh. Chúng có thể tích hợp cảm biến để nhận dữ liệu và truyền thông tin thu thập đến các cổng kết nối hoặc bộ xử lý.
- Cổng kết nối là thiết bị trung gian, giúp truyền dữ liệu ở thiết bị qua nền tảng đám mây.
- Dữ liệu do thiết bị IoT tiếp nhận được lưu lại và phân tích bằng việc gửi lên nền tảng đám mây. Đám mây đảm bảo rằng thông tin phải được cập nhật liên tục và sẵn sàng truy cập từ mọi địa điểm có Internet.
- Để thu thập thông tin giá trị, dữ liệu từ đám mây phải được phân tích. Quá trình phân tích này thường áp dụng học máy và trí tuệ nhân tạo nhằm tìm ra các xu hướng hoặc bất thường trong dữ liệu. Việc này có vai trò biến dữ liệu thô thành dữ liệu có giá trị, cảnh báo thời gian thực, dự đoán và hỗ trợ ra quyết định.

- Là cầu nối giúp con người giao tiếp với IoT, thông qua giao diện người dùng, ta có thể theo dõi, điều khiển hoặc nhận phản hồi từ các thiết bị kết nối. Một giao diện người dùng hiệu quả cần trực quan, dễ tiếp cận, phản hồi nhanh chóng.

- Kết nối mạng là thành phần quan trọng, giúp truyền dữ liệu giữa các thiết bị và máy chủ đám mây. Các loại kết nối thường dùng là kết nối không dây (Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, LoRa) hay có dây (Ethernet).

- Bảo mật hệ thống là một thành phần quan trọng nhằm bảo vệ dữ liệu và thiết bị IoT khỏi các rủi ro an ninh. Hệ thống bảo mật cần đảm bảo xác thực truy cập, mã hóa dữ liệu, phát hiện và phản hồi tấn công.

- Phần cứng điều khiển trung tâm giám sát giao tiếp và luồng thông tin giữa các thiết bị. Nó cũng tạo điều kiện chuyển đổi giữa nhiều giao thức khác nhau và giữ cho hệ thống hoạt động tốt.

2.1.3. Nguyên lý hoạt động

Hệ thống IoT thường hoạt động như sau:

- Thu thập: Các cảm biến ghi nhận thông tin từ thiết bị hoặc từ môi trường.
- Truyền tải: Dữ liệu ghi nhận từ cảm biến truyền đến trung tâm xử lý qua mạng Internet bằng các giao thức truyền thông như MQTT, HTTP, CoAP.
- Xử lý: Việc xử lý dữ liệu nhằm tạo ra các thông tin hữu ích hoặc phát hiện sự kiện bất thường. Quá trình này có thể sử dụng áp dụng học máy hoặc các phương pháp thống kê.
- Phản hồi và hành động: Tùy theo kết quả phân tích, các bộ điều khiển hoặc thiết bị khác được kích hoạt nhằm thực thi các hành động phù hợp như bật đèn, gửi thông báo hay kích hoạt hệ thống an ninh.

2.1.4. Lợi ích và thách thức

IoT đem tới rất nhiều lợi ích, đặc biệt là trong việc tự động hoá tối ưu tài nguyên và nâng cao trải nghiệm người dùng, góp phần làm giảm đi sự can thiệp từ con người trong các quy trình lặp đi lặp lại nhàm chán. Chẳng hạn, trong lĩnh vực công nghiệp, các dây chuyền sản xuất thông minh có thể vận hành tự động dựa trên dữ liệu thu thập được từ cảm biến, giúp tăng năng suất và làm giảm thiểu lỗi phát sinh. IoT cũng góp phần tiết kiệm tài nguyên thông qua việc ưu hóa sử dụng tài nguyên và năng lượng. Hệ thống quản lý nước trong nông nghiệp hay bộ điều nhiệt thông minh hay có thể điều chỉnh hoạt động dựa trên nhu cầu thực tế, từ đó giảm chi phí vận hành. Ngoài ra, IoT cải thiện trải nghiệm người dùng nhờ tính tiện lợi, an toàn và khả năng cá nhân hóa cao. Ví dụ, ta có thể tăng giảm ánh sáng hoặc nhiệt độ trong hệ thống nhà thông minh dựa trên thói quen của gia chủ.

Tuy nhiên, IoT cũng không tránh khỏi việc gặp phải nhiều nhiều vấn đề lớn. Đáng lo ngại là vấn đề quyền riêng tư và bảo mật, khi các thiết bị không ngừng thu thập và truyền tải thông tin, qua đó dễ dàng trở thành mục tiêu bị các đối tượng tấn công mạng nhắm vào nếu không được bảo mật đúng cách. Thách thức khác phát sinh từ các thiết bị không tương thích với nhau do sự đa dạng về giao thức và thiết kế từ các nơi cung cấp khác nhau, gây ra những khó khăn trong việc tích hợp hệ thống. Chi phí bỏ vào cũng là một rào cản lớn, bao gồm cả chi phí cho cơ sở hạ tầng, thiết bị và công nghệ. Đơn cử như việc xây dựng một thành phố thông minh đòi hỏi nguồn vốn lớn để lắp đặt hạ tầng mạng hiện đại, trung tâm xử lý dữ liệu cũng như là cảm biến.

2.1.5. Ứng dụng

IoT đã và đang cách mạng hóa nhiều lĩnh vực trên thế giới. Nó đã thay đổi cách tiếp cận việc chăm sóc sức khỏe trong lĩnh vực y tế. Các thiết bị thông minh đeo được như Fitbit hoặc Apple Watch không chỉ giúp người sử dụng chúng giám sát các chỉ số sức khỏe cơ bản mà còn có thể cảnh báo sớm về các bất thường xảy ra như hạ đường

huyết hay rối loạn nhịp tim. Trong đợt dịch COVID-19, hệ thống IoT được phổ biến ở nhiều vùng để có thể giám sát sức khỏe người bệnh từ xa, giảm tải cho bệnh viện và tăng cường chăm sóc cá nhân hóa. Ngoài ra, IoT còn hỗ trợ theo dõi bệnh nhân bị bệnh mãn tính như bị tiểu đường bằng cách tự động gửi dữ liệu đến bác sĩ từ máy đo đường huyết nhằm điều chỉnh kế hoạch điều trị.

Trong nông nghiệp thông minh, IoT giúp ưu hóa quá trình sản xuất. Ở Kenya, Liquid Telecom đã hợp tác với Twiga Foods triển khai một hệ thống qua mạng IoT Sigfox chi phí thấp giúp tối ưu hóa việc tưới tiêu bằng việc tiết kiệm nước tưới nhờ giám sát độ ẩm đất, tối ưu hóa sử dụng phân bón và thuốc trừ sâu. Điều này không chỉ tăng năng suất và hiệu quả canh tác mà còn góp phần đảm bảo vấn đề lương thực tại Kenya [12]. Tại Việt Nam, hợp tác xã Dịch vụ nông nghiệp Mỹ Đông 2, Đồng Tháp đã ứng dụng công nghệ IoT và cơ giới hóa trong sản xuất lúa, giúp nông dân quản lý tưới tiêu, giám sát sâu rầy và đồng ruộng từ xa qua điện thoại thông minh. Nhờ các cảm biến thông minh và hệ thống giám sát, hợp tác xã tiết kiệm chi phí, tăng năng suất và đảm bảo chất lượng lúa, với hơn 2/3 diện tích được doanh nghiệp bao tiêu đầu ra [13].

Trong công nghiệp thông minh, IoT được triển khai trên các dây chuyền sản xuất nhằm giám sát và tối ưu hóa chúng. Siemens ứng dụng IoT thông qua nền tảng MindSphere để kết nối thiết bị công nghiệp, thu thập và phân tích dữ liệu nhằm tối ưu hóa sản xuất, quản lý chuỗi cung ứng và giảm chi phí. Điều này giúp tăng năng suất, giảm khí thải CO₂ và thúc đẩy phát triển bền vững [14]. Trong lĩnh vực ô tô, Tesla sử dụng IoT để tích hợp tính năng tự lái, cập nhật phần mềm qua mạng và kết nối thông minh, giúp cải thiện hiệu năng và an toàn cho xe [15]. Ở Việt Nam, VinFast đã tiên phong ứng dụng công nghệ IoT trên xe điện VF e34, tích hợp các tính năng thông minh như quản lý xe qua điện thoại thông minh, kết nối Apple CarPlay và Android Auto, cập nhật phần mềm từ xa, định vị xe, tự động chẩn đoán và cảnh báo hư hỏng. Khoang lái xe còn hỗ trợ điều khiển bằng giọng nói tiếng Việt và trí tuệ nhân tạo ghi nhớ thói quen người dùng, mang đến trải nghiệm cá nhân hóa và tiện lợi cho người lái [16].

2.1.6. IoT và nhà thông minh

Hệ thống nhà thông minh là một trong những ứng dụng được sử dụng rộng rãi của IoT, đem lại cho các gia đình hiện đại sự tiện lợi, an toàn và tối ưu hóa năng lượng. Trong nhà thông minh, IoT làm nền tảng kết nối các thiết bị thông minh như cảm biến, ngoại vi và hệ thống giám sát với trung tâm điều khiển thông qua mạng Internet.

Thông qua các giao thức truyền thông như MQTT hay HTTP, các thiết bị IoT trong nhà có thể gửi dữ liệu thời gian thực về bộ xử lý trung tâm hoặc nhận lệnh điều khiển từ người dùng. Chẳng hạn, gia chủ có thể thông qua ứng dụng di động mà bật/tắt đèn, khóa/mở cửa hoặc giám sát an ninh qua camera, ngay cả khi không có mặt ở nhà.

IoT trong nhà thông minh cũng cho phép tích hợp các chức năng như tự động hóa, như bật đèn khi phát hiện chuyển động hoặc gửi cảnh báo khi phát hiện rò rỉ khí gas. Các cảm biến và thiết bị thông minh có thể được đồng bộ hóa và điều chỉnh linh hoạt, góp phần làm giảm nguồn năng lượng bị tiêu hao và giúp đảm bảo tính an toàn cho gia đình và ngôi nhà. Nhờ IoT, nhà thông minh không đơn thuần chỉ là nơi để ở mà còn là một không gian sống thông minh, thân thiện và hiệu quả.

2.2. PHÁT HIỆN KHUÔN MẶT BẰNG THUẬT TOÁN HAAR CASCADE

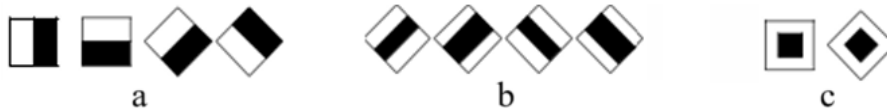
2.2.1. Tổng quan

Phát hiện khuôn mặt là một lĩnh vực quan trọng trong thị giác máy tính, được ứng dụng đa dạng như xác thực khuôn mặt, giám sát an ninh hay tương tác người – máy. Kỹ thuật này nhằm tìm xem khuôn mặt ở đâu trong một hình ảnh hoặc một khung video. Phát hiện khuôn mặt đòi hỏi phải giải quyết hiệu quả ánh sáng, góc quay hay biểu cảm khuôn mặt. Nhiều thuật toán đã được phát triển để cải thiện độ chính xác và tốc độ phát hiện khuôn mặt, trong đó thuật toán Haar Cascade là một trong những phương pháp phổ biến nhất nhờ hiệu quả cao và khả năng hoạt động thời gian thực.

Thuật toán Haar Cascade là một phương pháp dựa trên đặc trưng cục bộ, trong đó các đặc trưng Haar được sử dụng để phân tích và phát hiện các mẫu trong hình ảnh. Các đặc trưng này được tính toán bằng cách so sánh cường độ ánh sáng giữa các vùng sáng và tối trong một khung hình chữ nhật trên hình ảnh. Với cách tiếp cận dựa trên đặc trưng này, Haar Cascade cho phép nhanh chóng xác định các mẫu hình học thường xuất hiện trên khuôn mặt như mắt, mũi, và miệng. Thuật toán này sử dụng cấu trúc dạng cây (cascade) để tăng tốc độ xử lý, trong đó các vùng không chứa khuôn mặt được loại bỏ sớm, giúp tập trung tài nguyên tính toán vào các vùng có tiềm năng cao.

2.2.2. Đặc trưng Haar-like

Xác định một hoặc nhiều cặp vùng sáng và tối trong hình ảnh tạo ra một đặc trưng Haar-like cơ bản. Các mẫu đặc trưng cơ bản bao gồm đặc trưng cạnh (hình 2.2a), đặc trưng đường (hình 2.2b) và đặc trưng quanh tâm (hình 2.2c).



Hình 2.2. Các đặc trưng Haar-like cơ bản

Dựa trên các đặc trưng cơ bản đã đề cập, giá trị đặc trưng này có thể được tính toán qua cách xem xét sự khác biệt giữa tổng điểm ảnh mức xám trong vùng đen và vùng trắng.

Khái niệm ảnh tích hợp được Viola và Jones đưa ra, là một ma trận để xác định các đặc trưng Haar-like, với số cột và hàng bằng với ảnh gốc. Mỗi một phần tử trong ma trận được tính bằng việc tổng hợp các điểm ảnh nằm ở hàng trên và cột ở phía bên trái của nó [17], theo công thức 2.1.

$$I(x, y) = \sum_{x' \leq x, y' \leq y} P(x', y') \quad (2.1)$$

trong đó, $I(x, y)$ là giá trị tích phân tại tọa độ (x, y) ,

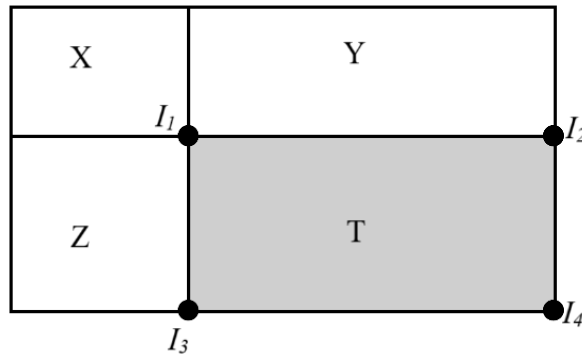
$P(x', y')$ là giá trị điểm ảnh gốc tại (x', y') .

Việc kết hợp các mức xám của bất kỳ khu vực nào trên hình ảnh là cực kỳ đơn giản sau khi xác lập ảnh tích hợp. Giả định rằng khu vực cần tính (khu vực T) là một hình chữ nhật được xác định bởi bốn góc, như được minh họa trong hình 2.3. Tổng giá trị điểm ảnh trong khu vực cần tìm là:

$$\begin{aligned} T &= X + Y + Z + T - X - Y - Z \\ &= X + Y + Z + T - (X + Y) - (X + Z) + X, \end{aligned} \quad (2.2)$$

với $X + Y + Z + T$ là giá trị điểm ảnh tại $I_4(x_4, y_4)$, $X + Y$ là giá trị điểm ảnh tại $I_2(x_2, y_2)$, $X + Z$ là giá trị điểm ảnh tại $I_3(x_3, y_3)$ và X là giá trị điểm ảnh tại $I_1(x_1, y_1)$. Do đó, biểu thức (2.2) có thể được viết lại như sau:

$$\sum_{\text{điểm ảnh}} = I_4(x_4, y_4) - I_2(x_2, y_2) - I_3(x_3, y_3) + I_1(x_1, y_1) \quad (2.3)$$



Hình 2.3. Minh họa về vùng cần tìm điểm ảnh

Khi sử dụng ảnh tích hợp, việc tổng hợp giá trị điểm ảnh trong bất kỳ khu vực hình chữ nhật nào sẽ dễ dàng hơn vì chỉ yêu cầu các phép tính cộng và trừ tại bốn góc của vùng đó. Phương pháp này giúp giảm đáng kể thời gian xử lý và đóng vai trò quan trọng trong việc xác định các đặc trưng Haar-like trong xử lý ảnh.

2.3. NHẬN DIỆN KHUÔN MẶT BẰNG THUẬT TOÁN LBP

2.3.1. Tổng quan

Nhận diện khuôn mặt, một phần nổi bật của AI và thị giác máy tính, có mục tiêu quan trọng là xác định danh tính của từng khuôn mặt trong hình ảnh hoặc video. Không giống như phát hiện khuôn mặt, kỹ thuật này yêu cầu phải xem một cách tỉ mỉ các đặc điểm riêng biệt như hình dáng mắt, tỷ lệ mũi hoặc cấu trúc đường viền khuôn mặt. Do sự đa dạng về biểu cảm, ánh sáng, góc nhìn và thậm chí các yếu tố như tuổi tác hoặc phụ kiện như kính hoặc mũ nên có thể coi đây là một yêu cầu đầy tính thử thách. Việc áp dụng các thuật toán mạnh mẽ và hiệu quả, như mẫu nhị phân địa phương (Local Binary Patterns – LBP), đã mở ra một hướng tiếp cận đơn giản nhưng hiệu quả trong việc nhận diện khuôn mặt.

LBP là một kỹ thuật cho phép xuất ra các đặc trưng dựa trên kết cấu hình ảnh, được ứng dụng nhiều bởi tính đơn giản và hiệu quả trong việc nhận diện khuôn mặt. Đặc trưng của LBP nằm ở khả năng mô tả các mẫu vi kết cấu bằng cách phân tích sự thay đổi cường độ điểm ảnh trong một vùng lân cận. LBP hoạt động dựa theo việc so sánh giá trị của một điểm ảnh trung tâm với các điểm ảnh nằm ở vị trí lân cận xung quanh nó, từ đó mã hóa các thay đổi cục bộ thành một chuỗi nhị phân. Với đặc tính nhạy bén đối với kết cấu và sự thay đổi cường độ, LBP không chỉ đơn giản mà còn rất có ích khi cần mô tả những đặc điểm trên khuôn mặt. Khả năng tính toán nhanh và yêu cầu tài nguyên thấp của LBP khiến nó là một công cụ phù hợp cho những hệ thống cần nhận diện khuôn mặt thời gian thực, đặc biệt trong các môi trường có hạn chế về phần cứng.

2.3.2. Thuật toán LBP

Ojala đã giới thiệu thuật toán LBP vào năm 1996 như một thủ thuật để đánh giá điểm khác nhau thuộc phạm vi bức ảnh, giúp nhận diện các đặc điểm quan trọng. Thuật toán này nổi bật nhờ tính đơn giản và hiệu quả [18].

Quá trình hoạt động của thuật toán LBP bao gồm các bước sau:

- Xác định vùng lân cận: Mỗi điểm ảnh trong ảnh được coi là một điểm ảnh trung tâm và các điểm ảnh được sắp xếp thường là theo hình tròn xung quanh nó được chọn làm vùng lân cận. Số lượng điểm ảnh lân cận có thể thay đổi tùy theo ứng dụng, nhưng thường sử dụng tám điểm ảnh nằm quanh điểm ảnh trung tâm.

- So sánh cường độ sáng: Xét với mỗi điểm ảnh trung tâm, giá trị cường độ sáng của từng điểm ảnh lân cận được so sánh với cường độ sáng của nó, là ngưỡng. Nếu cường độ sáng của điểm ảnh lân cận lớn hơn hoặc bằng với ngưỡng thì giá trị tương ứng của nó sẽ được mã hóa là 1; ngược lại thì được mã hóa là 0.

- Mã hóa nhị phân: Sau khi hoàn thành so sánh, một chuỗi nhị phân gồm 8 bit sẽ được tạo ra (theo thứ tự của các điểm ảnh lân cận). Chuỗi này sau đó được chuyển đổi thành một số thập phân bằng cách tính tổng của các tích các giá trị nhị phân với trọng số tương ứng của nó, gọi là giá trị LBP, để biểu diễn đặc trưng của vùng ảnh.

- Xây dựng histogram: Mỗi giá trị LBP của các điểm ảnh trong ảnh được dùng để cho ra một histogram tần suất. Histogram này đóng vai trò như một đặc trưng mô tả kết cấu tổng thể của hình ảnh hoặc vùng ảnh.

Ví dụ, giả sử có một ảnh có kích thước 3×3 như sau:

$$\begin{bmatrix} 45 & 60 & 52 \\ 48 & 50 & 30 \\ 55 & 58 & 47 \end{bmatrix}.$$

Xét điểm ảnh trung tâm với cường độ sáng là 50 làm ngưỡng và 8 điểm ảnh lân cận nó.

Lấy 9 điểm ảnh tương ứng với ma trận 3×3 . Đặt giá trị là 1 cho những điểm ảnh có giá trị lớn hơn hoặc bằng giá trị trung tâm, ngược lại là 0.

Xây dựng mẫu nhị phân theo chiều kim đồng hồ, ta có:

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 0 & & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}.$$

Ghi ngược dãy nhị phân từ dưới lên, ta được giá trị thập phân suy ra từ ma trận là 01100110.

Ta có ma trận trọng số như sau:

$$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 4 \\ 128 & & 8 \\ 64 & 32 & 16 \end{bmatrix}.$$

Tính toán giá trị LBP bằng cách nhân ma trận trọng số với mẫu nhị phân, ta được:

$$\begin{aligned} \text{LBP} &= 0 \times 2^0 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^3 + 0 \times 2^4 + 1 \times 2^5 + 1 \times 2^6 + 0 \times 2^7 \\ &= 102. \end{aligned}$$

Theo đó, điểm ảnh trung tâm sẽ được gán giá trị LBP là 102.

Ưu điểm của thuật toán LBP:

- Đơn giản và tính toán nhanh: Với cấu trúc thuật toán đơn giản, LBP có thể được áp dụng ngay cả trên các hệ thống có tài nguyên phần cứng hạn chế.
- Hiệu quả trong mô tả kết cấu: LBP nhạy bén trong việc nhận diện các đặc điểm cục bộ và mô tả kết cấu của hình ảnh một cách hiệu quả.

- Tính bất biến với ánh sáng: Bằng cách chỉ dựa vào sự chênh lệch cường độ sáng cục bộ, LBP giảm thiểu ảnh hưởng của các điều kiện ánh sáng không đồng đều.

Tuy nhiên, LBP cũng có hạn chế, như không nhạy với các kết cấu lớn hơn vùng lân cận hoặc không đủ mạnh trong các ứng dụng phức tạp, để biểu diễn cho các đặc trưng thì giá trị quá lớn và đặc trưng của LBP kém ổn định. Để khắc phục, các biến thể của LBP như Uniform LBP hoặc Rotation-Invariant LBP đã được phát triển để cải thiện độ chính xác và tính linh hoạt.

2.3.3. Trình tự nhận dạng khuôn mặt

Nhận dạng khuôn mặt là một quy trình phức tạp bao gồm nhiều bước liên kết chặt chẽ với nhau nhằm đảm bảo độ chính xác cao và hiệu quả trong các ứng dụng thực tế, được trình bày như sau:

- Bước 1: Thu thập dữ liệu hình ảnh. Hệ thống nhận diện khuôn mặt bắt đầu bằng việc thu thập dữ liệu từ các nguồn như camera. Camera sẽ chụp lại hình ảnh hoặc khung hình trong thời gian thực và chuyển đến hệ thống xử lý trung tâm. Trong bước này, chất lượng hình ảnh, độ phân giải và điều kiện ánh sáng đóng vai trò quan trọng, vì chúng ảnh hưởng đến độ chính xác của các bước xử lý tiếp theo.

- Bước 2: Phát hiện khuôn mặt. Khi hình ảnh được thu thập, thuật toán phát hiện khuôn mặt như Haar Cascade hoặc LBP sẽ được áp dụng để xác định vùng chứa khuôn mặt. Giai đoạn này yêu cầu thuật toán lọc ra khuôn mặt khỏi các yếu tố nền như tường, cây cối hoặc các vật thể khác. Quá trình này giúp thu hẹp vùng dữ liệu cần xử lý và cải thiện hiệu quả cho các bước tiếp theo.

- Bước 3: Căn chỉnh khuôn mặt. Sau khi phát hiện khuôn mặt, hệ thống sẽ căn chỉnh khuôn mặt để chuẩn hóa dữ liệu đầu vào. Giai đoạn này thường sử dụng các kỹ thuật như phân tích điểm mốc trên khuôn mặt (ví dụ: mắt, mũi, miệng) để định hướng

và xoay ảnh sao cho khuôn mặt nằm ở tư thế thẳng. Việc căn chỉnh đảm bảo rằng các bước nhận diện tiếp theo có thể hoạt động chính xác hơn.

- Bước 4: Trích xuất đặc trưng. Trong bước này, hệ thống sử dụng các thuật toán trích xuất đặc trưng như LBP, HOG hoặc các mạng nơ-ron tích chập (CNN) để phân tích và trích xuất các đặc điểm duy nhất của khuôn mặt. Các đặc trưng này bao gồm hình dạng, kích thước, và cấu trúc của các phần trên khuôn mặt, từ đó tạo ra một biểu diễn số hóa của khuôn mặt.

- Bước 5: So khớp và nhận diện. Các đặc trưng trích xuất được so khớp với cơ sở dữ liệu đã lưu trữ để xác định danh tính của người trong ảnh. Trong quá trình này, các phương pháp so khớp như khoảng cách Euclidean hoặc các thuật toán học máy (SVM, Random Forest) được sử dụng để xác định mức độ tương đồng giữa dữ liệu mới và dữ liệu trong cơ sở dữ liệu.

- Bước 6: Kết quả và phản hồi. Cuối cùng, hệ thống đưa ra kết quả nhận diện. Nếu khuôn mặt được xác định là hợp lệ, các hành động như mở cửa hoặc cấp quyền truy cập sẽ được thực hiện; nếu không hợp lệ, hệ thống sẽ kích hoạt cảnh báo và ghi nhận thông tin để xử lý. Thông báo có thể được gửi qua email hoặc tin nhắn để cảnh báo người dùng về các tình huống bất thường.

Haar Cascade và LBP là hai thuật toán được tác giả lựa chọn cho hệ thống nhận dạng khuôn mặt trong dự án này. Cả hai thuật toán đều có ưu điểm riêng, đáp ứng tốt các yêu cầu của hệ thống về độ chính xác, hiệu suất và khả năng triển khai trên các thiết bị phần cứng hạn chế như Raspberry Pi.

Haar Cascade là một trong những phương pháp nổi bật trong phát hiện khuôn mặt nhờ khả năng xử lý nhanh và hiệu quả trên các thiết bị tài nguyên hạn chế. Phương pháp này dựa trên các đặc trưng Haar-like và sử dụng thuật toán AdaBoost để chọn lọc các đặc trưng quan trọng nhất từ tập dữ liệu lớn. Điều này giúp giảm thiểu khối lượng

tính toán trong quá trình phát hiện khuôn mặt mà vẫn đảm bảo độ chính xác cao. Ngoài ra, Haar Cascade có hiệu suất tốt khi làm việc với hình ảnh trong điều kiện ánh sáng đầy đủ, đáp ứng yêu cầu thực tế trong nhiều môi trường. Đặc biệt, khả năng phát hiện khuôn mặt trong thời gian thực của Haar Cascade là một lợi thế quan trọng đối với các ứng dụng IoT trên nền tảng như Raspberry Pi, nơi khả năng xử lý phần cứng bị giới hạn.

LBP được lựa chọn cho giai đoạn nhận diện khuôn mặt nhờ khả năng trích xuất đặc trưng đơn giản nhưng mạnh mẽ. LBP chuyển đổi hình ảnh khuôn mặt thành một biểu diễn số nhị phân dựa trên sự khác biệt cường độ giữa các điểm ảnh và vùng lân cận, giúp giảm đáng kể kích thước dữ liệu cần xử lý. So với các thuật toán phức tạp như Histogram of Oriented Gradients (HOG) hoặc mạng nơ-ron tích chập (CNN), LBP tiêu tốn ít tài nguyên hơn, phù hợp với hệ thống có phần cứng hạn chế. Hơn nữa, phương pháp này có độ chính xác cao khi áp dụng trên dữ liệu đã được chuẩn hóa như ảnh khuôn mặt cắt từ Haar Cascade.

Các phương pháp khác như HOG và CNN tuy có độ chính xác cao hơn Haar Cascade và LBP trong một số bài toán phức tạp, nhưng lại yêu cầu tài nguyên xử lý lớn hơn, đặc biệt là GPU hoặc CPU mạnh. Điều này không phù hợp với nền tảng như Raspberry Pi, nơi tài nguyên phần cứng có hạn. Bên cạnh đó, các thuật toán như Eigenfaces và Fisherfaces, mặc dù đơn giản, lại không đủ mạnh mẽ trong việc xử lý dữ liệu phức tạp hoặc ánh sáng kém, làm giảm độ chính xác của hệ thống trong thực tế.

Haar Cascade được chọn để phát hiện khuôn mặt nhờ khả năng xử lý nhanh, trong khi LBP đảm bảo quá trình nhận diện diễn ra hiệu quả với tài nguyên phần cứng hạn chế. Sự kết hợp của hai phương pháp này không chỉ đảm bảo tính chính xác cao mà còn tối ưu hóa hiệu năng hệ thống, làm cho chúng trở thành lựa chọn phù hợp nhất cho ứng dụng nhận diện khuôn mặt trong dự án này.

2.4. GOOGLE ASSISTANT

2.4.1. Tổng quan

Google Assistant, một trợ lý ảo thông minh do Google phát triển, cho phép xảy ra sự giao tiếp giữa con người và máy tính thông qua giọng nói, văn bản hoặc các lệnh điều khiển. Ra mắt lần đầu tiên vào năm 2016, Google Assistant nhanh chóng vươn lên trở thành một trong những trợ lý ảo hàng đầu hiện nay. Nó được tích hợp trên điện thoại thông minh, loa thông minh, thậm chí trên cả ô tô, mang đến cho người dùng trải nghiệm tương tác vô cùng tiện lợi và linh hoạt.

Là một hệ thống trí tuệ nhân tạo tiên tiến, được thiết kế để hỗ trợ người dùng có thể đơn giản hóa thực hiện các tác vụ hàng ngày thông qua giao tiếp tự nhiên, Google Assistant có thể dễ dàng được kích hoạt bằng cách nói “Hey Google” hoặc “OK Google”. Một khi được kích hoạt, trợ lý này có khả năng trả lời các câu hỏi, thực hiện các lệnh hoặc cung cấp các thông tin như lịch làm việc, tin tức mới nhất hay dự báo thời tiết, mở ra một thế giới tương tác thông minh và tiện lợi cho người dùng.

Một điểm đặc biệt của Google Assistant là khả năng tương tác hai chiều. Không chỉ nhận lệnh, nó còn có thể đặt câu hỏi lại để làm rõ ý định của người dùng. Ví dụ, nếu người dùng yêu cầu “Đặt báo thức”, Google Assistant có thể hỏi lại “Bạn muốn đặt báo thức lúc mấy giờ?” Điều này không chỉ nâng cao trải nghiệm người dùng mà còn đảm bảo các tác vụ được thực hiện một cách chính xác và hiệu quả.

Hệ thống này không chỉ hoạt động bằng giọng nói mà còn hỗ trợ giao diện văn bản, cho phép người dùng nhập lệnh trực tiếp. Tính năng này rất hữu ích trong môi trường ồn ào hoặc khi người dùng không tiện nói chuyện.

2.4.2. Công nghệ nền tảng

Google Assistant được xây dựng dựa trên nền tảng các công nghệ tiên tiến trong lĩnh vực trí tuệ nhân tạo và học sâu. Một trong những yếu tố quan trọng là khả năng xử lý ngôn ngữ tự nhiên, cho phép hệ thống hiểu và phân tích câu nói của con người theo ngữ cảnh một cách chính xác và hiệu quả. Xử lý ngôn ngữ tự nhiên giúp Google Assistant không chỉ hiểu các từ riêng lẻ mà còn nắm bắt được ý nghĩa tổng thể của câu, kể cả khi người dùng sử dụng tiếng lóng hoặc ngôn ngữ không chính xác hoàn toàn.

Một công nghệ quan trọng khác là học tăng cường, giúp Google Assistant cải thiện khả năng phản hồi thông qua việc học từ các tương tác trước đó. Ví dụ, nếu người dùng thường ra lệnh “Mở nhạc nhẹ” vào buổi tối, Google Assistant sẽ tự động đề xuất các bản nhạc phù hợp vào thời điểm tương tự trong tương lai.

Ngoài ra, Google Assistant cũng đưa ra các câu trả lời chính xác và cập nhật thông qua các thuật toán dựa trên dữ liệu lớn. Hệ thống cung cấp hỗ trợ toàn diện cho người dùng bằng cách thu thập thông tin từ nhiều nguồn khác nhau như Wikipedia, cơ sở dữ liệu địa phương và các dịch vụ khác của Google (Google Calendar, Google Maps).

2.4.3. Ứng dụng

Google Assistant đã được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực khác nhau, từ hỗ trợ cá nhân đến các giải pháp doanh nghiệp. Một ứng dụng điển hình là trong quản lý thời gian và tổ chức công việc. Người dùng có thể yêu cầu trợ lý đặt lịch, nhắc nhở hoặc gửi tin nhắn. Ví dụ, câu lệnh “Nhắc tôi mua sữa lúc 6 giờ tối” sẽ tự động được thêm vào ứng dụng Google Keep hoặc Google Calendar.

Ngoài ra, Google Assistant còn đóng vai trò quan trọng trong nhà thông minh. Với khả năng tích hợp với các thiết bị thông minh như đèn, quạt hay camera an ninh, người dùng có thể sử dụng giọng nói để điều khiển các thiết bị này. Chẳng hạn, câu lệnh “Tắt đèn phòng khách” sẽ ngay lập tức tắt các đèn thông minh đã được kết nối ở trong phòng khách.

Trong lĩnh vực giải trí, Google Assistant có thể phát nhạc, tìm kiếm video hoặc chơi trò chơi tương tác. Ví dụ, người dùng có thể yêu cầu “Phát bài hát của Blackpink” hoặc “Tìm video nấu ăn trên YouTube” và hệ thống sẽ thực hiện ngay lập tức. Tính năng này không chỉ tăng tính tiện ích mà còn giúp trải nghiệm giải trí trở nên mượt mà hơn.

Nhờ khả năng có thể mở rộng cũng như tính linh hoạt, Google Assistant đã trở thành một trợ lý thực thụ trong đời sống hiện đại. Nó hỗ trợ cả cá nhân lẫn doanh nghiệp nâng cao hiệu suất và chất lượng cuộc sống một cách vượt trội, mang lại sự tiện lợi và hiệu quả chưa từng có.

2.5. THIẾT KẾ GIAO DIỆN VÀ TRẢI NGHIỆM NGƯỜI DÙNG

2.5.1. Tổng quan

Thiết kế giao diện người dùng (User Interface – UI) và trải nghiệm người dùng (User Experience – UX) là hai bước khá quan trọng khi phát triển trang web, ứng dụng hay phần mềm. Khả năng đem tới trải nghiệm thú vị và hấp dẫn cho người dùng đôi khi là điều cần thiết để một sản phẩm hoạt động tốt. Thiết kế UI đề cập đến các yếu tố trực quan như bố cục, màu sắc, biểu tượng, menu và các thành phần giao diện mà người dùng tương tác trực tiếp; trong khi đó, thiết kế UX hướng đến trải nghiệm của người dùng khi sử dụng sản phẩm, bao gồm việc đáp ứng nhu cầu, mục tiêu, kỳ vọng và cả những hành vi của họ.

Điểm mấu chốt của thiết kế UI/UX là việc thiết kế lấy người dùng làm trung tâm, nhấn mạnh việc hiểu rõ mục tiêu, nhiệm vụ và mong đợi của người dùng để tạo ra những trải nghiệm số trực quan và hiệu quả. Mối quan hệ chặt chẽ giữa UI và UX giúp tối ưu hóa sự hài lòng và mức độ tương tác của người dùng, đồng thời thúc đẩy tính cạnh tranh của sản phẩm trên thị trường. Việc đầu tư vào thiết kế UI/UX không chỉ đem lại những lợi ích về mặt trải nghiệm mà còn giúp tiết kiệm thì giờ, tiền bạc trong phát triển và tạo dựng ấn tượng với phía người dùng.

Phương pháp tư duy thiết kế là một phần quan trọng trong việc phát triển UI/UX thân thiện với người dùng. Bao gồm 5 giai đoạn là thấu hiểu người dùng, xác định vấn đề, lên ý tưởng, tạo nguyên mẫu và kiểm thử, quy trình này tập trung vào việc hiểu rõ nhu cầu và vấn đề của người dùng để qua đó xây dựng các giải pháp phù hợp, hiệu quả và sáng tạo. Cách tiếp cận này không chỉ thúc đẩy sự đổi mới mà còn giảm bớt rủi ro khi phát triển sản phẩm, đảm bảo rằng sản phẩm cuối cùng hoàn toàn đáp ứng kỳ vọng của người dùng và thúc đẩy sự cải tiến liên tục.

2.5.2. Kotlin

Kotlin là ngôn ngữ lập trình súc tích, đa nền tảng do JetBrains phát triển và chính thức ra mắt vào năm 2011. Google đã công nhận Kotlin là ngôn ngữ chủ đạo trong việc tạo ra ứng dụng Android, nhờ vào khả năng rút gọn cú pháp, giảm thiểu lỗi lập trình và cải thiện hiệu suất. Điểm nổi bật của Kotlin là sự đơn giản và mạnh mẽ, giúp nhà phát triển tập trung vào việc triển khai các chức năng quan trọng mà không cần chú ý đến các vấn đề kỹ thuật tinh vi. Với tài liệu và cộng đồng phát triển mạnh, Kotlin ngày càng được ưu tiên trở thành lựa chọn hàng đầu để lập trình Android và hệ thống IoT.

Kotlin đóng góp quan trọng vào khâu xây dựng UI/UX nhờ tương thích với nền tảng Android và các thư viện UI hiện đại như Jetpack Compose. Ngôn ngữ này hỗ trợ việc thiết kế giao diện tối ưu và dễ thao tác bằng cách cung cấp cú pháp rõ ràng và các công cụ mạnh mẽ để quản lý bố cục, xử lý sự kiện và tương tác người dùng. Với Jetpack Compose, một công nghệ mới của Android, Kotlin cho phép xây dựng UI theo cách khai báo, giúp bảo trì giao diện và phát triển ứng dụng dễ dàng hơn.

Kotlin cũng tích hợp mạnh mẽ với Firebase, được nó sử dụng các thư viện chính thức để hỗ trợ, giúp kết nối nhanh chóng và xử lý thông tin dễ dàng. Trong dự án này, Kotlin được tác giả ứng dụng để tạo ứng dụng trên điện thoại và giao tiếp với Firebase để đồng bộ hóa thông tin từ thiết bị và cảm biến. Sự kết hợp giữa Kotlin và Firebase giúp đảm bảo hệ thống hoạt động trơn tru, mang tới trải nghiệm tốt đẹp cho chủ nhà.

CHƯƠNG 3. THIẾT KẾ HỆ THỐNG

3.1. YÊU CẦU HỆ THỐNG

Xây dựng một hệ thống an ninh trong nhà đáp ứng các yêu cầu sau:

- Nhận diện khuôn mặt để mở cửa, nếu chính xác, cửa sẽ mở tự động; ngược lại, nếu khuôn mặt không hợp lệ, còi cảnh báo sẽ được kích hoạt và thông báo được gửi tức thì qua email và tin nhắn khi có sự xâm nhập.

- Người dùng có thể theo dõi các chỉ số như nhiệt độ, độ ẩm, nồng độ khí gas trong nhà thông qua ứng dụng di động; nếu nhiệt độ trên 40⁰C hoặc nồng độ khí gas trên 5% thì thông báo qua tin nhắn và thư điện tử ngay lập tức cho gia chủ. Bên cạnh đó, người dùng cũng có thể điều khiển cửa mở hoặc đóng qua ứng dụng hoặc nút nhấn trong nhà.

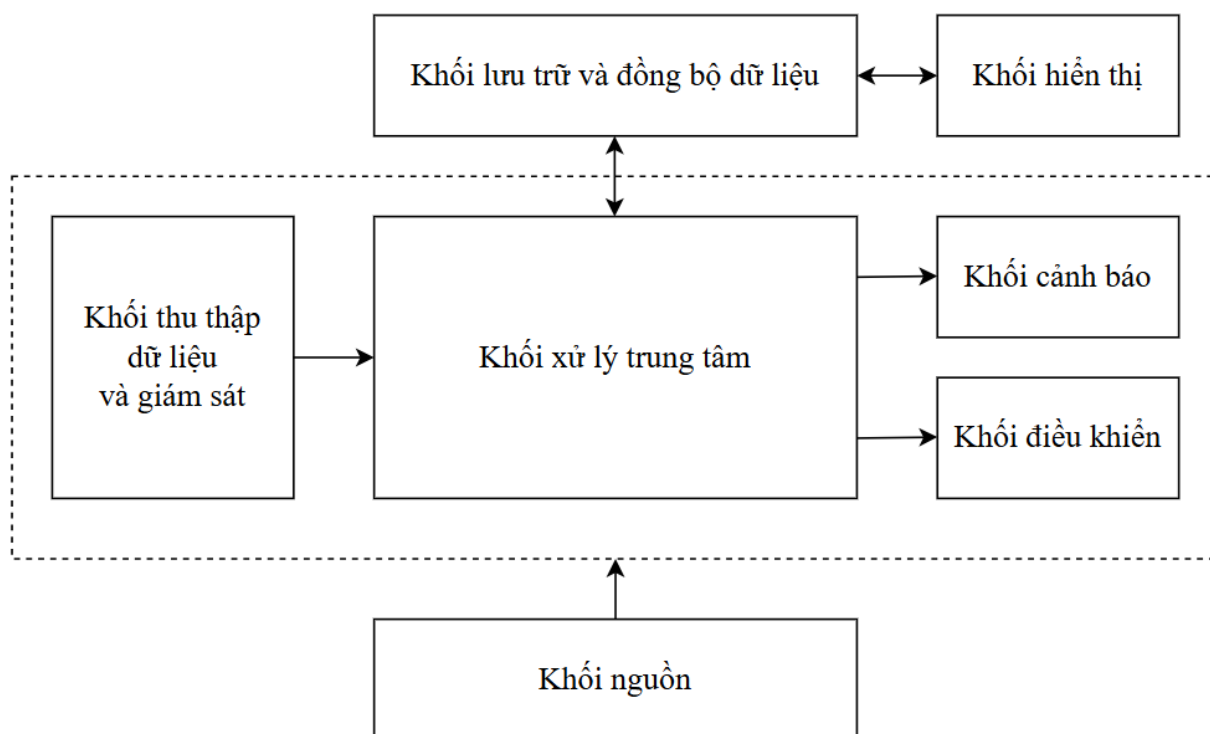
- Đèn trong nhà sẽ được tự động bật hoặc tắt dựa trên cảm biến chuyển động; nó cũng có thể bật/tắt hoặc hẹn giờ thông qua ứng dụng.

- Người dùng có thể sử dụng giọng nói để giao tiếp với các thiết bị trong nhà thông qua Google Assistant mà không cần mở ứng dụng.

- Thiết lập phân quyền trong ứng dụng di động: Quản trị viên có toàn quyền cài đặt thiết bị, thêm hoặc xóa tài khoản người dùng; trong khi đó, người dùng thường chỉ được bật/tắt thiết bị hoặc xem dữ liệu cảm biến mà không thay đổi cài đặt hệ thống.

3.2. ĐẶC TẢ HỆ THỐNG

Dựa trên các yêu cầu được nêu ra ở phần 3.1 phía trên, tác giả thiết kế sơ đồ khối của hệ thống như hình 3.1.



Hình 3.1. Sơ đồ khối của hệ thống

Theo đó, mỗi khối có chức năng như sau:

- Khối thu thập dữ liệu và giám sát: Thu thập dữ liệu từ camera và các cảm biến rồi gửi đến khối xử lý trung tâm.

- Khối xử lý trung tâm: Làm trung tâm xử lý chính, tiếp nhận dữ liệu từ khối thu thập dữ liệu và giám sát để xử lý thông tin, đồng thời kích hoạt khối cảnh báo và khối điều khiển dựa trên kết quả nhận được, cũng như giao tiếp với khối lưu trữ và đồng bộ dữ liệu nhằm đồng bộ thông tin với khối hiển thị.

- Khối cảnh báo: Tích hợp nhiều hình thức cảnh báo, kích hoạt cảnh báo khi phát hiện xâm nhập hoặc sự kiện bất thường.

- Khối điều khiển: Là cầu nối giữa khối xử lý trung tâm và thiết bị đầu ra, hỗ trợ điều khiển thiết bị.

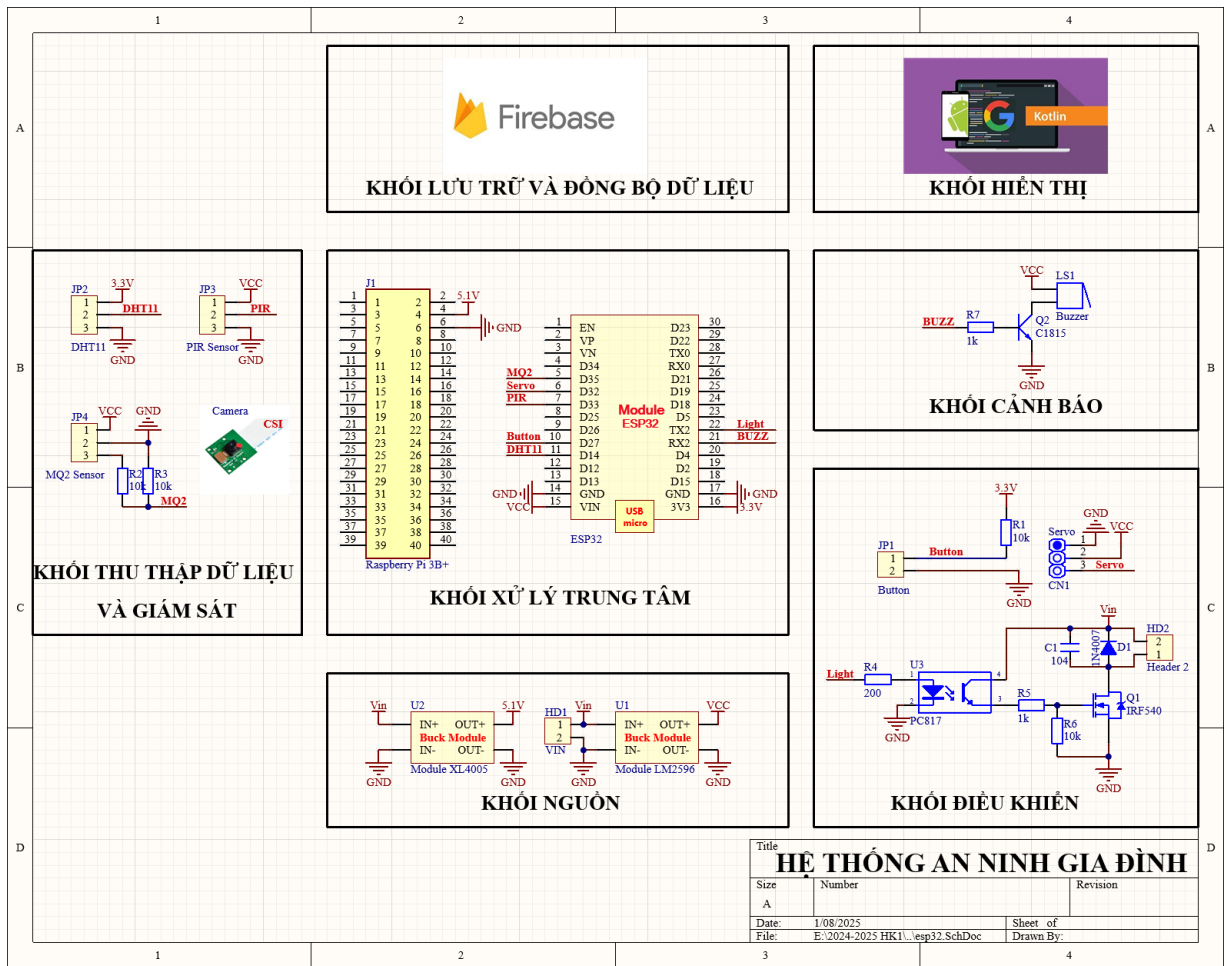
- Khối lưu trữ và đồng bộ dữ liệu: Nhận dữ liệu gửi lên từ khối xử lý trung tâm để lưu trữ và đồng bộ chúng với khối hiển thị.

- Khối hiển thị: Cung cấp thông tin trạng thái hệ thống đồng thời cung cấp giao diện để người dùng thao tác các thiết bị.

- Khối nguồn: Đảm bảo nguồn năng lượng liên tục và ổn định cho hệ thống.

3.3. THIẾT KẾ PHẦN CỨNG

Thiết kế phần cứng là một trong những bước quan trọng đảm bảo sự hoạt động hiệu quả và ổn định của hệ thống. Trong phần này, các khối chức năng phần cứng được trình bày chi tiết, bao gồm khối thu thập dữ liệu và giám sát, khối xử lý trung tâm, khối cảnh báo, khối điều khiển, khối lưu trữ và đồng bộ dữ liệu, khối hiển thị và khối nguồn. Hình 3.2 là sơ đồ thiết kế phần cứng với các khối chức năng.



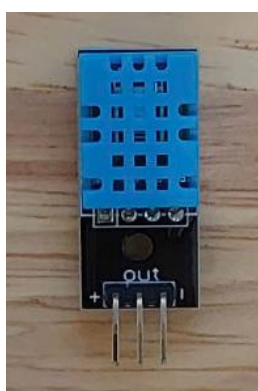
Hình 3.2. Sơ đồ thiết kế phân cứng

3.3.1. Khối thu thập dữ liệu và giám sát

Khối thu thập dữ liệu và giám sát chịu trách nhiệm chính về việc truyền đạt thông tin trực quan và thời gian thực cho hệ thống. Dữ liệu này sau đó được gửi tới khối xử lý trung tâm để phân tích và tiến hành các hành động cần thiết. Khối này gồm hai nhóm chính là cảm biến môi trường và camera giám sát.

Các cảm biến trong dự án này bao gồm các cảm biến DHT11, MQ-2 và PIR, mỗi loại thực hiện một trách nhiệm riêng biệt cũng như bổ sung lẫn nhau nhằm đảm bảo hệ thống có khả năng giám sát đa dạng hơn.

Cảm biến nhiệt độ và độ ẩm DHT11 (hình 3.3) chịu trách nhiệm đo nhiệt độ và độ ẩm trong hệ thống. DHT11 là cảm biến đơn giản nhưng hiệu quả với độ chính xác cao cũng như tiêu hao năng lượng thấp, DHT11 cung cấp số liệu đáng tin cậy với độ chính xác là $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ cho nhiệt độ và $\pm 2\%$ cho độ ẩm. So với các cảm biến khác như DHT22, mặc dù DHT22 có độ chính xác cao hơn, nhưng DHT11 có giá thành rẻ hơn, tiêu thụ ít năng lượng và đáp ứng đủ yêu cầu của hệ thống. Cảm biến này sử dụng một dây dữ liệu để kết nối với vi điều khiển.



Hình 3.3. DHT11

Cảm biến khí gas MQ-2 (hình 3.4) là thiết bị giúp phát hiện khí gas trong đề tài này. Nó có độ nhạy cao trong phạm vi 300 – 10000 ppm, đủ để phát hiện nguy cơ rò rỉ khí gas trong gia đình. Cảm biến này sử dụng tín hiệu tương tự, dễ dàng kết hợp với vi điều khiển như ESP32 để chuyển đổi và xử lý tín hiệu. So với các cảm biến khí gas khác như MQ-3 hoặc MQ-7, MQ-2 có phạm vi ứng dụng rộng hơn và thích hợp cho các ứng dụng phát hiện nhiều loại khí trong một hệ thống an ninh gia đình. Khi nồng độ khí gas vượt quá ngưỡng thiết lập ban đầu, MQ-2 sẽ truyền thông tin tới khối xử lý trung tâm để yêu cầu còi báo động kích hoạt và gửi thư điện tử để thông báo cho gia chủ qua ứng dụng di động. Điều này giúp hệ thống phản ứng kịp thời với các nguy cơ liên quan đến rò rỉ khí gas, đáp ứng an toàn cho người dùng và tài sản.



Hình 3.4. MQ-2

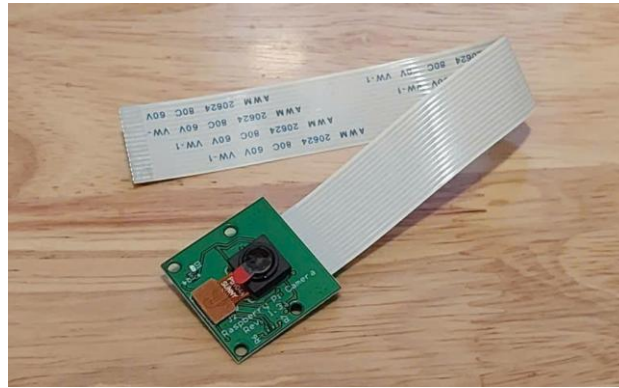
Cảm biến chuyển động PIR (hình 3.5) phát hiện con người hoặc vật thể có mặt ở nơi mà nó giám sát. Nó hoạt động bằng cách nhận diện sự thay đổi bức xạ hồng ngoại từ cơ thể người, với phạm vi phát hiện từ 5 đến 7 m và góc quan sát từ 110° đến 120° . Cảm biến này không chỉ tiết kiệm năng lượng mà còn phản ứng nhanh và chính xác, phù hợp cho việc kích hoạt tự động các thiết bị như đèn hoặc camera. So với các cảm biến chuyển động khác như cảm biến siêu âm, PIR có chi phí thấp hơn và không bị ảnh hưởng bởi tiếng ồn môi trường.



Hình 3.5. PIR

Bên cạnh các cảm biến, trong dự án này, tác giả sử dụng Raspberry Pi Camera Rev 1.3 như hình 3.6 để thực hiện nhiệm vụ thu thập hình ảnh. Camera hoạt động hiệu quả trong điều kiện ánh sáng tốt, đáp ứng nhu cầu nhận diện và giám sát. Nó có thể được hỗ trợ bằng đèn hồng ngoại hoặc nguồn sáng bổ sung trong môi trường ánh sáng

yếu. So với các lựa chọn khác như Logitech C920 hoặc Arducam, Raspberry Pi Camera Rev 1.3 có chi phí hợp lý hơn, đồng thời đảm bảo hiệu năng cần thiết mà không làm tăng quá nhiều chi phí của dự án.



Hình 3.6. Raspberry Pi Camera Rev 1.3

Đây là phiên bản camera dành riêng cho Raspberry Pi, hỗ trợ giao tiếp thẳng với bo mạch Raspberry Pi qua cổng CSI (Camera Serial Interface), cho phép truyền thông tin tốc độ cao. Điều khiển camera được thực hiện qua OpenCV. Các thông số kỹ thuật của nó được thể hiện qua bảng 3.1.

Bảng 3.1. Các thông số kỹ thuật của Raspberry Pi Camera Rev 1.3

Kích thước	Khoảng $25 \times 24 \times 9$ mm
Trọng lượng	3 g
Độ phân giải ảnh tĩnh	5 megapixels
Độ phân giải cảm biến	2592×1944 pixels
Chế độ video	1080p30, 720p60 và 640×480 p60/90
Cảm biến	OmniVision OV5647

Raspberry Pi Camera Rev 1.3 liên tục thu thập dữ liệu hình ảnh từ vùng quan trắc. Thông tin thô của hình ảnh từ camera sau đó được xử lý để trích xuất các khuôn mặt và xác minh danh tính thông qua các thuật toán nhận diện khuôn mặt. Thông tin

qua quá trình xử lý sơ bộ sẽ được chuyển đến khối Raspberry Pi qua cổng CSI để thực hiện nhận diện khuôn mặt và kích hoạt báo động khi nhận diện các hành vi không bình thường.

3.3.2. Khối xử lý trung tâm

Đảm nhận vai trò tiếp nhận, phân tích và điều phối mọi hoạt động, khối xử lý trung tâm bao gồm hai phần cứng quan trọng là Raspberry Pi và ESP32, chúng vận hành song song và phối hợp liên tục với nhau để đảm bảo mức độ đúng đắn và hiệu suất tối ưu trong xử lý dữ liệu. Trong khối này, nhiệm vụ của Raspberry Pi và ESP32 được phân chia rõ ràng với nhau.

3.3.2.1. Raspberry Pi

Đóng vai trò trung tâm xử lý mạnh mẽ, chịu trách nhiệm thực thi các tác yêu cầu đòi hỏi khả năng tính toán cao, thiết bị này giúp phân tích dữ liệu từ camera trong khối giám sát, chạy các quy trình nhận diện khuôn mặt sử dụng thư viện OpenCV. Nếu hợp lệ, Raspberry Pi sẽ kích hoạt tín hiệu mở cửa; ngược lại, nếu không hợp lệ, máy tính nhúng này sẽ kích hoạt khối cảnh báo. Ngoài ra, thiết bị này còn góp phần điều phối, quản lý các hoạt động trong hệ thống bằng cách giao tiếp với khối lưu trữ và đồng bộ dữ liệu, khối cảnh báo, khối điều khiển.

Trong đồ án này, tôi sử dụng Raspberry Pi 3 Model B+ (hình 3.7). Đây là một máy tính nhỏ gọn nhưng mạnh mẽ, được cho ra đời nhằm hỗ trợ việc viết mã và thực hiện các dự án IoT, tự động hóa và nhúng. Sở dĩ tác giả sử dụng nó là vì Raspberry Pi 3 B+ được trang bị bộ xử lý mạnh mẽ Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 64-bit với tốc độ 1,4 GHz [19], phù hợp để thực hiện các tác vụ đòi hỏi xử lý cao như nhận diện khuôn mặt và phân tích dữ liệu. So với các phần cứng khác, Raspberry Pi 3 B+ nổi bật hơn Arduino trong khả năng xử lý và hỗ trợ ứng dụng phức tạp. Nó cũng linh hoạt và

tiết kiệm chi phí hơn so với các máy tính nhúng như NVIDIA Jetson Nano, vốn mạnh hơn trong xử lý AI nhưng tiêu thụ nhiều năng lượng hơn.

Raspberry Pi 3 Model B+ được triển khai để làm các việc sau:

- Thu thập dữ liệu: Raspberry Pi giao tiếp với cảm biến để lấy dữ liệu từ chúng. Dữ liệu cảm biến sẽ được đọc và lưu trữ tạm thời trước khi xử lý hoặc truyền đi.

- Xử lý dữ liệu: Raspberry Pi xử lý dữ liệu cảm biến bằng CPU, thực hiện các thuật toán phát hiện điều kiện bất thường như khí gas vượt ngưỡng hoặc nhiệt độ cao.

- Raspberry Pi đảm nhiệm việc điều khiển động cơ servo vận hành cửa khi phát hiện điều kiện thích hợp.

- Raspberry Pi hỗ trợ phát hiện các điều kiện nguy hiểm và gửi cảnh báo qua email và tin nhắn, kết nối với loa hoặc còi để kích hoạt báo động tại chỗ.



Hình 3.7. Bo Raspberry Pi 3 Model B+

Dưới đây là bảng 3.2 tóm tắt các thông số kỹ thuật của Raspberry Pi 3 Model B+, cung cấp cái nhìn toàn diện về năng lực phần cứng của thiết bị.

Bảng 3.2. Các thông số kỹ thuật của Raspberry Pi 3 Model B+ [19]

Bộ xử lý	Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 64-bit SoC @ 1,4 GHz
Bộ nhớ	1 GB
Kết nối	Hỗ trợ mạng không dây IEEE 802.11b/g/n/ac ở băng tần 2,4 GHz và 5 GHz
	Bluetooth 4.2 và BLE (Bluetooth Low Energy)
	Gigabit Ethernet qua cổng USB 2.0 (băng thông tối đa 300 Mbps)
	Giao diện 4 × USB 2.0
Video và hình ảnh	1 cổng HDMI kích thước đầy đủ
	Cổng hiển thị MIPI DSI
	Cổng kết nối camera MIPI CSI
	Cổng 4 chân cho đầu ra âm thanh stereo và video tổng hợp
Đa phương tiện	H.264, MPEG-4 giải mã (1080p30); H.264 mã hóa (1080p30); OpenGL ES 1.1, 2.0 đồ họa
Hỗ trợ thẻ SD	Định dạng Micro SD dùng để tải hệ điều hành và lưu trữ dữ liệu
Nguồn cấp	5 V/2,5 A DC qua cổng micro USB
	5 V DC qua GPIO header
	Hỗ trợ cấp nguồn qua Ethernet (PoE) (yêu cầu PoE HAT riêng)
Nhiệt độ hoạt động	Từ 0°C đến 50°C

3.3.2.2. ESP32

ESP32 đảm nhận vai trò tương tác với cảm biến và ngoại vi. Nhiệm vụ quan trọng là lấy thông tin thô từ khối cảm biến, phân tích chúng để cho ra các hành động phù hợp cho khối điều khiển. Bên cạnh đó, vi điều khiển này cũng giao tiếp với khối lưu trữ và đồng bộ dữ liệu để đồng bộ và truyền đạt dữ liệu đã được xử lý về trạng thái thiết bị tới người dùng.

ESP32 được tác giả lựa chọn nhờ khả năng kết nối không dây vượt trội, tích hợp Wi-Fi và Bluetooth, cho phép truyền dữ liệu thời gian thực từ các cảm biến đến khối xử lý trung tâm. Với bộ xử lý dual-core tiết kiệm năng lượng, ESP32 đảm bảo hiệu quả vận hành liên tục và ổn định, đặc biệt trong các ứng dụng IoT. Ngoài ra, ESP32 có khả năng kết nối đa dạng với các thiết bị ngoại vi thông qua GPIO, trong khi giá thành hợp lý giúp tối ưu hóa chi phí của hệ thống. Theo đó, ESP32 vượt trội hơn Arduino Uno và ESP8266 nhờ hiệu suất mạnh mẽ, tích hợp Bluetooth và hỗ trợ dual-core, đồng thời mang lại lợi thế chi phí và tính năng so với STM32, vốn không tích hợp Wi-Fi và Bluetooth.

Trong dự án này, tác giả dùng bo mạch ESP32 DevKit V1 như hình 3.8, được xây dựng dựa trên module chính là ESP32-WROOM-32, để tăng cường hiệu suất xử lý và kết nối không dây.



Hình 3.8. Bo ESP32 DevKit V1

Cụ thể, ESP32 làm các việc sau:

- Lấy thông tin từ cảm biến: ESP32 kết nối với các cảm biến gồm DHT11, MQ-2, PIR và thu thập thông tin. Sau khi lấy được, bộ điều khiển nhúng này xử lý và gửi dữ liệu đến các module phụ trợ để hoàn thành các tác vụ cần thiết.

- Điều khiển thiết bị đầu ra: ESP32 chịu trách nhiệm điều khiển các ngoại vi. Dữ liệu từ cảm biến được sử dụng nhằm nhận diện trạng thái của các thiết bị này.

- Giao tiếp không dây: Tích hợp Wi-Fi, ESP32 cho phép hệ thống kết nối với cơ sở dữ liệu đám mây và ứng dụng di động. Điều này giúp người dùng dễ dàng theo dõi và điều khiển các thiết bị trong nhà từ xa.

- Đồng bộ dữ liệu: ESP32 liên kết với đám mây nhằm bảo quản và đồng bộ dữ liệu về hoạt động và tình trạng từ thiết bị và cảm biến. Nhờ vậy, gia chủ có thể tiếp cận với thông tin thời gian thực qua phần mềm của di động.

- Kết hợp với các giao diện điều khiển: ESP32 hỗ trợ việc thao tác với thiết bị thông qua giọng nói (Google Assistant) hoặc thông qua các nút nhấn vật lý được cài đặt trong nhà.

Sử dụng ESP32 DevKit V1 mang lại sự tiện lợi trong phát triển nhờ kết hợp hoàn chỉnh các bộ phận thiết yếu, bao gồm mạch cấp nguồn, giao diện UART để nạp chương trình và kết nối các chân GPIO dễ dàng với các thiết bị. Hơn nữa, với module ESP32-WROOM-32, bo mạch ESP32 này cho phép xử lý vượt trội với hiệu quả tối ưu, giảm tiêu thụ điện đáng kể và hỗ trợ đa giao thức, thỏa mãn hiệu quả các yêu cầu trong hệ thống. ESP32-WROOM-32 được coi như một bộ phận trọng yếu trong xử lý, kết nối không dây và giao tiếp ngoại vi của ESP32 DevKit V1. Các thông số kỹ thuật của nó được trình bày trong bảng 3.3.

Bảng 3.3. Các thông số kỹ thuật của ESP32-WROOM-32 [20]

Wi-Fi	Giao thức	802.11 b/g/n (802.11n tốc độ lên đến 150 Mbps)
		Hợp nhất A-MPDU và A-MSDU, khoảng bảo vệ 0,4 μ s
	Dải tần	2,4 – 2,5 GHz
Bluetooth	Giao thức	Bluetooth v4.2 với tiêu chuẩn BR/EDR và BLE
	Vô tuyến	Bộ thu NZIF với độ nhạy -97 dBm
		Bộ phát Class-1, Class-2 và Class-3
		AFH
	Âm thanh	CVSD và SBC
Phần cứng	Giao diện module	Thẻ SD, UART, SPI, SDIO, I2C, LED PWM, Motor PWM, I2S, IR, bộ đếm xung, GPIO, cảm biến cảm ứng điện dung, ADC, DAC
	Cảm biến tích hợp	Cảm biến Hall
	Bộ dao động tích hợp	Dao động tinh thể 40 MHz
	Bộ nhớ flash SPI tích hợp	4 MB
	Điện áp hoạt động	3,0 – 3,6 V
	Dòng hoạt động	Trung bình: 80 mA
	Dòng tối thiểu từ nguồn cấp	500 mA
	Dải nhiệt độ hoạt động khuyến nghị	-40°C – 85°C
	Kích thước gói	(18,00 \pm 0,10) mm \times (25,50 \pm 0,10) mm \times (3,10 \pm 0,10) mm
	Mức độ nhạy cảm độ ẩm	Mức 3

3.3.3. Khối cảnh báo

Khối cảnh báo có nhiệm vụ thông báo ngay lập tức các tình huống lạ xảy ra trong vùng quan sát. Thông qua việc nhận tín hiệu từ khối xử lý trung tâm, khối cảnh báo thực hiện báo động cho người dùng và cảnh báo các nguy cơ.

Trong dự án này, khối cảnh báo bao gồm còi báo động là một còi 5 V DC như hình 3.9, đóng vai trò phát âm thanh lớn để thông báo sự cố ngay tại chỗ, chẳng hạn như khi phát hiện có người xâm nhập trái phép hoặc nồng độ khí gas vượt mức cho phép. Với mức âm thanh lớn, còi giúp thu hút sự chú ý nhanh chóng, đảm bảo người dùng hoặc những người xung quanh nhận biết được nguy cơ và có hành động phù hợp.



Hình 3.9. Còi 5 V DC

Ngoài còi báo động, khối cảnh báo còn tích hợp khả năng gửi thông báo qua điện thoại hoặc email. Khi phát hiện các sự kiện lạ như sự xâm nhập, hệ thống sẽ tự động gửi thông báo đến điện thoại của người dùng để đảm bảo rằng thông tin được chuyển giao ngay cả khi gia chủ vắng nhà. Chức năng này nâng cao mức độ tiện lợi và an toàn, giúp gia chủ theo dõi từ xa và phản ứng kịp thời.

Hơn nữa, khối cảnh báo được cấu hình để chạy cùng lúc với các yếu tố khác như kích hoạt đèn chiếu sáng hoặc camera giám sát. Khi còi báo động phát tín hiệu, đèn chiếu sáng có thể bật để hỗ trợ quan sát, đồng thời camera sẽ ghi lại sự kiện để lưu trữ dữ liệu. Sự phối hợp này đảm bảo hệ thống không chỉ cảnh báo mà còn tạo ra các hành động bổ sung để tăng cường mức độ bảo vệ cho gia chủ.

Khởi cảnh báo được kết nối trực tiếp với khối xử lý trung tâm và được cấp nguồn liên tục từ khối nguồn của hệ thống. Điều này nhằm chắc chắn rằng hệ thống an ninh sẵn sàng làm việc động liên tục, không bị gián đoạn bởi các sự cố về nguồn điện nhờ pin dự phòng.

3.3.4. Khối điều khiển

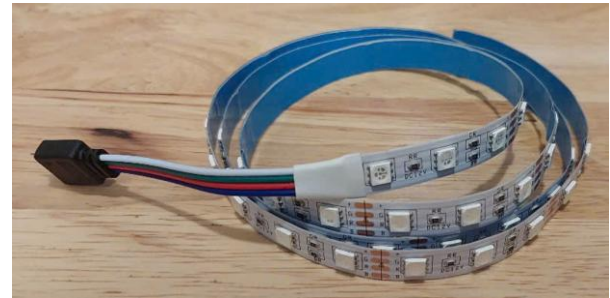
Có nhiệm vụ thực thi các hành động được chỉ định bởi khối xử lý trung tâm, khối điều khiển đảm bảo các thiết vận hành đúng theo lệnh điều khiển, từ đó xây dựng sự kết nối giữa con người và thiết bị thông qua các hành động cụ thể. Trong dự án này, khối điều khiển đảm nhận nhiệm vụ kích hoạt các thiết bị đầu ra như servo motor, đèn chiếu sáng.

Servo motor SG90 180 độ (hình 3.10) được tác giả sử dụng để điều khiển cánh cửa tự động, đảm bảo rằng cửa sẽ mở hoặc đóng theo đúng tín hiệu nhận diện khuôn mặt từ camera hoặc lệnh điều khiển từ ứng dụng di động. Với độ chính xác cao, servo motor giúp việc điều khiển cửa diễn ra nhanh chóng.

Đèn chiếu sáng là một thành phần khác được điều khiển bởi khối này. Ở đây, tác giả sử dụng led dây 5050 RGB (hình 3.11) với ba chân G, R, B được nối chung với nhau tạo thành màu trắng. Dựa trên dữ liệu từ PIR, đèn sẽ tự động bật khi phát hiện sự di chuyển trong vùng giám sát. Điều này giúp tối ưu hóa việc sử dụng năng lượng, nhờ khả năng tắt đèn khi không có chuyển dịch suốt thời gian dài. Gia chủ cũng có thể điều khiển thủ công việc bật hoặc tắt đèn bằng cách ra lệnh hoặc dùng ứng dụng điện thoại, mang lại sự tiện lợi cao.



Hình 3.10. Servo motor SG90 180 độ



Hình 3.11. Led dây 5050 RGB

3.3.5. Khối lưu trữ và đồng bộ dữ liệu

Khối lưu trữ và đồng bộ dữ liệu có nhiệm vụ quản lý, lưu trữ và đồng bộ hóa thông tin giữa các khối. Khối này không chỉ dùng để lưu trữ dữ liệu từ các cảm biến và trạng thái của các thiết bị trong hệ thống, mà còn chắc chắn rằng thông tin này có thể được truy cập và cập nhật kịp thời. Sự hiện diện của khối này giúp tăng cường hiệu suất quản lý và xử lý thông tin của hệ thống, tạo điều kiện thuận lợi cho việc giám sát và điều khiển từ xa.

Trong dự án này, tác giả sử dụng đám mây Firebase để lưu trữ và quản lý dữ liệu nhờ tính ổn định và tích hợp dễ dàng với các nền tảng IoT. Firebase hoạt động như một cầu nối giữa khối xử lý trung tâm và ứng dụng di động, cho phép thông tin được cập nhật không ngừng và nhanh chóng, từ đó người dùng có thể theo dõi các thông tin mới nhất từ bất kỳ đâu. Firebase được cấu trúc theo dạng cây, trong đó các nút chứa dữ liệu cụ thể của từng cảm biến, thiết bị hoặc thông tin sự kiện. Ví dụ, dữ liệu từ DHT11 được lưu trữ kèm thời gian đo để người dùng xem lại được lịch sử môi trường trong nhà. Tương tự, thông tin về trạng thái cửa (mở hay đóng), đèn (bật hay tắt) hoặc các cảnh báo từ hệ thống cũng được ghi nhận đầy đủ trong cơ sở dữ liệu để hỗ trợ việc theo dõi và phân tích sau này. Một ưu điểm nổi bật khác của Firebase trong dự án là khả năng hỗ trợ thời gian thực. Khi có thay đổi trạng thái, như khi cảm biến MQ-2 phát hiện khí gas, dữ liệu ngay lập tức được đẩy lên Firebase và đồng bộ với ứng dụng di

động. Điều này giúp giúp gia chủ ngay lập tức được báo cáo về các sự kiện quan trọng giúp hành động phù hợp mà không bị trễ thời gian. Ngoài ra, Firebase còn bảo đảm bảo mật và quyền truy cập. Nó cho phép xác thực người dùng và phân quyền truy cập, chắc chắn rằng chỉ ai có quyền mới được phép vào và điều khiển hệ thống. Trong bối cảnh hệ thống quản lý dữ liệu nhạy cảm về an ninh, điều này trở nên đặc biệt cần thiết.

3.3.6. Khối hiển thị

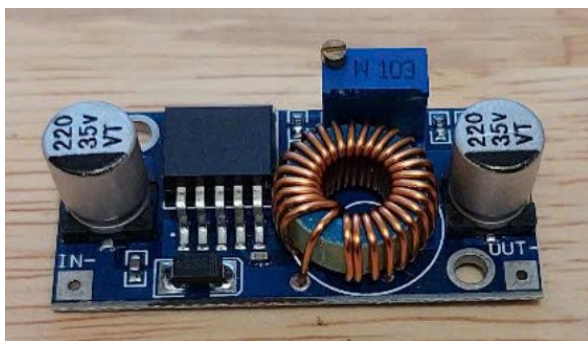
Khối hiển thị có nhiệm vụ làm đường dẫn giữa hệ thống và người dùng, nhằm cung cấp thông tin cho gia chủ qua giao diện trực quan và cũng cho phép tương tác hai chiều giữa hệ thống và người sử dụng. Khối hiển thị được thiết kế để tích hợp với ứng dụng di động, cho phép người dùng truy cập mọi thông tin của hệ thống từ bất kỳ đâu chỉ cần có kết nối Internet. Dữ liệu từ Firebase được cập nhật thời gian thực với giao diện người dùng, giúp hiển thị ngay lập tức các thông tin như nhiệt độ, độ ẩm, trạng thái cửa (mở hoặc đóng), trạng thái đèn (bật hoặc tắt) hoặc các cảnh báo về khí gas cũng như nhiệt độ. Điều này không chỉ tạo ra sự tiện lợi mà còn giúp người dùng có khả năng phản ứng nhanh chóng trong các tình huống khẩn cấp.

Giao diện hiển thị được thiết kế trực quan, dễ sử dụng với bố cục hợp lý bằng ngôn ngữ Kotlin. Các thông tin từ hệ thống được sắp xếp theo danh mục rõ ràng với các trang Home, trang Settings và trạng Log out.

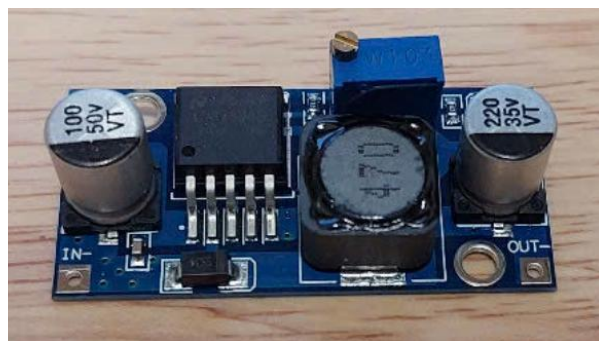
3.3.7. Khối nguồn

Khối nguồn là nơi cung cấp năng lượng cho toàn hệ thống. Trong dự án này, khối nguồn được thiết kế để đảm bảo hoạt động của cả Raspberry Pi và ESP32 cũng như các phần cứng khác. Sự ổn định của khối nguồn không chỉ giúp các thiết bị hoạt động hiệu quả mà còn đảm bảo tính liên tục của hệ thống ngay cả khi xảy ra sự cố mất điện, nhờ vào sự hỗ trợ của nguồn dự phòng.

Hệ thống sử dụng module XL4005 (hình 3.12) để cấp nguồn cho Raspberry Pi và module LM2596S (hình 3.13) để cấp nguồn cho ESP32. Đây là hai module chuyển đổi DC-DC hiệu suất cao, đảm bảo cung cấp dòng điện và điện áp phù hợp cho từng thiết bị trong hệ thống.



Hình 3.12. Module nguồn giảm áp DC XL4005 5 A



Hình 3.13. Module nguồn giảm áp DC LM2596S 3 A

Module XL4005, được sử dụng để cấp nguồn cho Raspberry Pi, với nhiệm vụ giảm điện áp từ nguồn đầu vào 12 V xuống mức điện áp yêu cầu 5 V của Raspberry Pi. Module XL4005 có khả năng cung cấp dòng điện lên đến 5 A, thỏa mãn yêu cầu tiêu thụ điện cao của Raspberry Pi, nhất là khi có camera Raspberry Pi. Nhờ khả năng chuyển đổi hiệu quả, module này giúp giảm thiểu tổn thất năng lượng và duy trì nhiệt độ ổn định cho các thành phần điện tử.

Trong khi đó, module LM2596S, được sử dụng để cấp nguồn cho ESP32, hoạt động như một bộ chuyển đổi buck, giúp giảm điện áp từ nguồn cung cấp xuống mức phù hợp với yêu cầu của ESP32 (khoảng 3,3 V). Với khả năng cung cấp dòng điện lên đến 3 A, module LM2596S đảm bảo rằng ESP32 hoạt động ổn định ngay cả khi phải xử lý dữ liệu từ các cảm biến hoặc thực hiện giao tiếp không dây qua Wi-Fi và Bluetooth. Hơn nữa, module này được thiết kế với khả năng bảo vệ ngắn mạch và quá dòng, đảm bảo an toàn cho thiết bị trong các điều kiện hoạt động khắc nghiệt.

Sở dĩ tác giả không sử dụng mạch giảm áp XL4005 để cấp nguồn cho cả Raspberry và ESP32 vì hai thiết bị này có yêu cầu nguồn điện khác nhau và việc sử dụng chung một mạch giảm áp có thể gây ra một số vấn đề về hiệu suất và ổn định. Raspberry Pi yêu cầu nguồn điện 5 V DC ổn định với dòng điện tối thiểu từ 2,5 A đến 3 A, trong khi ESP32 chỉ cần 3,3 V DC với dòng điện nhỏ hơn, khoảng 250 mA đến 500 mA. Mặc dù XL4005 có khả năng cung cấp dòng tối đa lên tới 5 A, đủ cho cả hai thiết bị, nhưng nó không có đầu ra 3,3 V, đòi hỏi phải sử dụng thêm mạch ổn áp phụ như AMS1117-3.3 hoặc LM2596 để giảm điện áp xuống 3,3 V cho ESP32. Điều này làm phức tạp thiết kế và tăng nguy cơ nhiễu điện hoặc sụt áp nếu tải thay đổi đột ngột, đặc biệt khi Raspberry Pi nhạy cảm với sự thay đổi đột ngột của tải hoặc nhiễu từ các linh kiện khác. Thêm vào đó, XL4005 có thể sinh nhiệt khi hoạt động ở dòng cao, cần tản nhiệt hiệu quả để tránh quá nhiệt. Do đó, sử dụng hai mạch nguồn riêng biệt sẽ đơn giản hơn và đảm bảo hiệu suất, độ ổn định nguồn điện tốt hơn cho cả hai thiết bị.

Một điểm nổi bật của khối nguồn trong dự án này là sự tích hợp của pin dự phòng 12 V. Khi xảy ra sự cố mất điện, pin dự phòng sẽ tự động cung cấp năng lượng cho các module LM2596S và XL4005, đảm bảo rằng hệ thống vẫn hoạt động liên tục. Pin dự phòng cũng được thiết kế với cơ chế sạc tự động, đảm bảo luôn duy trì đủ năng lượng để sử dụng khi cần thiết.

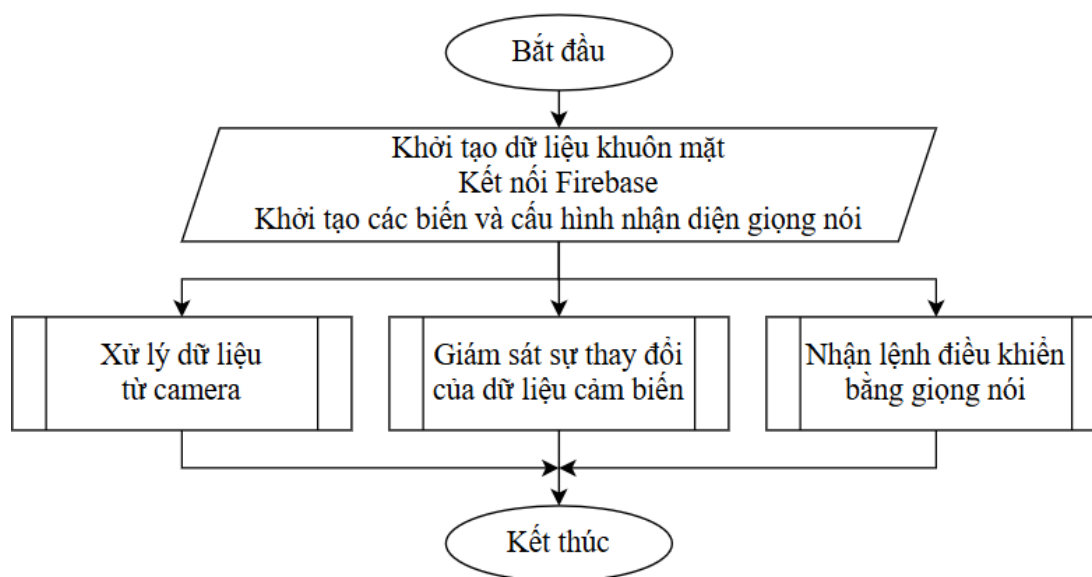
Khối nguồn cũng được thiết kế để tương thích với toàn bộ hệ thống, cung cấp năng lượng cho các thiết bị khác như còi báo động, servo motor và các cảm biến. Tất cả các thiết bị này được kết nối thông qua các module LM2596S và XL4005, đảm bảo sự phân phối điện năng hợp lý mà không gây quá tải. Khả năng bảo vệ mạch của các module này giúp ngăn chặn các sự cố như ngắn mạch, quá nhiệt hoặc quá tải, tăng cường tính bền vững và tuổi thọ của hệ thống.

3.4. THIẾT KẾ PHẦN MỀM

Hệ thống được xây dựng không chỉ dựa trên phần cứng mà còn cần sự cộng tác khăng khít với phần mềm để đảm bảo các vận hành trơn tru. Phần mềm trong dự án này được chia thành các thành phần chính, bao gồm lập trình cho Raspberry Pi, ESP32 và ứng dụng di động. Mỗi phần mềm được lập trình nhằm khai thác tốt tài nguyên phần cứng, đồng thời đảm bảo dễ dàng hoạt động và có thể mở rộng trong tương lai.

3.4.1. Thiết kế chương trình cho Raspberry Pi

Chương trình trên Raspberry Pi chịu trách nhiệm chính trong xử lý hình ảnh từ camera và nhận diện khuôn mặt để kiểm soát trạng thái cửa ra vào. Lưu đồ giải thuật trong hình 3.14 mô tả cách hoạt động của Raspberry Pi.

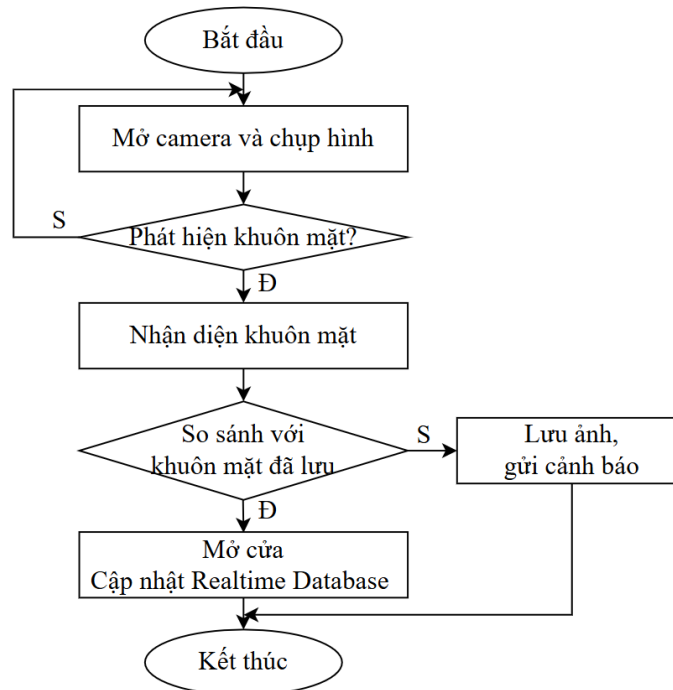


Hình 3.14. Lưu đồ giải thuật Raspberry Pi

Việc thực thi chương trình sẽ được giải quyết thông qua ba chương trình con sau: “Xử lý dữ liệu từ camera”, “Giám sát sự thay đổi của dữ liệu cảm biến” và “Nhận lệnh điều khiển bằng giọng nói”. Các chức năng này hoạt động song song nhằm giữ vững sự chính xác và hiệu suất hoạt động của hệ thống.

3.4.1.1. Chương trình con “Xử lý dữ liệu từ camera”

Chương trình con “Xử lý dữ liệu từ camera” chịu trách nhiệm ghi nhận hình ảnh thời gian thực từ camera Raspberry Pi Camera Rev 1.3 và thực thi với thư viện OpenCV. Dữ liệu có được từ hình ảnh sẽ trải qua thuật toán nhận diện khuôn mặt để phân biệt người ngoài và người dùng hợp pháp. Nếu phát hiện người lạ thì tiến hành lưu hình ảnh lại và gửi email cũng như tin nhắn qua điện thoại cảnh báo cho gia chủ. Hình 3.15 là lưu đồ giải thuật mô tả chương trình con “Xử lý dữ liệu từ camera”.



Hình 3.15. Lưu đồ giải thuật mô tả chương trình con “Xử lý dữ liệu từ camera”

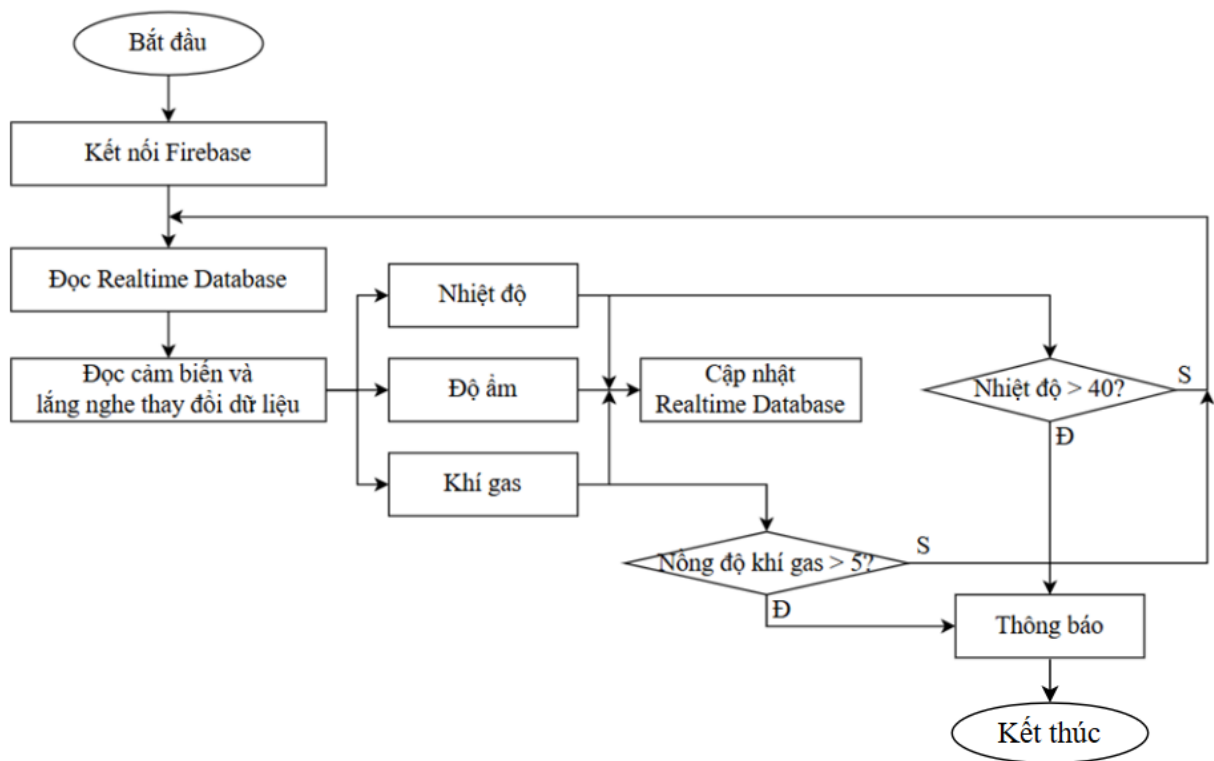
Đầu tiên, chương trình khởi tạo kết nối với camera Raspberry Pi bằng lệnh “cv2.VideoCapture(0)” để bắt đầu thu thập hình ảnh. Các khung hình được lấy từ camera sẽ được xử lý tuần tự trong một vòng lặp vô hạn. Mỗi khung hình sau khi nhận được sẽ được chuyển đổi sang thang độ xám bằng lệnh “cv2.cvtColor(image, cv2.COLOR_BGR2GRAY)” nhằm giảm dữ liệu không cần xử lý và tăng hiệu suất nhận diện khuôn mặt. Sau khi hình ảnh được xử lý sơ bộ, dùng thuật toán Haar

Cascade để phát hiện khuôn mặt trong hình ảnh thang độ xám. Thuật toán này trả về danh sách tọa độ của các vùng chứa khuôn mặt. Tiếp theo, các vùng chứa khuôn mặt được cắt ra và truyền vào thuật toán nhận diện LBP thông qua hàm “recognizer.predict()”. Dựa trên dữ liệu đã được huấn luyện trước đó, thuật toán sẽ trả về mã định danh khuôn mặt (id) và độ tin cậy (confidence). Nếu độ tin cậy trên 50%, khuôn mặt được xác định là hợp lệ và ngược lại, nếu độ tin cậy nhỏ thua 50%, khuôn mặt sẽ được đánh dấu là “unknown” (người lạ). Trong mỗi khung hình, nếu hệ thống phát hiện người dùng hợp lệ trong hơn 15 lần liên tiếp, lệnh mở cửa sẽ được gửi đến Firebase bằng cách đặt giá trị “Door” thành “1”. Ngược lại, nếu hệ thống phát hiện người lạ trong hơn 15 lần liên tiếp, hình ảnh sẽ được chụp lại và lưu dưới dạng tệp warning.jpg, sau đó được gửi qua email cùng với tin nhắn cảnh báo đến người dùng. Hành động này đảm bảo rằng hệ thống không chỉ nhận diện chính xác mà còn phản hồi kịp thời.

Kết quả xử lý hiện ra trên màn hình với các khung hình khuôn mặt được đánh dấu và thông tin nhận diện đi kèm. Người dùng có thể theo dõi quá trình nhận diện này trực tiếp để giám sát.

3.4.1.2. Chương trình con “Giám sát sự thay đổi của dữ liệu cảm biến”

Chương trình con này lắng nghe các thay đổi từ cảm biến, bao gồm nhiệt độ, độ ẩm và nồng độ khí gas từ Firebase. Khi phát hiện bất thường (ví dụ: nhiệt độ cao hơn 40°C hoặc nồng độ khí gas vượt mức an toàn), hệ thống sẽ tức thì báo đến gia chủ qua cả tin nhắn và email, đồng thời kích hoạt còi báo động. Lưu đồ giải thuật của chương trình con “Giám sát sự thay đổi của dữ liệu cảm biến”, được thể hiện trong hình 3.16 bên dưới.



Hình 3.16. Lưu đồ giải thuật mô tả chương trình con

“Giám sát sự thay đổi của dữ liệu cảm biến”

Đầu tiên, kết nối với Firebase được thiết lập thông qua đoạn mã khởi tạo “`firebase.initialize_app(config)`”, trong đó biến `config` chứa các thông tin cần thiết như `apiKey`, `databaseURL` và các thông tin xác thực khác. Biến “`db`” đại diện cho cơ sở dữ liệu, cho phép Raspberry Pi giao tiếp với Firebase và theo dõi các thay đổi dữ liệu.

Để theo dõi thông tin cảm biến, ba hàm lắng nghe được định nghĩa, bao gồm “`listener1`”, “`listener2`” và “`listener3`”. Mỗi hàm đảm nhận một nhiệm vụ riêng: “`listener1`” theo dõi nhiệt độ, “`listener2`” theo dõi độ ẩm và “`listener3`” theo dõi nồng độ khí gas. Khi một điểm dữ liệu trong Firebase thay đổi, hệ thống sẽ tự động kích hoạt hàm lắng nghe tương ứng và giá trị mới sẽ được gán cho các biến toàn cục “`temp`”, “`humi`” và “`gas`”. Ví dụ, nếu cảm biến nhiệt độ có sự biến đổi, giá trị mới sẽ được cập nhật vào biến “`temp`” để các bộ phận khác trong hệ thống có thể khai thác. Ba hàm lắng

nghe này được đăng ký với cơ sở dữ liệu bằng cách sử dụng phương thức “.stream()”, ví dụ: “db.child(“Temperature”).stream(listener1)”. Điều này cam kết rằng bất kỳ sự biến thiên nào tại nút “Temperature”, “Humidity” hoặc “Gas” đều sẽ được Raspberry Pi ghi nhận liền. Sau khi có được dữ liệu, các giá trị này sẽ được tích hợp vào các thành phần khác của chương trình để xử lý. Chẳng hạn, nếu nhiệt độ vượt quá 40⁰C, hệ thống sẽ báo qua còi và gửi email cũng như tin nhắn với nội dung cảnh báo chi tiết. Tương tự, nếu nồng độ khí gas vượt 5%, hệ thống sẽ phát cảnh báo và gửi email cùng với tin nhắn cho gia chủ.

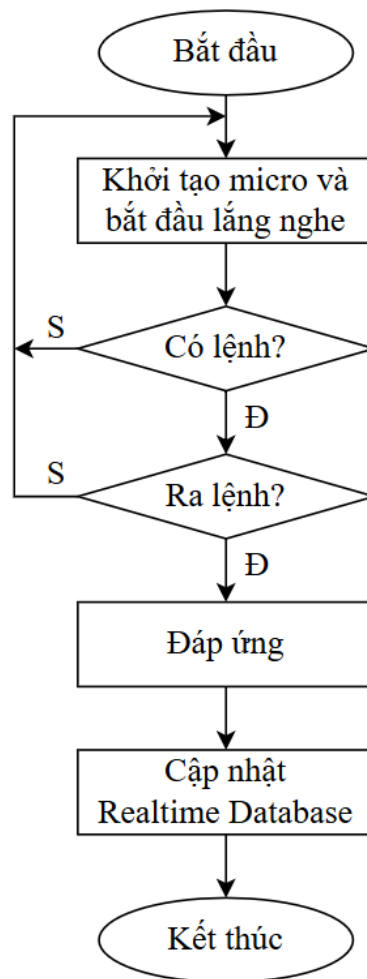
3.4.1.3. Chương trình con “Nhận lệnh điều khiển bằng giọng nói”

Chương trình này cho phép gia chủ ra lệnh điều khiển hệ thống qua giọng nói. Các lệnh như mở hoặc đóng cửa, bật hoặc tắt đèn sẽ được nhận diện và thực thi thông qua công cụ nhận diện giọng nói. Hình 3.17 là lưu đồ giải thuật biểu diễn chương trình con “Nhận lệnh điều khiển bằng giọng nói”.

Đầu tiên, chương trình khởi tạo một đối tượng “Recognizer” từ thư viện “SpeechRecognition”, chịu trách nhiệm thu âm và xử lý âm thanh. Microphone được kích hoạt thông qua lệnh “sr.Microphone()” để có thể nghe được giọng nói của gia chủ. Phương thức “recognizer.listen()” ghi lại âm thanh trong khoảng thời gian giới hạn là 1 giây, đảm bảo chương trình không bị treo nếu không có đầu vào. Âm thanh thu được sau đó được chuyển đổi thành văn bản bằng phương thức “recognizer.recognize_google()”, với tham số “language=“vi-VN”” để nhận diện tiếng Việt. Nội dung lệnh nhận được sẽ được hiện ra để dễ dàng kiểm tra.

Khi lệnh được nhận diện, chương trình kiểm tra nội dung thông qua các câu điều kiện “if” để xác định hành động tương ứng. Trong trường hợp điều khiển các thiết bị, chẳng hạn như “bật đèn”, “tắt đèn”, chương trình sẽ đồng bộ trạng thái thiết bị trên

Firestore thông qua lệnh “db.child().set()”. Gia chủ cũng có thể thao tác cửa với các lệnh “mở cửa” hoặc “đóng cửa” và chương trình sẽ gửi lệnh tương ứng đến Firestore để thực thi.



Hình 3.17. Lưu đồ giải thuật mô tả chương trình con
“Nhận lệnh điều khiển bằng giọng nói”

Ngoài ra, chương trình cũng có thể đối phó được với lỗi phát sinh trong quá trình nhận diện giọng nói. Nếu không nhận diện được lệnh, hệ thống thông báo “Không hiểu bạn nói gì”. Nếu không có âm thanh đầu vào, thông báo “Không nhận được âm thanh” sẽ xuất hiện. Những cơ chế này giúp chương trình duy trì độ tin cậy và cải thiện trải nghiệm người dùng.

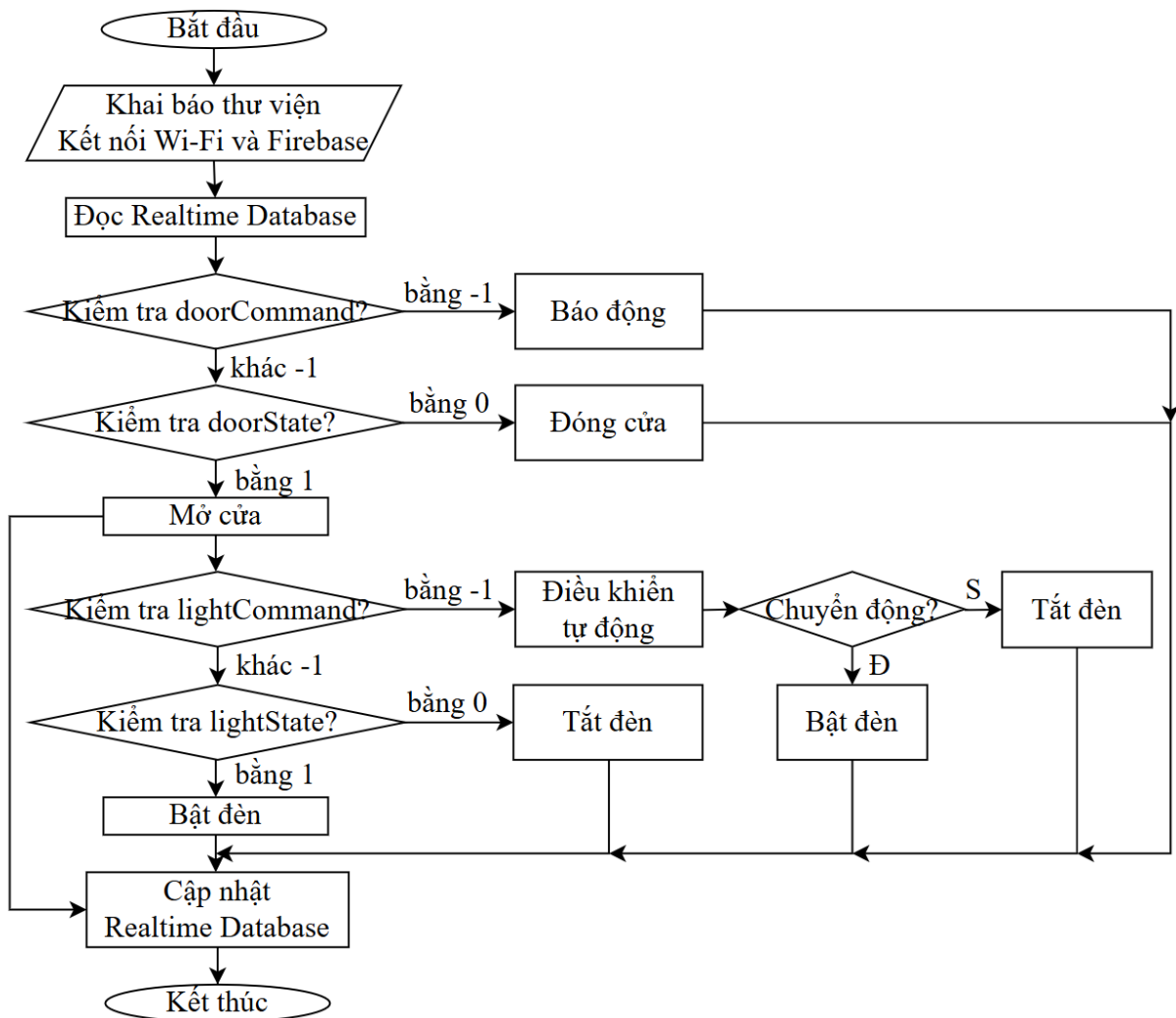
3.4.2. Thiết kế chương trình cho ESP32

Chương trình dành cho ESP32 được thiết kế nhằm thực hiện các chức năng quan trọng như kết nối mạng Wi-Fi, thu thập dữ liệu từ cảm biến, điều khiển thiết bị đầu ra và giao tiếp thời gian thực với Firebase để duy trì sự tương tác và theo dõi dễ dàng. Lưu đồ giải thuật của đó được thể hiện trong hình 3.18.

Việc đầu tiên là khởi tạo các thành phần chính bao gồm cảm biến, Wi-Fi, Firebase và các chân I/O cho thiết bị. Các cảm biến như DHT11, MQ-2 và PIR được khởi động để chuẩn bị thu thập dữ liệu môi trường. Wi-Fi được kết nối mạng để đảm bảo hệ thống có thể giao tiếp với Firebase và Internet. Firebase được cấu hình để đồng bộ hóa dữ liệu giữa ESP32 và đám mây. Servo motor và còi báo động cũng được cấu hình để sẵn sàng nhận lệnh điều khiển.

ESP32 liên tục lấy dữ liệu từ cảm biến:

- Cảm biến nhiệt độ và độ ẩm (DHT11): Đo giá trị nhiệt độ và độ ẩm từ môi trường và lưu vào biến “temperature” và “humidity”.
- Cảm biến khí gas (MQ2): Đọc nồng độ khí gas và chuyển đổi giá trị tương tự thành mức phần trăm bằng hàm “map()”.
- Cảm biến chuyển động (PIR): Phát hiện sự hiện diện của con người trong phạm vi giám sát và trả về tín hiệu số.



Hình 3.18. Lưu đồ giải thuật ESP32

Dữ liệu lấy từ cảm biến này được ghi lại vào Firebase qua các lệnh “Firebase.setFloat()” và “Firebase.setInt()”.

ESP32 theo dõi các thay đổi trạng thái thiết bị như cửa, đèn và lịch trình từ Firebase:

- Trạng thái cửa: Giá trị tại nút “Door” trong Firebase được lấy về và phân tích. Nếu giá trị là “1” hoặc “0”, trạng thái cửa ứng với nó sẽ kích hoạt. Dựa trên trạng thái

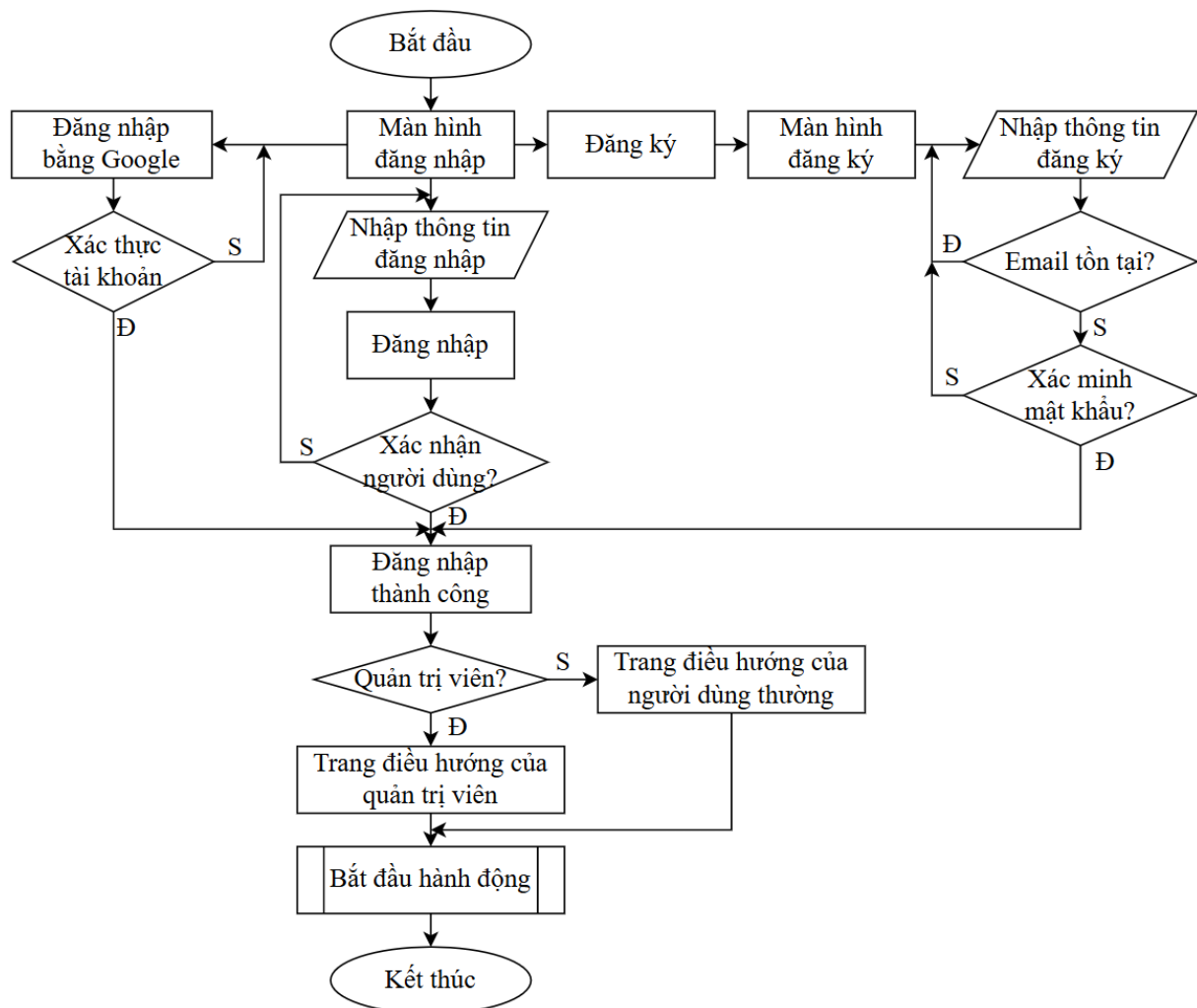
cửa, servo motor được xoay đến góc tương ứng để mở hoặc đóng cửa. Góc 120^0 được sử dụng để mở cửa và góc 40^0 để đóng cửa.

- Trạng thái đèn: ESP32 nhận lệnh bật/tắt đèn thông qua giá trị tại nút “Light”. Nếu phát hiện chuyển động, ESP32 sẽ điều khiển đèn dựa trên cảm biến PIR.

Sau mỗi lần xử lý dữ liệu và thực thi hành động, chương trình chờ trong khoảng thời gian ngắn (100ms) trước khi tiếp tục vòng lặp. Điều này giúp giảm tải cho vi điều khiển và tránh hiện tượng xử lý lặp quá nhanh.

3.4.3. Thiết kế chương trình cho ứng dụng di động

Phần mềm di động đóng vai trò quan trọng trong việc tương tác giữa người dùng và hệ thống, không chỉ giúp người dùng giám sát trạng thái hệ thống mà còn cung cấp giao diện điều khiển các thiết bị từ xa. Để đảm bảo khả năng hoạt động mượt mà và tối ưu hóa trải nghiệm người dùng, lưu đồ giải thuật của ứng dụng di động được xây dựng dựa trên các bước xử lý logic chặt chẽ và tương thích với toàn bộ hệ thống an ninh, được trình bày như trong hình 3.19.



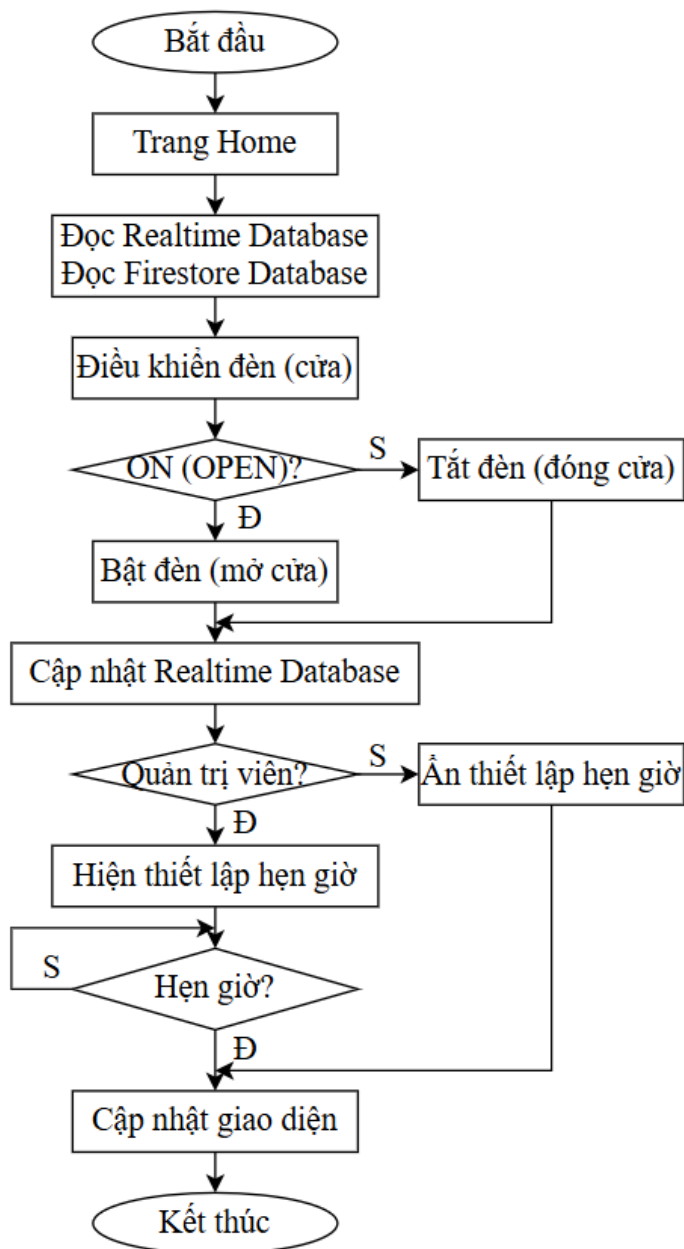
Hình 3.19. Lưu đồ giải thuật cho ứng dụng di động

Lưu đồ giải thuật hình 3.19 minh họa quy trình hoạt động của hệ thống đăng nhập và điều hướng trong dự án. Quá trình bắt đầu khi người dùng mở ứng dụng, được đưa đến màn hình đăng nhập chính. Tại đây, người dùng có hai lựa chọn đăng nhập là đăng nhập bằng tài khoản Google hoặc nhập tài khoản và mật khẩu thủ công. Quy trình xác thực sẽ được triển khai để đảm bảo tính hợp lệ của thông tin. Nếu người dùng chọn đăng nhập bằng tài khoản Google, hệ thống sẽ tiến hành xác thực tài khoản Google. Trường hợp tài khoản Google hợp lệ, người dùng sẽ được chuyển tiếp đến bước tiếp theo. Ngược lại, nếu xác thực thất bại, hệ thống sẽ đưa người dùng quay lại màn hình

đăng nhập bằng Google. Đối với người dùng nhập tài khoản và mật khẩu thủ công thì cần nhập đúng như lúc đăng ký, nếu nhập không đúng thì hệ thống sẽ đưa người dùng về màn hình đăng nhập. Trong trường hợp người dùng muốn đăng ký tài khoản thì hệ thống sẽ điều hướng đến màn hình đăng ký và người dùng cần nhập các thông tin cần thiết như tài khoản, email, mật khẩu (cần ít nhất sáu ký tự) và xác nhận mật khẩu. Hệ thống sau đó sẽ kiểm tra sự tồn tại của email. Nếu email đã tồn tại thì quay lại màn hình đăng ký để tiến hành đăng ký lại; ngược lại, nếu email không tồn tại, hệ thống sẽ xác minh mật khẩu, nếu giống với mật khẩu đã nhập trước đó thì đăng ký thành công và sẽ chuyển người dùng đến màn hình đăng nhập để hoàn tất. Trong trường hợp mật khẩu lần sau không giống mật khẩu lần trước thì hệ thống sẽ báo lỗi và người dùng cần phải nhập đúng mật khẩu như đã nhập trước đó.

Khi đăng nhập thành công, hệ thống sẽ phân quyền người dùng dựa trên vai trò của họ. Nếu người dùng là quản trị viên, họ sẽ được cung cấp thanh điều hướng với các tùy chọn nâng cao như trang Home, trang Settings và trang Log out. Ngược lại, với người dùng thông thường, thanh điều hướng chỉ hiển thị các tùy chọn cơ bản như trang Home và đăng xuất. Sau khi điều hướng, người dùng có thể bắt đầu thực hiện các tác vụ khác nhau trong ứng dụng, từ giám sát trạng thái hệ thống đến điều khiển thiết bị. Quy trình kết thúc khi người dùng hoàn tất công việc hoặc đăng xuất khỏi ứng dụng.

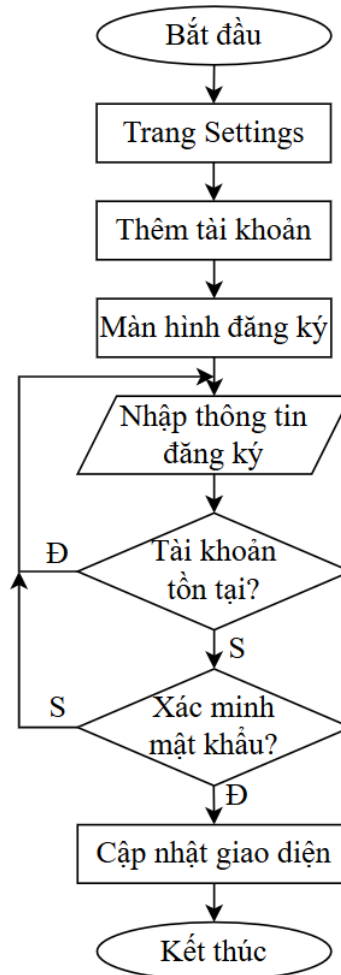
Các tác vụ khác mà người dùng có thể thực hiện được mô tả qua lưu đồ giải thuật như hình 3.20, 3.21 và 3.22.



Hình 3.20. Lưu đồ giải thuật của trang Home

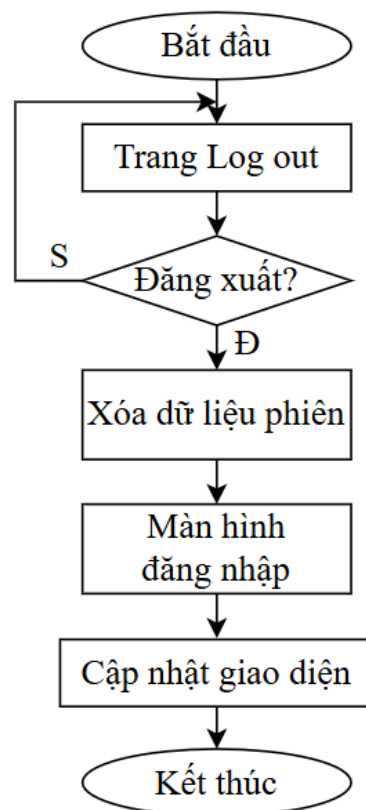
Đầu tiên, khi giao diện ứng dụng mở ra, người dùng được dẫn đến trang Home, nơi hiển thị thông tin từ Realtime Database và Firestore Database, với lưu đồ giải thuật được trình bày trong hình 3.20. Dữ liệu này được đồng bộ hóa để đảm bảo tính chính xác và thời gian thực. Từ trang Home, người dùng có thể điều khiển đèn hoặc cửa. Hệ thống sẽ kiểm tra xem người dùng thực hiện hành động nào từ đó cập nhật trạng thái

tương ứng với Realtime Database cho phù hợp. Sau đó, hệ thống sẽ kiểm tra quyền hạn xem người dùng có là quản trị viên không. Nếu đúng, tùy chọn truy cập vào giao diện quản lý sẽ xuất hiện, cho phép quản trị viên thực hiện các thao tác như thay đổi hoặc thiết lập hẹn giờ; trong trường hợp không phải là quản trị viên, giao diện chỉ cho phép người dùng truy cập các chức năng cơ bản như theo dõi trạng thái thiết bị và nhận thông báo. Cả hai trường hợp này đều được ứng dụng cập nhật giao diện cho phù hợp. Khi thực hiện hẹn giờ, ứng dụng cho phép người dùng thiết lập thời gian bật/tắt đèn. Hệ thống sẽ kiểm tra tính hợp lệ của thời gian và nếu thành công, trạng thái hẹn giờ sẽ được cập nhật lên Firebase.



Hình 3.21. Lưu đồ giải thuật của trang Settings

Trang Settings, với lưu đồ giải thuật được trình bày trong hình 3.21, là khu vực dành riêng cho quản trị viên hoặc người dùng có quyền truy cập đặc biệt. Tại đây, quản trị viên có thể thêm tài khoản người dùng mới. Quá trình thêm tài khoản bắt đầu bằng việc nhập thông tin cần thiết như tên người dùng, email và mật khẩu. Sau đó, ứng dụng sẽ kiểm tra tính hợp lệ của thông tin này. Nếu thông tin nhập vào đúng, tài khoản mới sẽ được thêm vào hệ thống và đồng bộ lên cơ sở dữ liệu. Ngược lại, nếu có lỗi trong quá trình xác minh (như email không hợp lệ hoặc tài khoản đã tồn tại), hệ thống sẽ báo lỗi và yêu cầu người dùng nhập lại. Trang này cũng cho phép quản trị viên thay đổi hoặc quản lý các thông tin quan trọng khác của hệ thống để đảm bảo tính linh hoạt và khả năng mở rộng.



Hình 3.22. Lưu đồ giải thuật của trang Log out

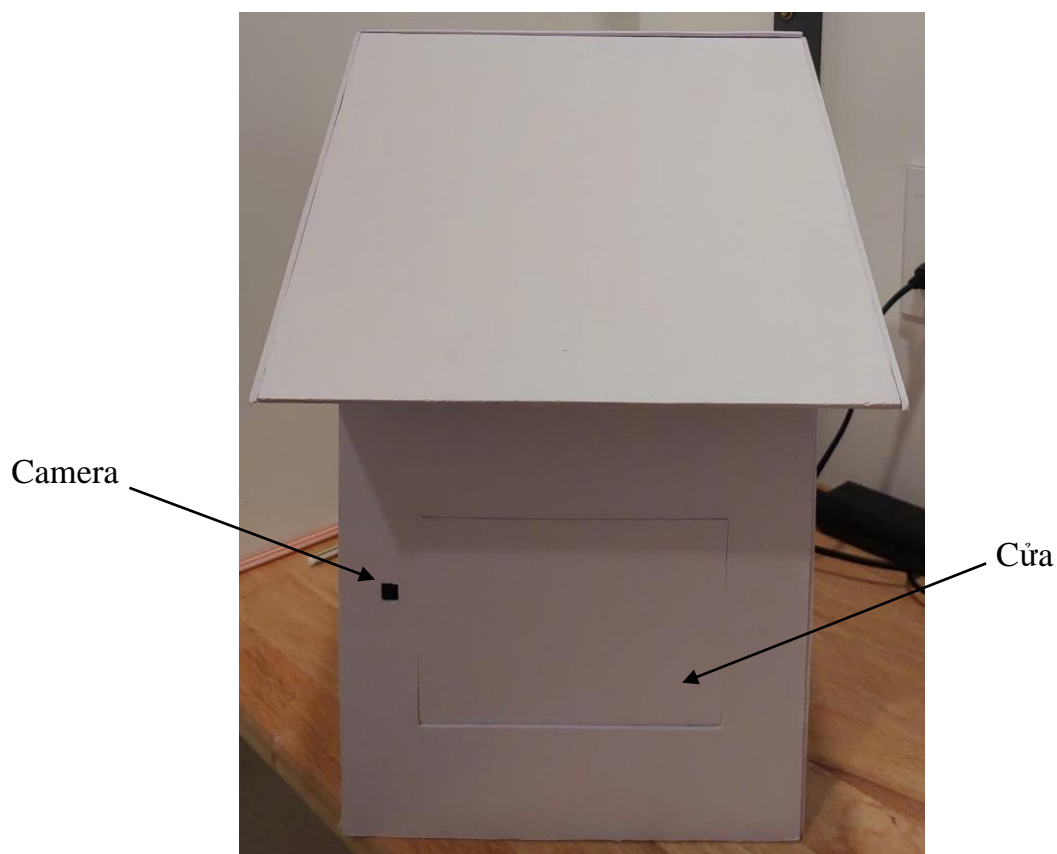
Cuối cùng, khi người dùng chọn Log out, ứng dụng sẽ xác nhận ý định của người dùng là đăng xuất. Lưu đồ giải thuật của trang Log out được trình bày như hình 3.22. Sau khi xác nhận, hệ thống sẽ thực hiện việc kết thúc phiên làm việc hiện tại, xóa bỏ các thông tin tạm thời của người dùng khỏi bộ nhớ và đưa ứng dụng trở lại màn hình đăng nhập ban đầu cũng như cập nhật lại giao diện. Điều này giúp ngăn chặn việc truy cập trái phép từ các người dùng không được phép và đảm bảo rằng mỗi phiên làm việc đều bắt đầu với thông tin đăng nhập mới. Chức năng này đặc biệt quan trọng trong các hệ thống yêu cầu tính bảo mật cao, như hệ thống an ninh thông minh được triển khai trong dự án.

CHƯƠNG 4. KẾT QUẢ

Chương 4 đánh dấu bước chuyển từ lý thuyết và thiết kế sang việc triển khai và kiểm tra thực tế hệ thống. Đây là giai đoạn quan trọng nhằm đánh giá tính khả thi và hiệu quả của hệ thống thông qua các thử nghiệm cụ thể.

4.1. SẢN PHẨM PHẦN CỨNG

Hình 4.1 là mặt trước mô hình hệ thống khi đã hoàn thiện. Hệ thống được thiết kế như một ngôi nhà cấp bốn với cửa đóng mở bằng động cơ servo và camera nằm ngay phía bên trái cửa (nhìn từ ngoài vào) thuận tiện cho việc nhận diện khuôn mặt để vào nhà.



Hình 4.1. Mô hình hệ thống

Hình 4.2 là các cảm biến được đặt bên trong nhà sao cho dễ dàng thu thập dữ liệu và led dây 5050 RGB được sử dụng vừa làm đèn chiếu sáng. Các phần cứng khác cũng như mạch in được tác giả đặt phần dưới của mô hình để đảm bảo tính thẩm mỹ.



Hình 4.2. Bố trí các cảm biến trong hệ thống

4.2. KẾT QUẢ CÁC CHẾ ĐỘ VÀ ĐÁNH GIÁ HỆ THỐNG

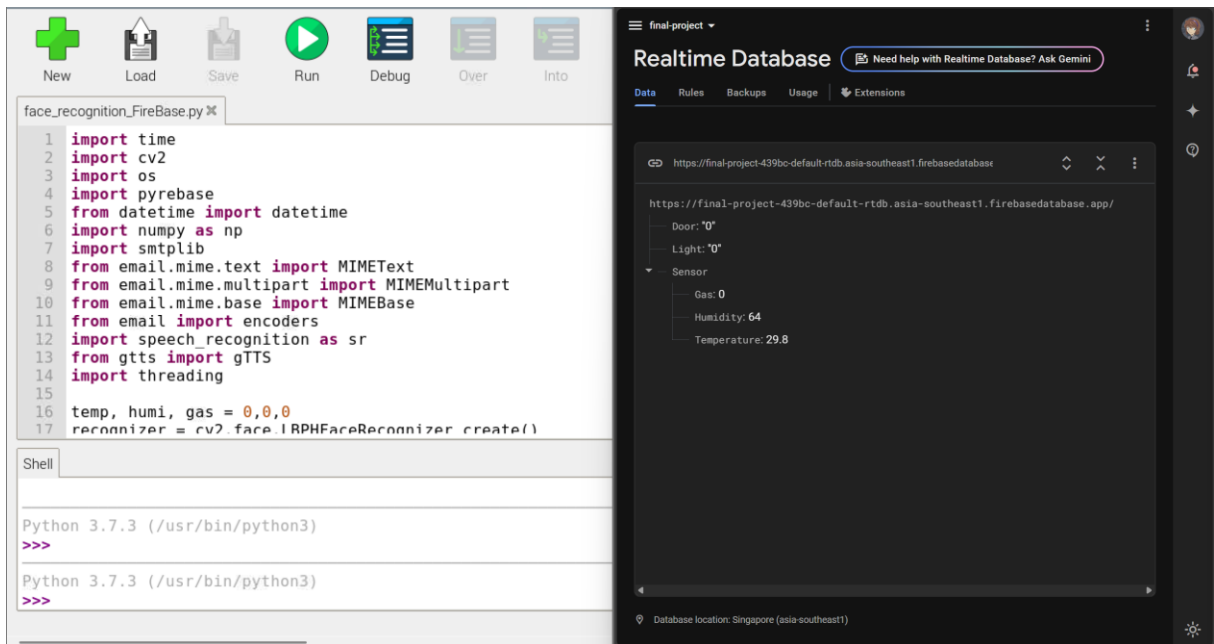
Dựa theo yêu cầu hệ thống đã được trình bày ở phần 3.1, trong phần 4.2 này, tác giả sẽ trình bày kết quả các chế độ cũng như đánh giá về hoạt động của hệ thống.

4.2.1. Nhận diện khuôn mặt

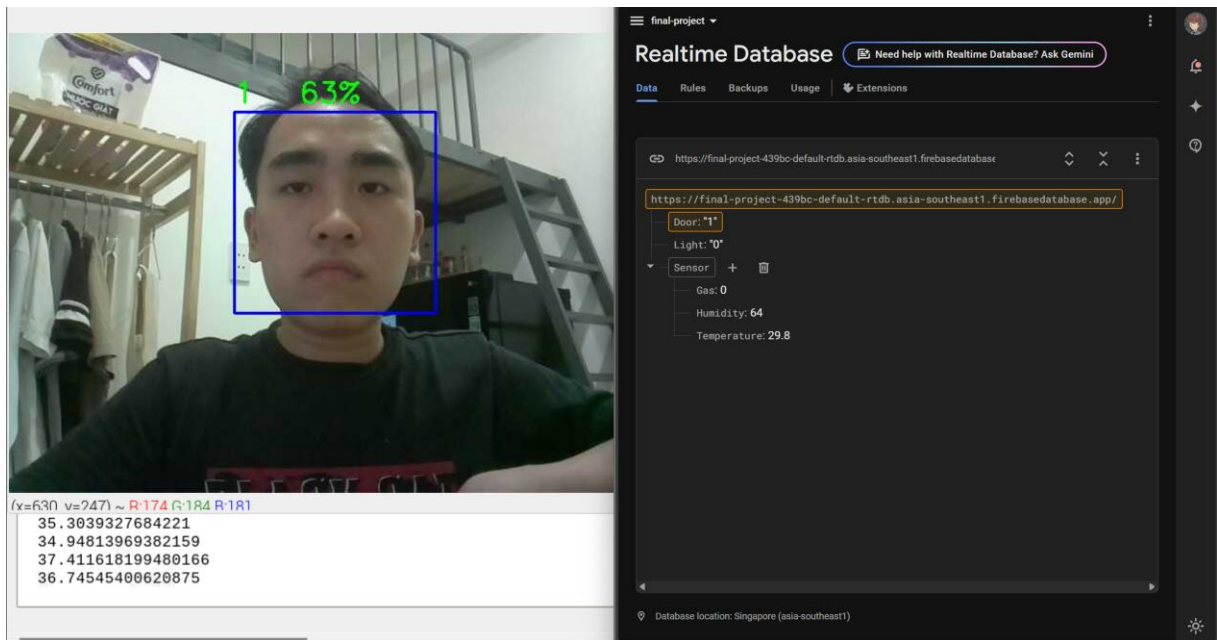
Hệ thống nhận diện khuôn mặt trong dự án được thiết kế nhằm đảm bảo tính bảo mật cao và tự động hóa trong việc kiểm soát ra vào. Khi khuôn mặt được nhận diện thành công với tỷ lệ trùng khớp đạt từ 50% trở lên, cửa sẽ tự động mở. Ngược lại, nếu tỷ lệ trùng khớp dưới 50%, hệ thống sẽ kích hoạt còi báo động đồng thời gửi thông báo qua email và tin nhắn để cảnh báo gia chủ về sự xâm nhập trái phép. Chức năng này

hoạt động hiệu quả trong điều kiện ánh sáng tốt, đảm bảo an ninh và tiện lợi cho người dùng.

Trước khi nhận diện khuôn mặt, cửa sẽ ở trạng thái đóng, thể hiện qua Firebase với thông số “Door: 0”. Điều này được minh họa trong hình 4.3. Khi khuôn mặt hợp lệ được nhận diện với tỷ lệ trùng khớp đạt 63%, cửa sẽ tự động mở, đồng thời thông tin này được cập nhật lên Firebase với trạng thái “Door: 1” như minh họa trong hình 4.4. Đây là quy trình chuẩn đảm bảo rằng chỉ những người được cấp quyền mới có thể mở cửa.

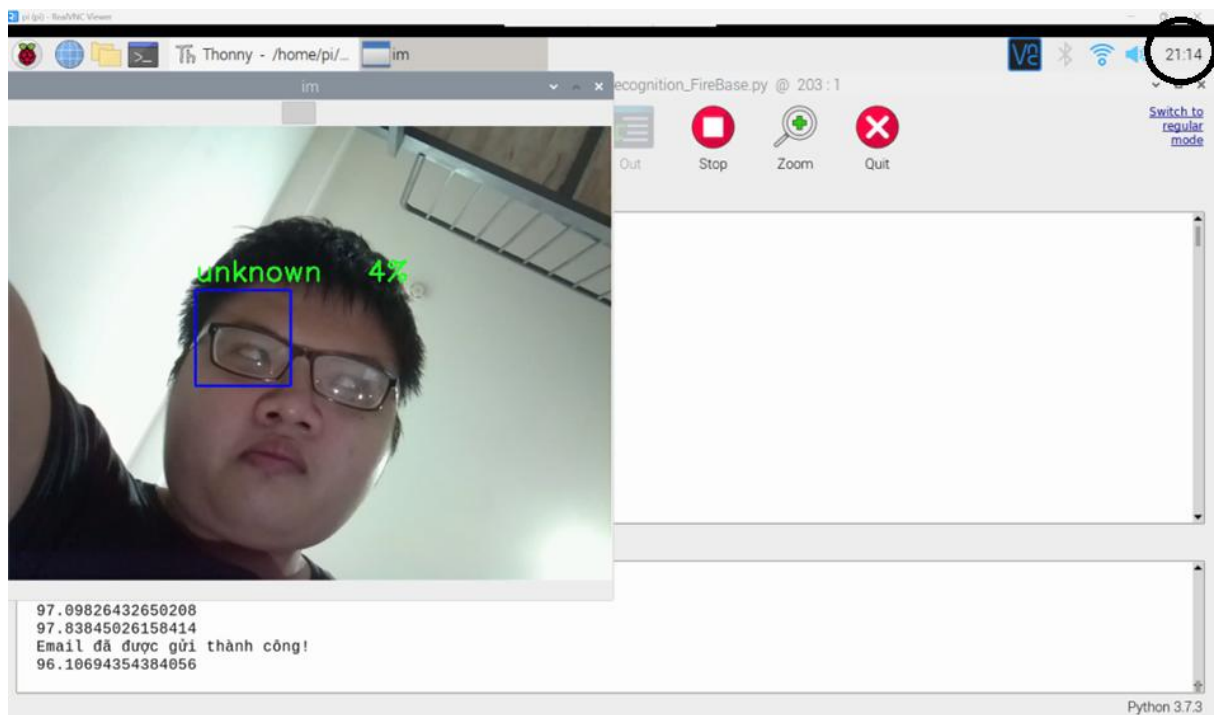


Hình 4.3. Cửa trước khi nhận diện khuôn mặt



Hình 4.4. Cửa sau khi nhận diện khuôn mặt thành công

Trong trường hợp khuôn mặt không hợp lệ, như minh họa trong hình 4.5, hệ thống sẽ kích hoạt còi báo động để cảnh báo tại chỗ. Đồng thời, một email tức thì sẽ được gửi đến tài khoản Gmail của gia chủ (hình 4.6), với tiêu đề “Cảnh báo xâm nhập” và nội dung kèm theo là “Phát hiện người lạ xâm nhập. Hãy kiểm tra hình ảnh đính kèm trong email.” cùng với đó là hình ảnh khuôn mặt bị từ chối do hệ thống ghi lại trong tệp warning.jpg song song với đó là một tin nhắn được gửi đến điện thoại cũng với nội dung như trên, như minh họa trong hình 4.7. Tính năng này giúp gia chủ có thể giám sát tình hình ngay cả khi không có mặt tại nhà.



Hình 4.5. Nhận diện khuôn mặt không hợp lệ



Hình 4.6. Email được gửi tức thì khi nhận diện khuôn mặt không hợp lệ

Cảnh báo xâm nhập: Phát hiện người lạ xâm nhập. Hãy kiểm tra hình ảnh đính kèm trong email.

Hình 4.7. Tin nhắn được gửi tức thì khi nhận diện khuôn mặt không hợp lệ

Mặc dù hệ thống đã hoạt động tốt trong nhiều trường hợp, tuy nhiên độ chính xác vẫn chưa đạt mức hoàn hảo. Tác giả đã thử nghiệm 100 lần thử với ba đối tượng (đối tượng 1 và 2 là đối tượng đã được huấn luyện từ trước, như là chủ nhà và đối tượng 3 là đối tượng lạ, chưa được huấn luyện từ trước) với các điều kiện khác nhau. Các đối tượng được yêu cầu nhìn thẳng vào camera. Quá trình nhận diện được đánh giá là thành công nếu hệ thống xác định đúng danh tính trong ít nhất 15 trên 100 khung hình đã được huấn luyện. Mỗi lần nhận diện mất khoảng 40 giây để hoàn thành.

Quy trình xử lý ảnh trong hệ thống bắt đầu bằng việc thu thập hình ảnh từ camera được tích hợp. Camera sẽ chụp lại các khung hình trong thời gian thực, đảm bảo cung cấp dữ liệu liên tục cho các bước xử lý tiếp theo. Chất lượng hình ảnh được đảm bảo ở mức phù hợp để cân bằng giữa hiệu năng xử lý và độ chính xác, với độ phân giải vừa đủ để nhận diện rõ khuôn mặt nhưng không gây tắc nghẽn luồng dữ liệu.

Hình ảnh thu thập được đưa qua bước tiền xử lý để cải thiện chất lượng đầu vào. Quá trình này sẽ chuyển đổi hình ảnh sang thang độ xám để giảm độ phức tạp và tối ưu tài nguyên xử lý.

Sử dụng thuật toán Haar Cascade, hệ thống xác định vị trí các khuôn mặt trong khung hình. Thuật toán này hoạt động dựa trên việc phân tích các đặc trưng Haar-like như sự tương phản giữa các vùng sáng và tối, giúp nhanh chóng lọc ra vùng khuôn mặt từ nền phức tạp. Đây là bước quan trọng để cô lập vùng dữ liệu cần nhận diện, đồng thời loại bỏ các phần không liên quan.

Sau khi phát hiện khuôn mặt, bước căn chỉnh được thực hiện nhằm chuẩn hóa dữ liệu đầu vào. Hệ thống sử dụng điểm mốc khuôn mặt, như vị trí mắt và mũi, để căn chỉnh góc nghiêng và đảm bảo khuôn mặt nằm ở tư thế thẳng. Việc chuẩn hóa này giúp

các thuật toán trích xuất đặc trưng hoạt động ổn định và chính xác hơn, đồng thời giảm thiểu lỗi phát sinh do góc chụp không đồng nhất.

Khuôn mặt sau khi chuẩn hóa được chuyển qua bước trích xuất đặc trưng, sử dụng thuật toán LBP. LBP phân tích sự thay đổi cường độ điểm ảnh trong các vùng lân cận, tạo ra một biểu diễn nhị phân đặc trưng cho từng khuôn mặt. Kết quả của bước này là một biểu diễn số hóa, gọn nhẹ nhưng đủ mạnh để so sánh và nhận diện.

Biểu diễn đặc trưng từ bước trích xuất được so khớp với cơ sở dữ liệu lưu trữ các khuôn mặt đã được huấn luyện. Hệ thống sử dụng sẽ so sánh độ tương đồng giữa khuôn mặt mới và dữ liệu sẵn có. Nếu độ tương đồng trên ngưỡng 50%, khuôn mặt được coi là đã nhận diện thành công. Ngược lại, nếu không tìm thấy kết quả phù hợp, hệ thống sẽ kích hoạt cảnh báo và ghi nhận hình ảnh để xử lý sau.

Trong các bảng 4.1 – 4.6 ở phần 4.2.1 này, để dễ thống kê thì tác giả quy ước dấu $\sqrt{}$ thể hiện việc nhận diện được và ô trống thể hiện việc không nhận diện được.

- Điều kiện ánh sáng bình thường: Kết quả của 100 lần thử được trình bày trong bảng 4.1.

Bảng 4.1. Kết quả nhận diện khuôn mặt trong điều kiện ánh sáng bình thường

Lần thử	Đối tượng 1	Đối tượng 2	Đối tượng lạ	Lần thử	Đối tượng 1	Đối tượng 2	Đối tượng lạ
1	√	√		28	√	√	
2	√	√		29	√	√	
3	√	√		30	√	√	
4	√			31	√	√	
5	√	√		32	√	√	
6		√		33	√	√	
7	√	√		34	√	√	
8	√	√		35	√	√	
9	√	√		36	√	√	
10	√	√		37	√	√	
11				38	√	√	
12	√	√		39	√	√	
13	√	√		40		√	
14	√	√		41	√	√	
15	√	√		42		√	
16	√	√		43	√	√	
17	√	√		44	√	√	
18	√	√		45	√		
19	√	√		46	√	√	
20	√			47		√	
21	√	√		48	√	√	
22	√	√		49	√	√	
23	√	√		50		√	
24	√	√		51	√	√	
25	√	√		52	√	√	
26	√	√		53	√	√	
27	√	√		54	√	√	

Lần thử	Đối tượng 1	Đối tượng 2	Đối tượng lạ	Lần thử	Đối tượng 1	Đối tượng 2	Đối tượng lạ
55	√	√		78	√	√	
56	√			79		√	
57	√	√		80	√	√	
58	√	√		81	√	√	
59	√	√		82	√	√	
60	√	√		83	√		
61	√	√		84	√	√	
62	√	√		85	√	√	
63	√			86	√	√	
64	√	√		87	√	√	
65	√	√		88	√	√	
66	√	√		89	√		
67	√	√		90	√		
68	√	√		91	√	√	
69	√			92	√	√	
70	√	√		93		√	
71	√	√		94	√	√	
72		√		95	√	√	
73	√	√		96	√	√	
74	√			97	√		
75	√	√		98	√	√	
76	√	√		99	√		
77	√	√		100	√		

Từ bảng 4.1 có thể thấy trong điều kiện ánh sáng bình thường, trung bình đối tượng 1 nhận diện đúng 91%, đối tượng 2 nhận diện đúng 86%, đối tượng lạ không nhận diện được. Dữ liệu trong bảng cho thấy rằng hệ thống nhận diện khuôn mặt đạt độ chính xác trung bình cao, với phần lớn các lần nhận diện đạt đúng khuôn. Tuy nhiên, vẫn có một vài lần xảy ra sai sót, dẫn đến việc nhận diện không thành công hoặc thời gian xử lý kéo dài. Điều này phản ánh rằng hệ thống hoạt động ổn định trong các điều kiện ánh sáng tiêu chuẩn, nhưng có thể gặp khó khăn trong một số trường hợp cụ thể.

Kết quả này nhấn mạnh hiệu quả của thuật toán được sử dụng, đồng thời chỉ ra rằng cần có những cải tiến để giảm thiểu sai sót và tối ưu hóa thời gian phản hồi trong những điều kiện phức tạp hơn.

- Điều kiện ánh sáng yếu: Kết quả 100 lần thử được trình bày trong bảng 4.2.

Bảng 4.2. Kết quả nhận diện khuôn mặt trong điều kiện thiếu sáng

Lần thử	Đối tượng 1	Đối tượng 2	Đối tượng lạ	Lần thử	Đối tượng 1	Đối tượng 2	Đối tượng lạ
1				25	√	√	
2	√	√		26		√	
3	√			27		√	
4		√		28	√		
5				29			
6	√			30	√	√	
7		√		31			
8				32			
9		√		33	√		
10	√			34			
11				35		√	
12	√	√		36			
13				37	√		
14				38			
15				39	√		
16				40			
17	√	√		41	√	√	
18				42			
19				43			
20		√	√	44			
21	√			45			
22		√		46		√	
23				47	√		
24				48			

Lần thứ	Đối tượng 1	Đối tượng 2	Đối tượng lạ	Lần thứ	Đối tượng 1	Đối tượng 2	Đối tượng lạ
49		√		75	√	√	
50				76			
51	√			77	√		
52		√		78		√	
53	√			79	√		
54				80			
55	√	√		81		√	
56				82			
57				83		√	√
58				84			
59	√	√		85			
60				86			
61		√		87			
62		√		88	√	√	
63				89			
64				90	√		
65				91		√	
66		√		92			
67				93	√		
68	√			94			
69				95		√	
70	√	√		96			
71				97			
72				98			
73		√		99	√	√	
74				100			

Từ bảng 4.2 có thể thấy trong điều kiện thiếu sáng, trung bình đối tượng 1 nhận diện đúng 28%, đối tượng 2 nhận diện đúng 32%, tuy nhiên lại nhận diện lỗi đối tượng lạ là 2%. Trong điều kiện thiếu sáng, kết quả nhận diện khuôn mặt thể hiện sự giảm sút đáng kể về hiệu suất. Tỷ lệ nhận diện chính xác bị ảnh hưởng bởi ánh sáng yếu, dẫn

đến khả năng phân biệt các đặc điểm khuôn mặt trở nên khó khăn hơn. Những yếu tố như bóng tối, ánh sáng mờ hoặc ánh sáng chiếu không đồng đều làm tăng tỷ lệ lỗi trong quá trình nhận diện. Điều này cho thấy, mặc dù hệ thống có thể hoạt động tốt trong điều kiện ánh sáng bình thường, nhưng trong môi trường thiếu sáng, cần cải tiến thêm về thuật toán nhận diện hoặc hỗ trợ ánh sáng phụ để cải thiện hiệu quả và độ chính xác trong nhận diện khuôn mặt.

- Khoảng cách từ điểm giữa hai mắt đến camera là 20 cm. Kết quả 100 lần thử được trình bày trong bảng 4.3.

Bảng 4.3. Kết quả nhận diện khuôn mặt khi khoảng cách từ điểm giữa hai mắt đến camera là 20 cm

Lần thử	Đối tượng 1	Đối tượng 2	Đối tượng lạ	Lần thử	Đối tượng 1	Đối tượng 2	Đối tượng lạ
1				19	√		
2				20			
3				21			
4	√			22			
5				23		√	
6				24		√	
7				25			
8				26			
9				27			
10				28			
11				29			
12		√		30			
13				31			
14				32			
15				33			
16				34			
17				35			
18				36			

Lần thứ	Đối tượng 1	Đối tượng 2	Đối tượng lạ	Lần thứ	Đối tượng 1	Đối tượng 2	Đối tượng lạ
37				69			
38				70	√		
39				71			
40				72			
41				73			
42				74			
43				75			
44				76			
45				77			
46	√			78			
47				79			
48				80			
49				81			
50				82			
51				83			
52				84			
53				85			
54				86			
55				87			
56				88		√	
57		√		89			
58				90			
59				91			
60				92	√		
61				93			
62				94			
63				95			
64				96			
65				97			
66				98			
67				99			
68				100			

Từ kết quả trong bảng 4.3, có thể thấy rằng khi khoảng cách từ điểm giữa hai mắt đến camera là 20 cm, hệ thống nhận diện khuôn mặt đạt hiệu suất rất thấp. Cụ thể, trung bình đối tượng 1 và đối tượng 2 chỉ đạt tỷ lệ nhận diện đúng là 5%, không nhận diện được đối tượng lạ. Điều này cho thấy khoảng cách 20 cm không phù hợp cho việc nhận diện khuôn mặt trong hệ thống này. Có thể do ở khoảng cách này, góc quan sát và độ rõ nét của hình ảnh không đủ để các thuật toán nhận diện hoạt động hiệu quả.

- Khoảng cách từ điểm giữa hai mắt đến camera là 30 cm. Kết quả 100 lần thử được trình bày trong bảng 4.4.

Bảng 4.4. Kết quả nhận diện khuôn mặt khi khoảng cách từ điểm giữa hai mắt đến camera là 30 cm

Lần thử	Đối tượng 1	Đối tượng 2	Đối tượng lạ	Lần thử	Đối tượng 1	Đối tượng 2	Đối tượng lạ
1		√		19	√	√	
2	√	√		20		√	
3	√	√		21	√	√	
4		√		22	√		
5	√	√		23		√	
6				24	√	√	
7	√			25		√	
8	√	√		26		√	
9	√	√		27	√		
10	√	√		28	√		
11	√	√		29	√	√	
12				30	√	√	
13	√	√		31	√	√	
14	√	√		32	√		
15	√	√		33	√		
16				34	√	√	
17	√	√		35		√	
18	√	√		36	√	√	

Lần thứ	Đối tượng 1	Đối tượng 2	Đối tượng lạ	Lần thứ	Đối tượng 1	Đối tượng 2	Đối tượng lạ
37	√	√		69	√	√	
38	√	√		70		√	
39		√		71	√		
40	√	√		72	√	√	
41	√	√		73	√	√	
42	√			74			
43		√		75	√	√	
44	√	√		76	√	√	
45	√	√		77	√	√	
46		√		78	√	√	
47		√		79	√		
48	√	√		80	√	√	
49	√			81	√		
50	√	√		82		√	
51	√	√		83	√	√	
52		√		84	√	√	
53	√	√		85	√		
54	√	√		86			
55		√		87	√	√	
56	√	√		88	√		
57	√			89		√	
58		√		90	√	√	
59		√		91	√	√	
60	√	√		92	√	√	
61	√	√		93	√		
62	√	√		94	√	√	
63	√	√		95	√	√	
64		√		96	√	√	
65	√	√		97	√		
66	√	√		98		√	
67	√	√		99	√	√	
68	√	√		100	√	√	

Từ bảng 4.4, có thể nhận thấy rằng khi khoảng cách từ điểm giữa hai mắt đến camera là 30 cm, hệ thống nhận diện khuôn mặt hoạt động hiệu quả hơn. Đối tượng 1 được nhận diện đúng 75% số lần thử, trong khi đối tượng 2 có tỷ lệ nhận diện thành công là 78%. Điều này cho thấy khả năng nhận diện khuôn mặt của hệ thống ở khoảng cách này đạt mức độ chính xác khá cao.

- Khoảng cách từ điểm giữa hai mắt đến camera là 40 cm. Kết quả 100 lần thử được trình bày trong bảng 4.5.

Bảng 4.5. Kết quả nhận diện khuôn mặt khi khoảng cách từ điểm giữa hai mắt đến camera là 40 cm

Lần thử	Đối tượng 1	Đối tượng 2	Đối tượng lạ	Lần thử	Đối tượng 1	Đối tượng 2	Đối tượng lạ
1	√	√		20	√	√	
2	√	√		21		√	
3	√	√		22	√	√	
4		√		23	√		
5	√	√		24		√	
6				25	√	√	
7	√	√		26	√		
8	√			27		√	
9		√		28	√	√	
10	√	√		29	√	√	
11	√	√		30	√	√	
12	√	√		31	√	√	
13	√	√		32	√	√	
14	√	√		33	√		
15	√	√		34	√	√	
16	√			35	√	√	
17	√	√		36		√	
18	√	√		37	√	√	
19		√		38	√		

Lần thứ	Đối tượng 1	Đối tượng 2	Đối tượng lạ	Lần thứ	Đối tượng 1	Đối tượng 2	Đối tượng lạ
39	√	√		70	√	√	
40	√	√		71	√	√	
41	√	√		72	√	√	
42	√	√		73	√	√	
43	√			74			
44	√	√		75	√	√	
45	√	√		76	√	√	
46	√	√		77	√	√	
47	√	√		78	√	√	
48		√		79	√		
49	√	√		80	√	√	
50	√			81	√	√	√
51	√	√		82		√	
52	√	√		83	√	√	
53		√		84	√	√	
54	√	√		85	√		
55	√	√		86	√		
56	√	√		87	√	√	
57	√	√		88	√	√	
58	√			89		√	
59	√	√		90	√	√	
60		√		91	√	√	
61	√	√		92	√	√	
62	√	√		93	√	√	
63	√	√		94	√	√	
64	√	√		95	√	√	
65		√		96	√	√	
66	√	√		97	√		
67	√	√		98		√	
68	√	√		99	√	√	
69	√	√		100	√	√	

Nhận xét về bảng 4.5 cho thấy khi khoảng cách từ điểm giữa hai mắt đến camera là 40 cm, hệ thống đạt được kết quả tương đối khả quan với độ chính xác trung bình 84% đối với đối tượng 1 và 85% đối với đối tượng 2. Tuy nhiên, điều đáng chú ý là hệ thống đã nhận diện nhầm đối tượng lạ với tỷ lệ lỗi 1%. Dù vậy, kết quả vẫn thể hiện khả năng vận hành ổn định và mức độ chính xác cao của hệ thống trong môi trường thực tế.

- Khoảng cách từ điểm giữa hai mắt đến camera là 50 cm. Kết quả 100 lần thử được trình bày trong bảng 4.6.

Bảng 4.6. Kết quả nhận diện khuôn mặt khi khoảng cách từ điểm giữa hai mắt đến camera là 50 cm

Lần thử	Đối tượng 1	Đối tượng 2	Đối tượng lạ	Lần thử	Đối tượng 1	Đối tượng 2	Đối tượng lạ
1	√			19	√	√	
2	√			20			
3	√	√		21	√	√	
4		√		22	√		
5	√			23		√	
6			√	24	√	√	
7	√	√		25	√		
8	√			26		√	
9		√		27	√	√	
10	√	√		28	√		
11	√			29			
12			√	30			
13	√			31	√	√	
14		√		32			
15		√		33		√	
16	√			34	√		
17	√	√		35		√	
18		√		36	√		

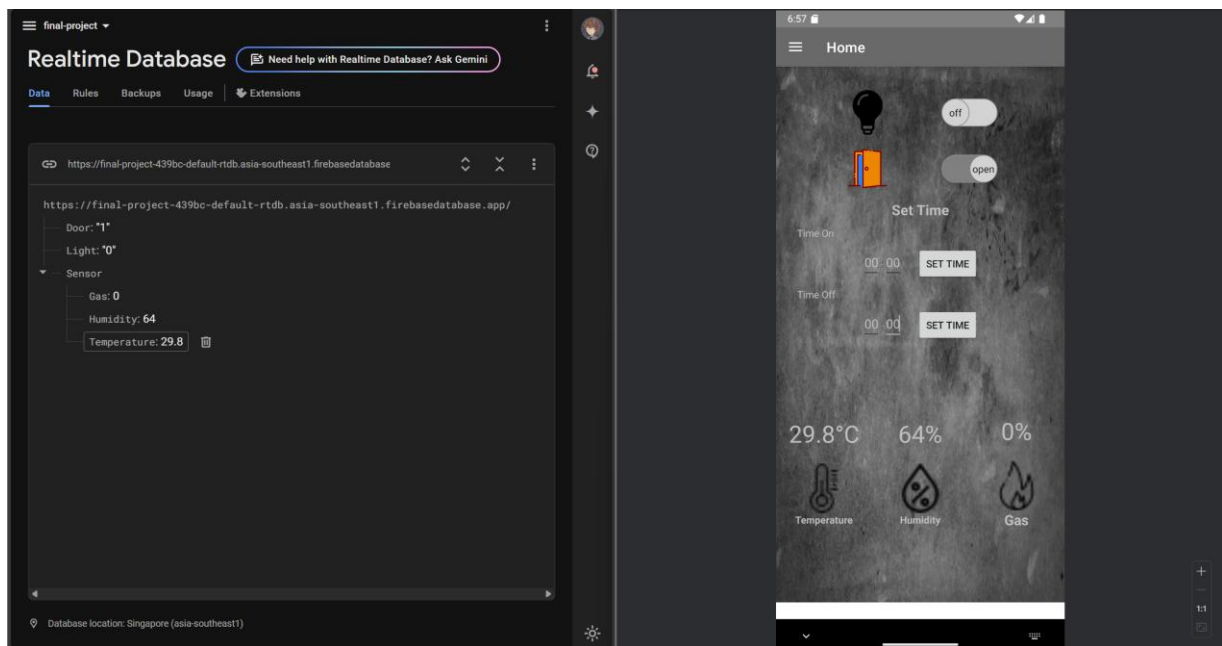
Lần thứ	Đối tượng 1	Đối tượng 2	Đối tượng lạ	Lần thứ	Đối tượng 1	Đối tượng 2	Đối tượng lạ
37				69			
38	√	√		70	√	√	
39				71		√	
40		√		72	√		
41	√	√		73	√	√	
42			√	74			
43	√			75	√	√	
44	√	√		76	√		
45		√		77		√	
46	√			78	√	√	
47		√		79	√		
48	√	√		80		√	
49				81	√		
50		√		82		√	
51	√	√		83	√		
52				84		√	
53	√	√		85	√		
54	√			86	√		
55		√		87		√	
56	√	√		88	√		
57				89		√	
58	√	√	√	90	√	√	
59		√		91	√		
60	√			92	√		
61	√			93		√	
62	√	√		94		√	
63	√			95	√		
64		√		96	√	√	
65	√			97	√		
66		√		98		√	
67	√			99		√	
68	√	√		100	√		√

Bảng 4.6 trình bày kết quả nhận diện khuôn mặt khi khoảng cách từ điểm giữa hai mắt đến camera là 50 cm trong điều kiện thiếu sáng. Dữ liệu cho thấy, đối tượng 1 đạt độ chính xác trung bình 58% và đối tượng 2 đạt 53%, trong khi tỷ lệ nhận diện sai đối tượng lại tăng lên đáng kể, đạt 5%. Điều này cho thấy khoảng cách xa hơn gây ảnh hưởng lớn đến khả năng nhận diện của hệ thống.

Từ các bảng trên có thể thấy khoảng cách nhận diện khuôn mặt tối nhất trong hệ thống này là từ 30 – 40 cm. Chức năng nhận diện khuôn mặt của hệ thống đã mang lại sự tiện lợi và bảo mật cho người dùng, nhưng vẫn cần được tối ưu thêm để tăng cường hiệu suất, đặc biệt trong các điều kiện môi trường khó khăn hoặc ánh sáng yếu.

4.2.2. Giám sát môi trường

Hệ thống giám sát môi trường trong nhà cho phép người dùng theo dõi các chỉ số quan trọng như nhiệt độ, độ ẩm và nồng độ khí gas thông qua ứng dụng di động. Dữ liệu từ các cảm biến được gửi đến Firebase theo thời gian thực và hiển thị trên giao diện ứng dụng, giúp người dùng dễ dàng nắm bắt tình hình trong nhà từ bất kỳ đâu. Điều này được minh họa cụ thể trong hình 4.8, nơi người dùng có thể xem các giá trị đo được từ các cảm biến môi trường.

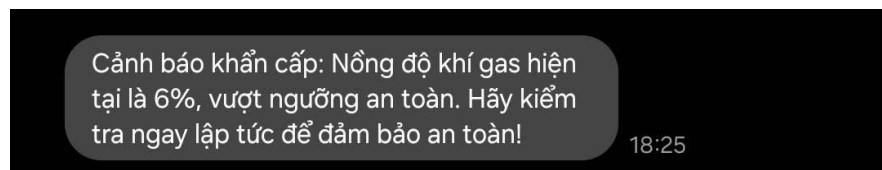


Hình 4.8. Theo dõi giá trị cảm biến qua Firebase và ứng dụng

Trong trường hợp nếu nhiệt độ trên 40°C hoặc nồng độ khí gas trên 5% thì thông báo qua thư điện tử ngay lập tức cho gia chủ với nội dung như hình 4.9 và tin nhắn cũng được gửi ngay lập tức như hình 4.10.



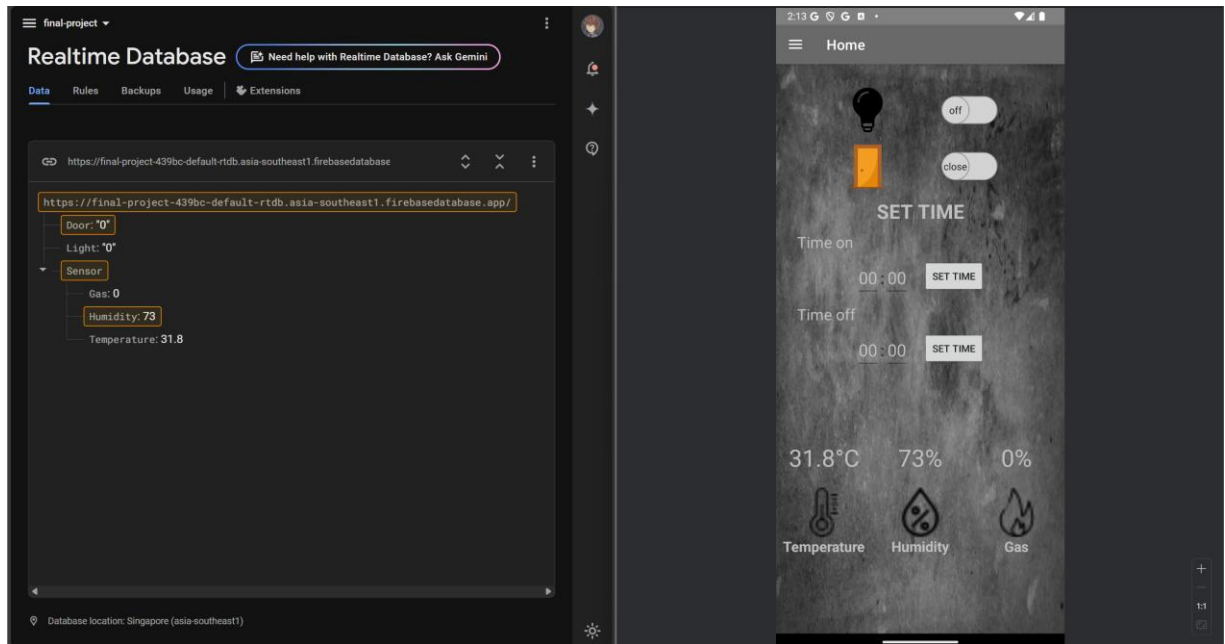
Hình 4.9. Thư điện tử cảnh báo nồng độ khí gas cao



Hình 4.10. Tin nhắn cảnh báo nồng độ khí gas vượt ngưỡng

Không chỉ dừng lại ở khả năng giám sát và cảnh báo, hệ thống còn hỗ trợ người dùng điều khiển các thiết bị trong nhà một cách linh hoạt. Cụ thể, cửa trong nhà có thể

được mở hoặc đóng thông qua ứng dụng di động hoặc nút nhấn vật lý được lắp đặt sẵn. Tính năng điều khiển tự động này được minh họa trong hình 4.11, nơi người dùng thực hiện thao tác đóng cửa trực tiếp từ ứng dụng. Điều này mang lại sự tiện lợi, đặc biệt trong các trường hợp khẩn cấp hoặc khi người dùng ở xa nhà.



Hình 4.11. Đóng cửa qua ứng dụng

Chức năng theo dõi cảm biến không chỉ cung cấp thông tin thời gian thực mà còn nâng cao khả năng bảo vệ an toàn cho ngôi nhà. Với các tính năng giám sát, cảnh báo và điều khiển tích hợp, hệ thống đáp ứng tốt nhu cầu quản lý môi trường sống của gia đình trong kỷ nguyên công nghệ hiện đại.

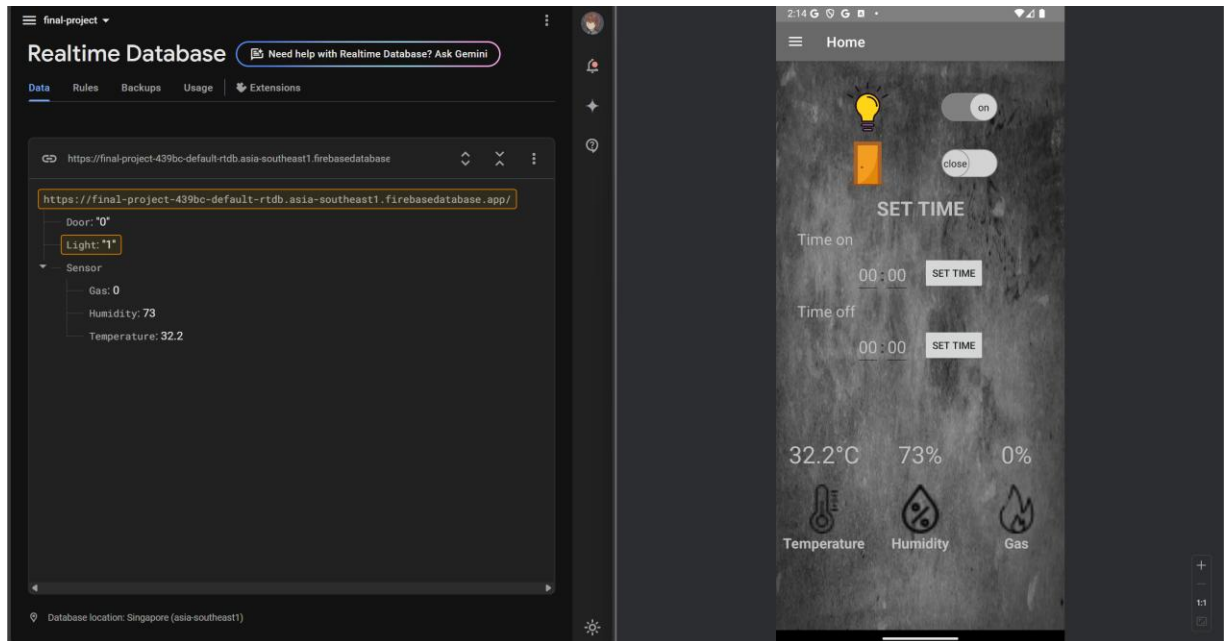
4.2.3. Quản lý đèn

Đèn trong nhà sẽ được tự động bật hoặc tắt dựa trên cảm biến chuyển động. Khi cảm biến PIR phát hiện có sự chuyển động trong khu vực mà nó đang giám sát, tín hiệu sẽ được gửi đến bộ xử lý trung tâm để ra lệnh bật đèn. Điều này giúp tiết kiệm năng lượng và mang lại sự tiện lợi tối đa cho người dùng. Trong hình 4.12, khi tác giả đưa tay tới gần khu vực được cảm biến giám sát, cảm biến chuyển động ngay lập tức nhận diện sự thay đổi và kích hoạt tín hiệu để đèn sáng. Cơ chế này hoạt động dựa trên nguyên lý phát hiện hồng ngoại từ chuyển động của cơ thể người, cho phép hệ thống phản ứng một cách nhanh chóng và chính xác.



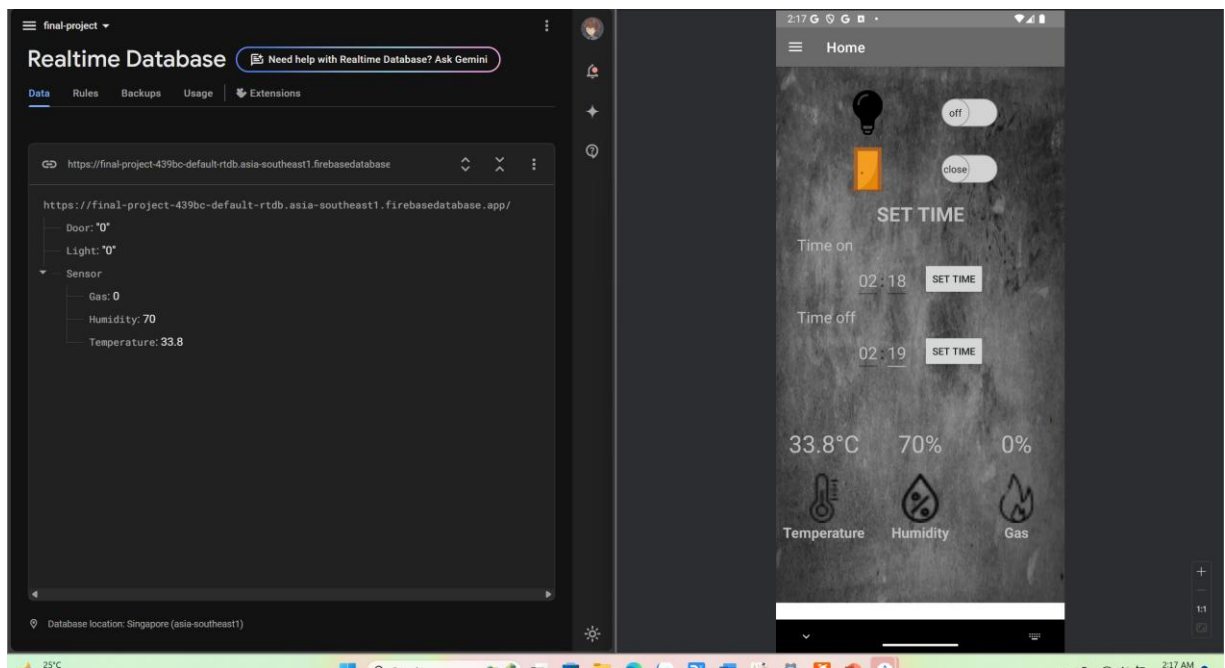
Hình 4.12. Đèn được bật khi cảm biến chuyển động phát hiện có chuyển động

Ngoài chế độ tự động, hệ thống còn hỗ trợ người dùng bật/tắt đèn thủ công thông qua ứng dụng di động, được minh họa trong hình 4.13. Người dùng có thể thao tác trực tiếp trên giao diện để điều khiển đèn, mang lại sự linh hoạt trong những trường hợp cần thiết.

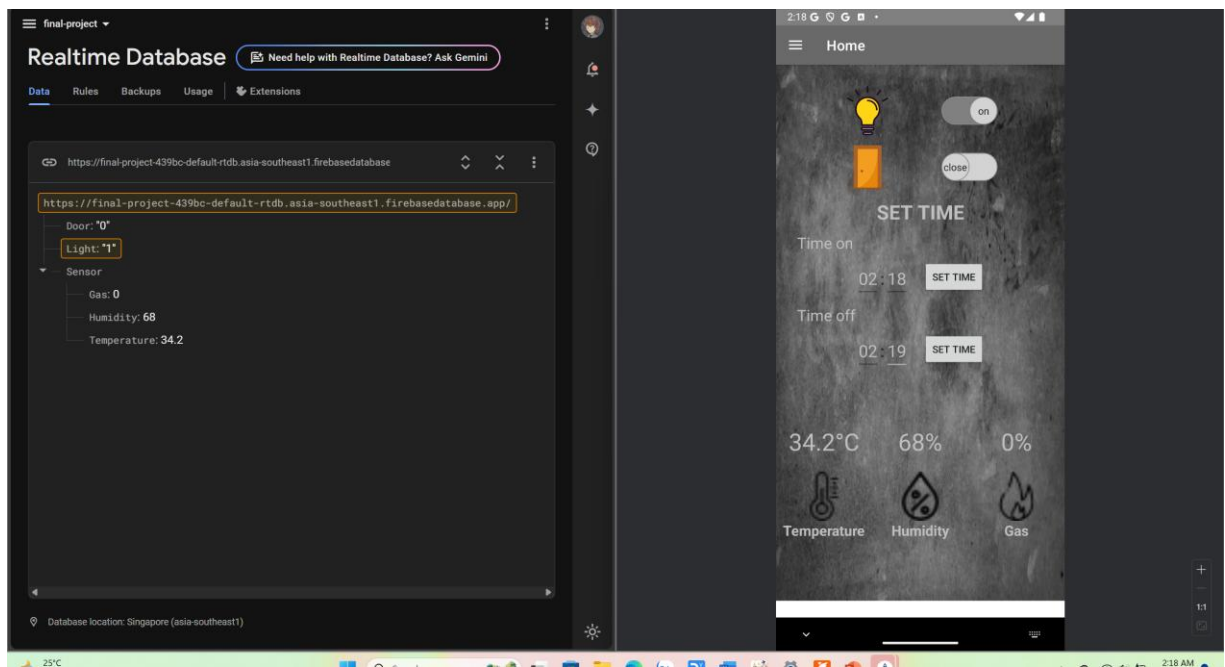


Hình 4.13. Bật đèn qua ứng dụng

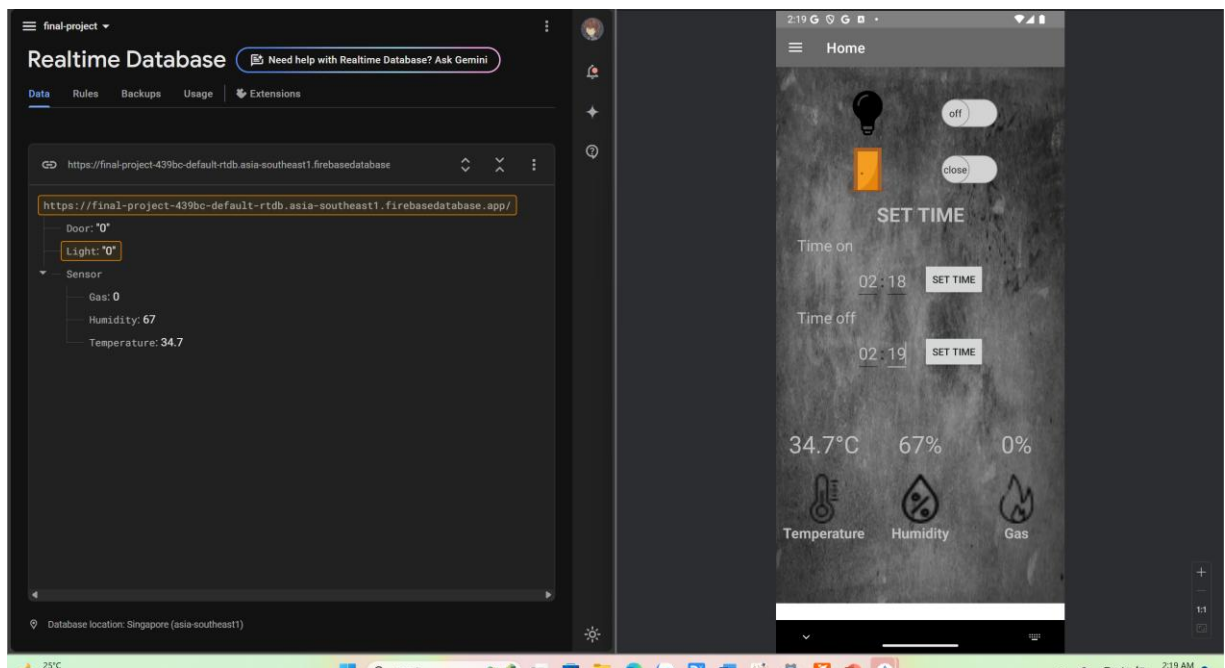
Hơn thế nữa, quản trị viên có thể hẹn giờ bật hoặc tắt đèn thông qua ứng dụng, đáp ứng nhu cầu sử dụng linh hoạt. Quá trình này được trình bày qua các hình từ 4.14 đến 4.16. Cụ thể, trong hình 4.14, đèn tắt trước khi đến giờ bật đã được thiết lập. Khi đến thời điểm bật đèn đã hẹn trước, đèn sẽ tự động sáng, như được minh họa trong hình 4.15. Tương tự, khi thời điểm tắt đèn được thiết lập, đèn sẽ tự động tắt đúng giờ, được thể hiện trong hình 4.16. Chức năng hẹn giờ này không chỉ giúp tiết kiệm năng lượng mà còn mang lại sự tiện lợi và tối ưu hóa việc sử dụng ánh sáng trong nhà, đặc biệt với các không gian sử dụng cố định hoặc vào ban đêm.



Hình 4.14. Đèn tắt trước khi hẹn giờ



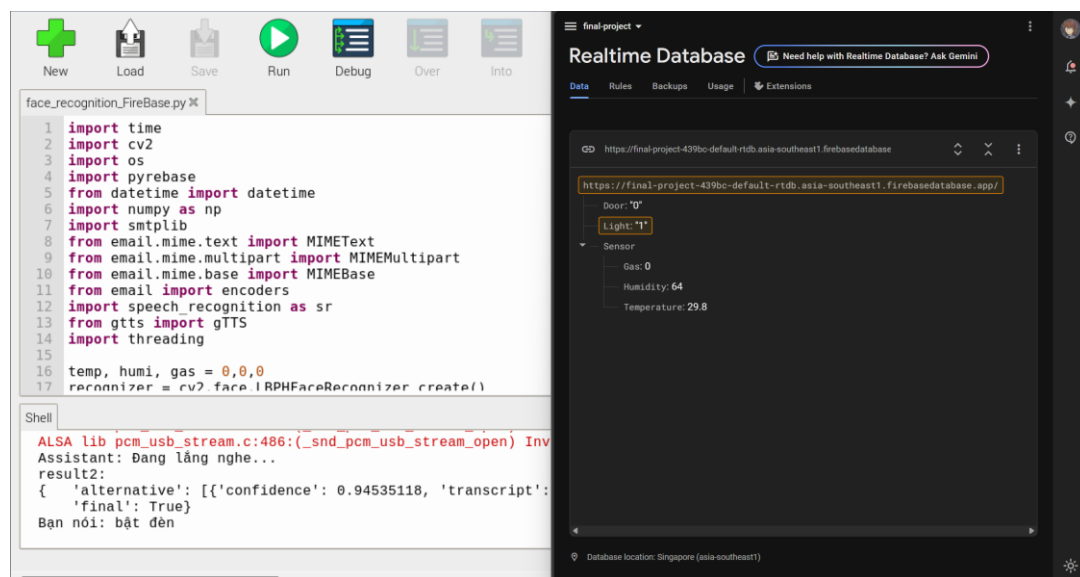
Hình 4.15. Khi đúng giờ bật đã hẹn trước thì đèn sẽ tự động bật



Hình 4.16. Khi đúng giờ tắt đã hẹn trước thì đèn sẽ tự động tắt

4.2.4. Điều khiển bằng giọng nói

Người dùng có thể sử dụng giọng nói để giao tiếp với các thiết bị trong nhà thông qua Google Assistant mà không cần mở ứng dụng. Ví dụ, khi tôi nói “Bật đèn” thì hệ thống sẽ tự động bật đèn, được thể hiện qua hình 4.17.



Hình 4.17. Bật đèn thông qua Google Assistant

Tuy nhiên hệ thống hoạt động chưa thực sự tối ưu với độ trễ khá lâu. Tác giả đã bấm giờ và tiến hành kiểm thử 100 lần ra lệnh “Bật đèn” và “Tắt đèn” luân phiên nhau với thời gian từ khi kết thúc câu lệnh tới khi hành động được thực thi được trình bày trong bảng 4.7.

Bảng 4.7. Thời gian thực thi 100 lần câu lệnh “Bật đèn” và “Tắt đèn” luân phiên nhau

Lần	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Thời gian thực thi (giây)	2,86	3,92	2,34	1,66	1,73	2,13	2,53	6,12	3,03	2,46
Lần	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Thời gian thực thi (giây)	2,14	2,67	2,43	4,32	2,15	3,78	5,12	1,56	2,89	3,12
Lần	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30

Thời gian thực thi (giây)	2,34	3,56	2,35	6,46	2,12	2,31	2,12	2,34	2,67	2,46
Lần	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Thời gian thực thi (giây)	7,21	2,12	4,12	5,12	6,12	2,12	3,12	9,46	5,12	3,18
Lần	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Thời gian thực thi (giây)	7,54	5,37	4,89	3,56	3,12	4,12	2,67	2,89	2,90	2,76
Lần	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Thời gian thực thi (giây)	4,67	2,45	2,42	3,76	1,25	1,79	2,78	2,98	2,06	2,57
Lần	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
Thời gian thực thi (giây)	2,57	6,35	7,32	2,12	3,15	4,12	3,89	5,68	4,79	4,89
Lần	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Thời gian thực thi (giây)	1,24	2,38	5,56	2,56	2,79	2,58	1,89	2,78	3,89	7,94
Lần	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
Thời gian thực thi (giây)	12,6	2,52	2,25	3,56	6,24	7,35	4,24	3,68	3,59	2,67
Lần	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
Thời gian thực thi (giây)	2,35	4,46	5,12	7,25	9,46	6,23	4,75	4,97	2,12	2,78

Thời gian thực thi dao động từ 1,24 giây đến 12,6 giây, với thời gian trung bình là 3,7861 giây. Điều này cho thấy rằng hệ thống hoạt động ổn định ở mức độ cơ bản nhưng vẫn tồn tại những điểm không nhất quán trong thời gian phản hồi.

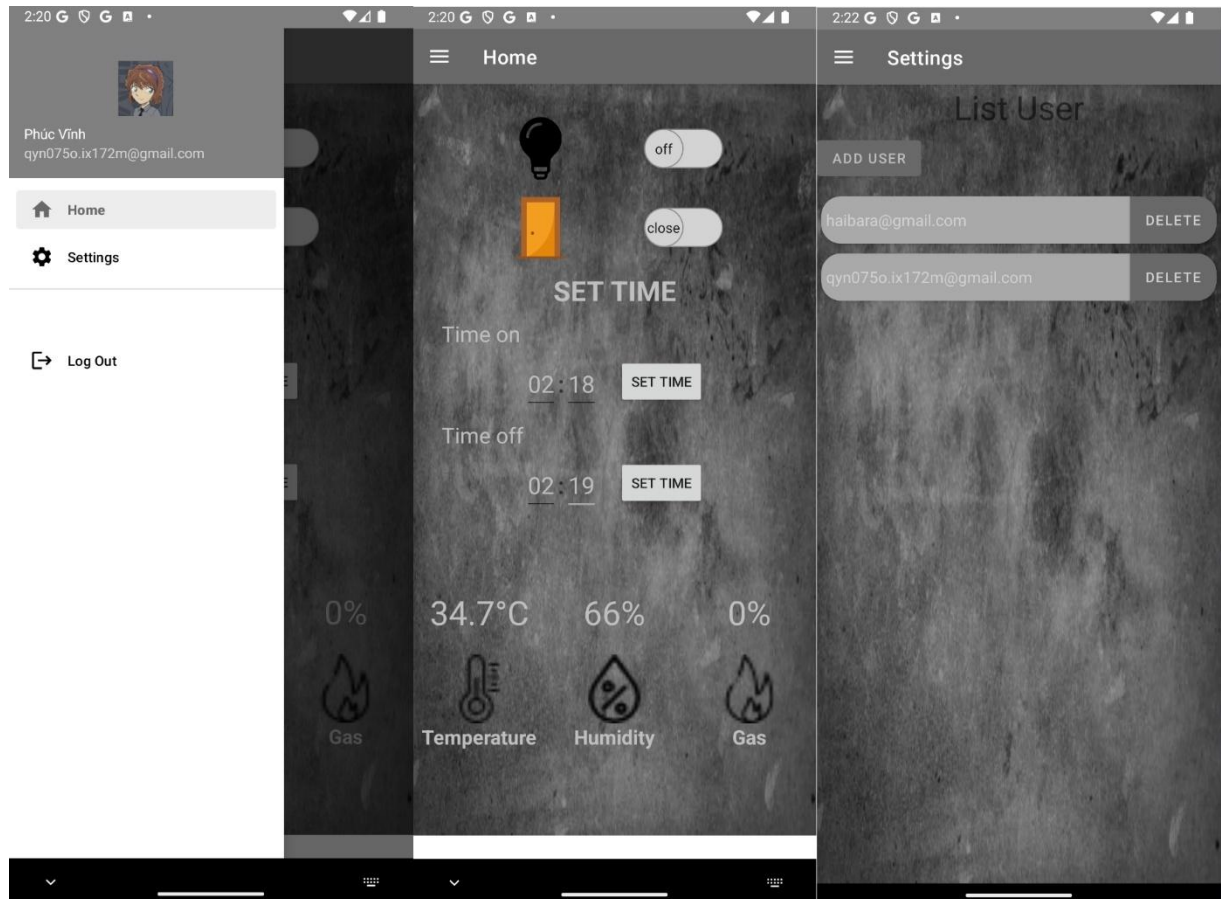
Các lệnh thực thi nhanh nhất có thời gian chỉ 1,24 giây, nằm trong khoảng kỳ vọng của hệ thống, giúp mang lại trải nghiệm mượt mà cho người dùng. Tuy nhiên, lệnh chậm nhất mất đến 12,6 giây, xảy ra ở lần kiểm tra thứ 81, khi tôi phải ra lệnh đến lần thứ sáu thì hệ thống mới thực thi. Thời gian này vượt xa mức mong đợi, có thể được giải thích bởi các yếu tố bên ngoài như đường truyền mạng không ổn định hoặc hạn chế của phần cứng. Những lần thực thi có thời gian dài như vậy làm giảm hiệu suất tổng thể và có thể gây khó chịu cho người dùng trong các tình huống yêu cầu phản hồi nhanh.

Nhìn chung, hơn 80% lệnh được thực thi trong khoảng thời gian dưới 5 giây, điều này chứng tỏ hệ thống phần lớn đáp ứng được nhu cầu sử dụng cơ bản. Tuy nhiên, những lần trễ đáng kể nhấn mạnh rằng cần tối ưu hóa hơn nữa ở cả phần cứng và phần mềm, đặc biệt là ở giao tiếp giữa Google Assistant và hệ thống trung tâm. Việc cải thiện này có thể bao gồm tăng cường tốc độ xử lý dữ liệu, cải thiện băng thông mạng và giảm thiểu độ trễ trong việc đồng bộ hóa với các dịch vụ đám mây.

4.2.5. Phân quyền người dùng

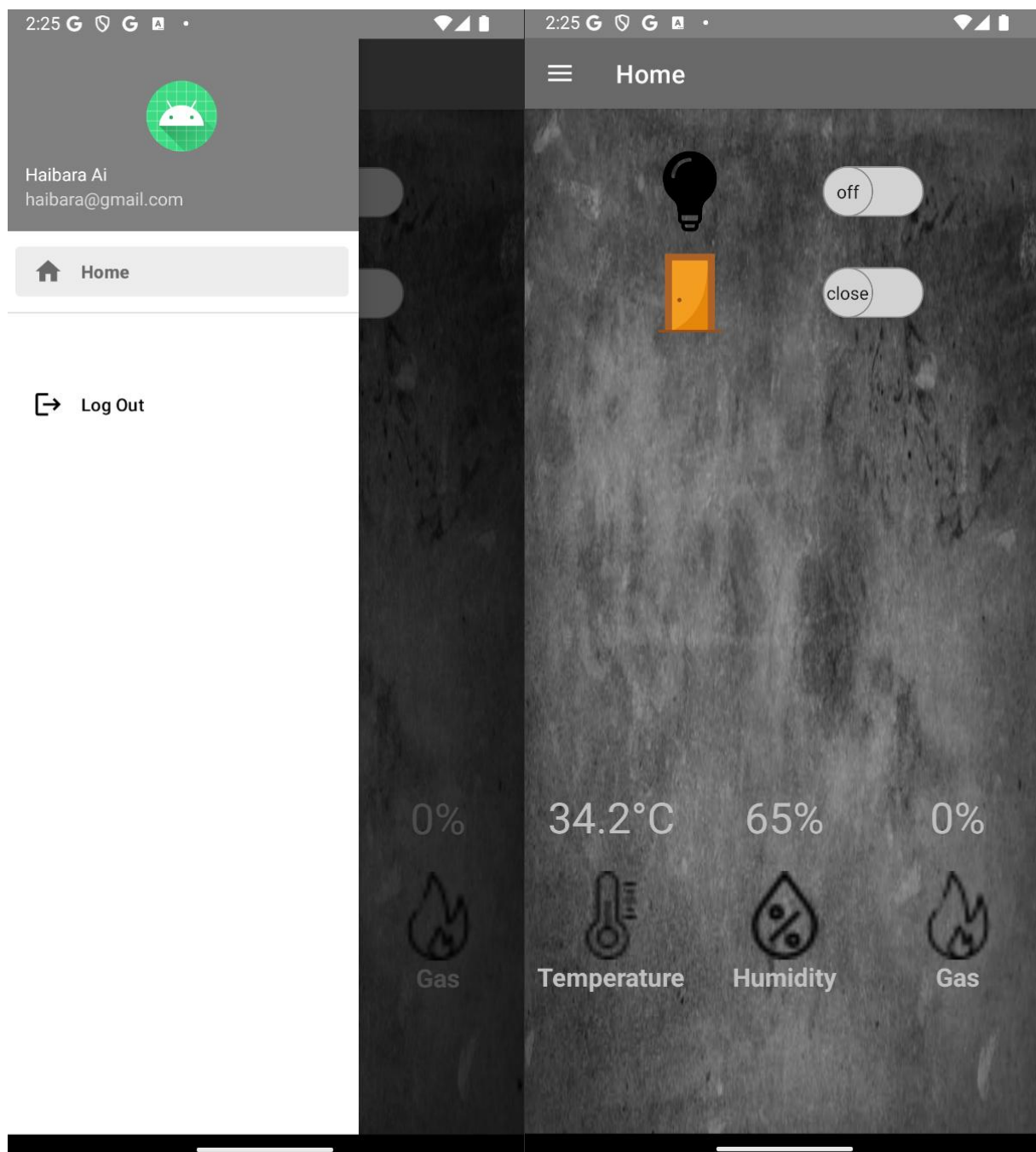
Trong ứng dụng, việc phân quyền người dùng được thiết lập rõ ràng để đảm bảo tính bảo mật và sự phân chia chức năng một cách hợp lý. Quản trị viên có toàn quyền trong việc quản lý và cài đặt hệ thống. Cụ thể, giao diện của quản trị viên, như được minh họa trong hình 4.18, cho phép họ thực hiện các chức năng như cài đặt thiết bị trên trang Home, thiết lập thời gian bật/tắt cho các thiết bị, cũng như thêm (ADD USER) hoặc xóa (DELETE) tài khoản trong danh sách người dùng (List User) trên trang

Settings. Giao diện này được thiết kế trực quan, giúp quản trị viên dễ dàng thao tác và kiểm soát toàn bộ hệ thống.



Hình 4.18. Giao diện của quản trị viên

Ngược lại, người dùng thường chỉ có quyền truy cập giới hạn để bảo vệ tính toàn vẹn của hệ thống. Như thể hiện trong hình 4.19, giao diện dành cho người dùng thường chỉ cung cấp quyền xem các thông số cảm biến như nhiệt độ, độ ẩm và nồng độ khí gas. Ngoài ra, người dùng thường có thể bật/tắt đèn hoặc mở/đóng cửa từ trang Home nhưng không thể thực hiện các chức năng nâng cao như thiết lập thời gian hoặc quản lý danh sách tài khoản. Sự khác biệt này đảm bảo rằng chỉ những người được ủy quyền mới có thể thực hiện các thay đổi quan trọng đối với hệ thống, trong khi người dùng thông thường vẫn có thể tương tác với các thiết bị một cách dễ dàng và tiện lợi.



Hình 4.19. Giao diện của người dùng thường

CHƯƠNG 5. KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

5.1. KẾT LUẬN

Mở đầu với việc tổng hợp lại những thành tựu đã đạt được trong dự án, từ các tính năng chính đến hiệu suất hệ thống trong điều kiện thực tế. Đây là bước khẳng định giá trị của hệ thống an ninh thông minh được phát triển, đồng thời đánh giá khách quan về các ưu điểm nổi bật và các hạn chế còn tồn tại. Phần này không chỉ nhằm tóm lược toàn bộ quá trình nghiên cứu mà còn nhấn mạnh ý nghĩa thực tiễn của dự án, đặc biệt trong việc ứng dụng công nghệ IoT để nâng cao chất lượng cuộc sống và đảm bảo an toàn cho không gian sống

5.1.1. Kết quả đạt được

Trong quá trình thực hiện, hệ thống đã đạt được nhiều kết quả đáng kể. Hệ thống đã tích hợp thành công các chức năng quan trọng như nhận diện khuôn mặt, theo dõi các chỉ số từ cảm biến, điều khiển thiết bị từ xa thông qua ứng dụng di động và bật/tắt đèn tự động dựa trên cảm biến chuyển động. Đặc biệt, tính năng nhận diện khuôn mặt cho phép mở cửa tự động khi xác nhận người dùng hợp lệ, đồng thời gửi cảnh báo tức thì qua email và tin nhắn trong trường hợp phát hiện xâm nhập trái phép.

Hệ thống còn hỗ trợ người dùng kiểm soát thiết bị trong nhà thông qua ứng dụng di động, bao gồm cả việc thiết lập hẹn giờ và quản lý tài khoản. Tính năng gửi thông báo qua email và tin nhắn hoạt động hiệu quả khi các chỉ số cảm biến vượt ngưỡng an toàn, đảm bảo người dùng được thông báo kịp thời về các nguy cơ tiềm ẩn. Ngoài ra, giao diện ứng dụng được thiết kế khá dễ sử dụng, hỗ trợ phân quyền giữa quản trị viên và người dùng thông thường. Kết quả kiểm thử cũng cho thấy hệ thống vận hành ổn

định với độ chính xác chấp nhận được và thời gian thực thi các lệnh điều khiển tương đối nhanh.

5.1.2. Hạn chế

Tuy nhiên, hệ thống vẫn tồn tại một số hạn chế cần được cải thiện. Đầu tiên, độ chính xác trong nhận diện khuôn mặt chưa đạt mức tuyệt đối, đặc biệt khi ánh sáng yếu hoặc góc mặt không phù hợp, dẫn đến tỷ lệ nhận diện sai hoặc không nhận diện được khuôn mặt. Bên cạnh đó, thời gian thực thi lệnh điều khiển qua Google Assistant vẫn còn độ trễ đáng kể, gây ảnh hưởng đến trải nghiệm người dùng. Việc phụ thuộc vào kết nối Internet để đồng bộ dữ liệu lên Firebase cũng là một hạn chế, vì khi mất mạng, một số chức năng sẽ không hoạt động. Cuối cùng, giao diện ứng dụng tuy dễ sử dụng nhưng vẫn có thể cải tiến hơn về mặt trực quan và tương tác để đáp ứng tốt hơn nhu cầu của người dùng. Những hạn chế này sẽ được xem xét để cải tiến và khắc phục trong các hướng phát triển tiếp theo nhằm nâng cao hiệu quả và trải nghiệm của hệ thống.

5.2. HƯỚNG PHÁT TRIỂN

Để nâng cao hiệu suất và mở rộng phạm vi ứng dụng, dự án có thể được phát triển theo các hướng sau:

- Tăng cường độ chính xác của nhận diện khuôn mặt:

- Sử dụng các thuật toán học sâu hiện đại hơn như YOLO hoặc các mạng nơ-ron tích chập để cải thiện khả năng nhận diện khuôn mặt trong điều kiện ánh sáng yếu hoặc góc nhìn phức tạp.
- Tích hợp thêm các cảm biến hồng ngoại để hỗ trợ nhận diện trong điều kiện ánh sáng kém.

- Tối ưu hóa thời gian xử lý lệnh giọng nói:

- Nâng cấp giao tiếp với Google Assistant để giảm độ trễ, đồng thời sử dụng các phương pháp xử lý ngôn ngữ tự nhiên tiên tiến hơn.
- Phát triển một hệ thống nhận diện giọng nói nội bộ để hoạt động độc lập khi không có kết nối Internet.

- Bảo mật và quyền riêng tư:

- Sử dụng các phương pháp mã hóa dữ liệu tiên tiến hơn để bảo vệ thông tin cá nhân của người dùng trong cơ sở dữ liệu.
- Tích hợp các biện pháp xác thực đa yếu tố để đảm bảo chỉ người dùng hợp lệ mới có thể truy cập và điều khiển hệ thống.

- Áp dụng AI:

- Phát triển các mô hình dự đoán để cảnh báo sớm các nguy cơ tiềm tàng dựa trên dữ liệu lấy được.
- Tích hợp AI để tự động học thói quen của gia chủ và ưu hóa hệ thống.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Song Tử. “Thị trường smarthome chưa thể 'cất cánh' hóa ra vì lý do này”. 2023. Truy cập ngày 24/12/2024 tại: <https://cafef.vn/thi-truong-smarthome-chua-the-cat-canh-hoa-ra-vi-ly-do-nay-188231220103002822.chn>.
- [2] Trần Thị Minh Khoa, Nguyễn Cao Anh Minh, Nguyễn Thị Hậu. “Ứng dụng IoT trong hệ thống quản lý và giám sát ngôi nhà thông minh theo thời gian thực”. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ*. Số 50. 2021.
- [3] Nguyễn Thanh Hải, Trịnh Thị Tuyết Lan, Trần Bảo Toàn, Phan Kim Yên Nhi, Trần Thanh Điện, Nguyễn Thái Nghe. “Giải pháp điểm danh sinh viên bằng nhận diện gương mặt với đặc trưng Haar-Like kết hợp thuật toán rừng ngẫu nhiên”. *The 9th conference on Information Technology and Its Applications(CITA 2020)*. 2020.
- [4] Nguyễn Thanh Tùng, Bùi Thanh Hùng. “Ứng Dụng Phương Pháp Học Sâu Nhận Dạng Khuôn Mặt”. *Ngày hội khoa học Cán bộ giảng viên trẻ và học viên Cao học lần III*. 2019.
- [5] Lưu Quý. “Công nghệ nhận diện khuôn mặt của Việt Nam vào top thế giới”. 2024. Truy cập ngày 6/1/2025 tại: <https://vnexpress.net/cong-nghe-nhan-dien-khuon-mat-cua-viet-nam-vao-top-the-gioi-4715585.html>.
- [6] VBD. “VinBigdata lọt Top 10 thế giới về công nghệ nhận diện khuôn mặt”. 2024. Truy cập ngày 6/1/2025 tại: <https://vinbigdata.com/news/vinbigdata-lot-top-10-the-gioi-ve-cong-nghe-nhan-dien-khuon-mat>.
- [7] M Vasavi, K Raja, P Avinash, Y Sai Mahidhar. “Face Recognition Using “Haar Cascade” Technique For Door Unlocking System”. *Anil NeerukondanInstitute of Technology & Sciences (ANITS), Sangivalasa, Visakhapatnam Dist., Andhra Pradesh, India*. 2020.

- [8] Nazar Karpiuk, Halyna Klym, Ivanna Vasylchychyn. “Facial recognition system based on the Haar cascade classifier method”. 2023 *24th International Conference on Computational Problems of Electrical Engineering (CPEE)*. DOI: 10.1109/CPEE59623.2023.10285310. 2023.
- [9] Tuấn Anh. “Meta thử nghiệm công nghệ nhận diện khuôn mặt”. 2024. Truy cập ngày 6/1/2025 tại: <https://urlvn.net/vzckb4d>.
- [10] IoTNOW. “What is IoT? A Beginner’s Guide”. 2023. Truy cập ngày 20/12/2024 tại: <https://www.iot-now.com/2023/04/05/97056-what-is-iot/>.
- [11] Aditya Trivedi. “Components of IOT”. 2024. Truy cập ngày 20/12/2024 tại: <https://www.scaler.com/topics/components-of-iot/>.
- [12] BT Reporter. “Inside Twiga Foods’ High Tech Farming Powered by Liquid Telecom”. 2020. Truy cập ngày 2/1/2025 tại: <https://businesstoday.co.ke/twiga-foods-liquid-telecom-twiga-foods-farming-iot-farming/>.
- [13] Mỹ Lý, Mỹ Nhân. “Một ngày trên cánh đồng “thông minh””. 2020. Truy cập ngày 23/12/2024 tại: <https://www.baodongthap.vn/kinh-te/mot-ngay-tren-canhdong-thong-minh--94558.aspx>.
- [14] SmartBiz. “Xu hướng Quản trị thông minh: Tự động hóa Doanh nghiệp và Bài học quý từ Siemens liệu có phù hợp với Doanh nghiệp Việt?”. 2024. Truy cập ngày 2/1/2025 tại: <https://sbiz.vn/blog/case-study-5/xu-huong-quan-tri-thong-minh-tu-ong-hoa-doanh-ghiep-va-bai-hoc-quy-tu-siemens-lieu-co-phu-hop-voi-doanh-ghiep-viet-140>.
- [15] Harina Rastogi. “IoT in Tesla: Applications, Benefits and Potential Risks”. 2022. Truy cập ngày 24/12/2024 tại: <https://www.analyticssteps.com/blogs/iot-tesla-applications-benefits-and-potential-risks>.
- [16] Vinfastauto. “Tìm hiểu công nghệ IoT và ứng dụng trong ngành ô tô như thế nào?”. 2021. Truy cập ngày 24/12/2024 tại: https://vinfastauto.com/vn_vi/tim-hieu-cong-nghe-iot-va-ung-dung-trong-nganh-o-to.

- [17] Hải Hà. “Tìm hiểu về phương pháp nhận diện khuôn mặt của Violas & John”. 2019. Truy cập ngày 26/12/2024 tại: <https://viblo.asia/p/tim-hieu-ve-phuong-phapnhan-dien-khuon-mat-cua-violas-john-ByEZkNVyKQ0>.
- [18] Nguyễn Sơn Hóa. “Ứng dụng LBP-CNN cho bài toán nhận diện cảm xúc mặt người”. Luận văn thạc sỹ. Trường ĐH Ngoại ngữ – Tin học TP. Hồ Chí Minh. 2019.
- [19] Raspberry Pi 3 Model B+ Datasheet.
- [20] ESP32-WROOM-32 Datasheet.