HỨA MẠNH THỊNH TÊN ĐỀ TÀI:THIẾT KẾ HỆ THỐNG CẤP THOÁT NƯỚC VÀ ÁP DỤNG AI – IOT TRONG QUẢN LÝ CẤP THOÁT NƯỚC CHO NHÀ CAO TẦNG, NĂM 2026

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
KHOA MÔI TRƯỜNG

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

CHUYÊN NGÀNH: KỸ THUẬT MÔI TRƯỜNG

ĐỀ TÀI:

THIẾT KẾ HỆ THỐNG CẤP THOÁT NƯỚC VÀ ÁP DỤNG AI – IOT TRONG QUẢN LÝ CẤP THOÁT NƯỚC CHO NHÀ CAO TẦNG

Người hướng dẫn chính: **NCS. ThS. MAI THỊ THÙY DƯƠNG**
Sinh viên thực hiện: **HỨA MẠNH THỊNH**
Số thẻ sinh viên: **117210053**
Lớp**:** **21MT**

Đà Nẵng, 06/2026

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
KHOA MÔI TRƯỜNG

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

CHUYÊN NGÀNH: KỸ THUẬT MÔI TRƯỜNG

ĐỀ TÀI:

THIẾT KẾ HỆ THỐNG CẤP THOÁT NƯỚC VÀ ÁP DỤNG AI – IOT TRONG QUẢN LÝ CẤP THOÁT NƯỚC CHO NHÀ CAO TẦNG

Người hướng dẫn chính: **NCS. ThS. MAI THỊ THÙY DƯƠNG**
Sinh viên thực hiện: **HỨA MẠNH THỊNH**
Số thẻ sinh viên: **117210053**
Lớp: **21MT**

Đà Nẵng, 06/2026

TÓM TẮT

Tên đề tài: Thiết kế hệ thống cấp thoát nước và áp dụng AI – IoT trong quản lý cấp thoát nước cho nhà cao tầng
Sinh viên thực hiện: Hứa Mạnh Thịnh
Số thẻ SV: 117210053 **Lớp:** 21MT
GV hướng dẫn: NCS. ThS. Mai Thị Thùy Dương

Đề tài tập trung nghiên cứu thiết kế hệ thống cấp - thoát nước bên trong công trình và ứng dụng công nghệ trí tuệ nhân tạo (AI) kết hợp Internet of Things (IoT) nhằm nâng cao hiệu quả quản lý vận hành cho khách sạn cao tầng. Công trình được lựa chọn là khách sạn quy mô 24 tầng, với chức năng phục vụ lưu trú, dịch vụ và thương mại, đáp ứng nhu cầu sử dụng nước lớn và liên tục.

Ở phần thiết kế hệ thống cấp nước, phương án cấp nước phân vùng được lựa chọn với sơ đồ bể chứa ngầm – trạm bơm – két nước. Nước từ mạng lưới bên ngoài được dẫn vào bể chứa, sau đó được bơm lên két mái và phân phối xuống các tầng theo nguyên lý tự chảy kết hợp với bơm tăng áp và van giảm áp. Việc chia thành 6 vùng cấp nước giúp đảm bảo áp lực ổn định, tránh hiện tượng áp lực quá lớn ở các tầng thấp và thiếu áp ở các tầng cao. Hệ thống được tính toán dựa trên tiêu chuẩn dùng nước khoảng 250 lít/người/ngày với tổng số người sử dụng khoảng 750 người, từ đó xác định lưu lượng cấp nước, đường kính ống, tổn thất áp lực và lựa chọn thiết bị phù hợp. Bên cạnh đó, các công trình phụ trợ như bể chứa, két nước mái, máy bơm và hệ thống cấp nước chữa cháy cũng được thiết kế đồng bộ nhằm đảm bảo an toàn và liên tục trong vận hành.

Đối với hệ thống thoát nước, công trình được thiết kế tách riêng hai hệ thống gồm nước thải sinh hoạt (nước xám) và nước thải từ khu vệ sinh (nước đen). Nước thải xám được dẫn qua hố ga rồi đến hệ thống xử lý, trong khi nước thải đen được xử lý sơ bộ qua bể tự hoại qua hố ga rồi mới đến hệ thống xử lý. Mạng lưới thoát nước được bố trí hợp lý với các ống nhánh, ống đứng và ống thông hơi đảm bảo điều kiện thủy lực, tránh tắc nghẽn và đảm bảo vệ sinh môi trường. Bể tự hoại được tính toán với tổng thể tích khoảng 50 m^3. Ngoài ra, hệ thống còn được tích hợp điều khiển tự động và kết nối với hệ thống quản lý tòa nhà (BMS), cho phép giám sát và điều khiển hoạt động bơm nước theo thời gian thực.

Trên cơ sở đó, đề tài phát triển mô hình ứng dụng AI, IoT và SCADA nhằm nâng cao khả năng giám sát và quản lý hệ thống nước trong khách sạn. Các cảm biến được sử dụng để thu thập dữ liệu như lưu lượng, áp suất, nhiệt độ, độ ẩm và mực nước, sau đó truyền về thiết bị trung tâm là Raspberry Pi để xử lý. Dữ liệu được lưu trữ và đồng bộ

trên nền tảng Firebase Realtime Database, cho phép truy cập và giám sát từ xa thông qua giao diện Web Dashboard. Bên cạnh đó, hệ thống SCADA được tích hợp để thực hiện chức năng giám sát, thu thập dữ liệu và điều khiển tập trung theo thời gian thực, giúp người vận hành theo dõi trạng thái hoạt động của các thiết bị và thực hiện các thao tác điều khiển từ xa một cách trực quan.

Hệ thống AI được tích hợp sử dụng các thuật toán học máy như Isolation Forest để phát hiện bất thường và Random Forest để phân loại sự cố, giúp nhận diện các trạng thái như rò rỉ, tắc nghẽn, hỏng bơm hoặc lỗi cảm biến. Nhờ đó, hệ thống có khả năng cảnh báo sớm và hỗ trợ người vận hành đưa ra quyết định kịp thời.

Việc kết hợp giữa thiết kế hệ thống cấp thoát nước truyền thống với công nghệ AI – IoT – SCADA không chỉ đảm bảo yêu cầu kỹ thuật mà còn góp phần hiện đại hóa công tác quản lý tòa nhà, giảm chi phí vận hành, tiết kiệm tài nguyên nước và nâng cao độ an toàn. Đây là hướng tiếp cận phù hợp trong bối cảnh phát triển các công trình thông minh và đô thị hiện đại hiện nay.

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
KHOA MÔI TRƯỜNG

CỘNG HÒA XÃ HÔI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM
Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

NHIỆM VỤ ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

Họ tên sinh viên: Hứa Mạnh Thịnh Số thẻ sinh viên: 117210053

Lớp: 21MT Khoa: Môi trường Ngành: Kỹ thuật môi trường

1. Tên đề tài đồ án:

Thiết kế hệ thống cấp thoát nước và áp dụng AI-IoT trong quản lý cấp thoát nước cho nhà cao tầng.

2. Đề tài thuộc diện: ☐ Có ký kết thỏa thuận sở hữu trí tuệ đối với kết quả thực hiện

3. Các số liệu và dữ liệu ban đầu:

- Bản vẽ kiến trúc của công trình nhà cao tầng
- Các số liệu liên quan đến công trình.
- Các số liệu khác.

** Nội dung các phần thuyết minh và tính toán:*

- Tổng quan;
- Thiết kế hệ thống cấp thoát nước cho nhà cao tầng.
  + Tính toán thiết kế hệ thống cấp nước cho nhà cao tầng
  + Tính toán thiết kế hệ thống thoát nước cho nhà cao tầng
- Xây dựng mô hình áp dụng AI-IoT trong quản lý cấp thoát nước cho nhà cao tầng
  + Xây dựng hệ thống thu thập cảm biến :

a. *Cảm biến môi trường/chất lỏng: áp suất, lưu lượng, độ đục, pH, mực nước*
b. *Cảm biến điện/cơ: dòng bơm, độ rung*
c. *Cảm biến nhiệt/ẩm: độ ẩm, nhiệt bơm, nhiệt tủ*
d. *Cảm biến vị trí/mức: vị trí van, mực bơm, mực van*

  + Xây dựng hệ thống phát hiện lỗi bằng trí tuệ nhân tạo :

a. *Phát hiện rò rỉ*
b. *Phát hiện tắc nghẽn*

c. *Phát hiện lỗi lỗi van*
d. *Phát hiện lỗi bơm*
e. *Phát hiện hỏng cảm biến*
f. *Phát hiện bình thường*

+ Xây dựng giao diện hiển thị hệ thống trên thiết bị :

a. *Phần cứng : Raspberry Pi, LCD 3.5 display*
b. *Phần mềm : Ngôn ngữ Python, CSS, JS, HTML*

+ Xây dựng hệ thống quản lý và điều khiển từ xa (Web DashBoard) :

a. *Hiển thị dữ liệu cảm biến theo thời gian thực*
b. *Điều khiển thiết bị từ xa*
c. *Hiển thị biểu đồ dữ liệu*
d. *Xem lịch sử hoạt động của hệ thống*
e. *Theo dõi trạng thái lỗi của hệ thống*

+ Tích hợp chatbot AI hỗ trợ người dùng :

a. *Nền tảng : Typebot.io*
b. *Groq API (model : llama-3.3-70b-versatile)*

4. Các bản vẽ, đồ thị (ghi rõ các loại và kích thước bản vẽ):

- Bản vẽ kỹ thuật : 4-5 bản vẽ khổ A_1

5. Họ tên người hướng dẫn: ThS. Mai Thị Thùy Dương

6. Ngày giao nhiệm vụ đồ án: 02/03/2026.

7. Ngày hoàn thành đồ án: 13/06/2026

Đà Nẵng, ngày 02 tháng 03 năm 2026

Trưởng Bộ môn kỹ thuật môi trường	**Người hướng dẫn**
TS. Trần Vũ Chi Mai	**Mai Thị Thùy Dương**

LỜI NÓI ĐẦU

Đồ án tốt nghiệp là cột mốc đánh giá quan trọng nhất trong chương trình đào tạo của Trường Đại học Bách Khoa – Đại học Đà Nẵng, đánh dấu sự trưởng thành về kiến thức và kỹ năng của sinh viên sau một quá trình học tập và rèn luyện nghiêm túc. Trong suốt quá trình thực hiện đồ án thực tế **"Thiết kế hệ thống cấp thoát nước và áp dụng AI – IoT trong quản lý cấp thoát nước cho nhà cao tầng"**, em đã có cơ hội vận dụng những kiến thức đã học, đồng thời trau dồi thêm nhiều kinh nghiệm quý báu trong lĩnh vực chuyên môn.

Trước hết, em xin gửi lời cảm ơn sâu sắc đến Ban Giám hiệu Trường Đại học Bách khoa – Đại học Đà Nẵng, cùng quý thầy cô trong Khoa Môi trường, những người đã truyền đạt cho em nền tảng kiến thức vững và những hành trang quan trọng giúp em tự tin tiếp cận và thực hiện đồ án này.

Em đặc biệt biết ơn cô ThS.NCS.Mai Thị Thùy Dương, người đã tận tình hướng dẫn, định hướng và hỗ trợ em trong suốt quá trình thực hiện đồ án. Những góp ý, sự chỉ dẫn tận tâm và sâu sắc của cô là nguồn động lực lớn giúp em hoàn thiện đồ án này một cách nghiêm túc và khoa học.

Bên cạnh đó, em cũng muốn gởi lời cảm ơn sâu sắc đến gia đình, những người luôn âm thầm dõi theo, động viên để em vượt qua mọi khó khăn trong suốt chặng đường học tập. Chính tình yêu thương và sự ủng hộ vô điều kiện của mọi người đã tiếp thêm cho con sức mạnh và niềm tin để hoàn thành tốt chặng đường này.

Cuối cùng, em xin chân thành cảm ơn tất cả những ai đã luôn bên cạnh, động viên và tạo điều kiện thuận lợi cho em trong suốt quá trình học tập và thực hiện đồ án tốt nghiệp này.

Trân trọng,

Đà Nẵng, ngày ... tháng ... năm 2026

Sinh viên thực hiện



Hứa Mạnh Thịnh

CAM ĐOAN

Em xin cam đoan rằng đồ án tốt nghiệp với đề tài: *"Thiết kế hệ thống cấp thoát nước và áp dụng AI – IoT trong quản lý cấp thoát nước cho nhà cao tầng"* là công trình nghiên cứu do chính em thực hiện dưới sự hướng dẫn của giảng viên.

Toàn bộ nội dung, số liệu và kết quả trình bày trong đồ án đều được thu thập từ các nguồn tài liệu đáng tin cậy, có trích dẫn rõ ràng và minh bạch. Các tính toán, phân tích và mô hình đề xuất trong đồ án là kết quả làm việc độc lập của cá nhân em, không sao chép từ bất kỳ công trình nào khác.

Em xin chịu trách nhiệm hoàn toàn về tính trung thực, khách quan của các kết quả nghiên cứu được trình bày trong đồ án. Đồng thời, em cũng cam kết rằng đề tài này chưa từng được sử dụng hoặc công bố trong bất kỳ đồ án tốt nghiệp hay công trình nghiên cứu nào trước đây.

Sinh viên thực hiện



Hứa Mạnh Thịnh

MỤC LỤC

TÓM TẮT.....
NHIỆM VỤ ĐỒ ÁN.....
LỜI NÓI ĐẦU.....i
CAM ĐOAN..... ii
MỤC LỤC iii
DANH MỤC BẢNG vi
DANH MỤC HÌNH vii
DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT..... viii
MỞ ĐẦU 1
1. Tính cấp thiết.....1
2. Mục tiêu của đề tài 2
3. Phạm vi và đối tượng nghiên cứu.....3
4. Phương pháp nghiên cứu.....3
5. Cấu trúc đồ án tốt nghiệp.....4
PHẦN I. THIẾT KẾ HỆ THỐNG CẤP THOÁT NƯỚC BÊN TRONG CÔNG TRÌNH.....6
Chương 1. Thiết kế hệ thống cấp nước cho khách sạn.....6
1.1 Giới thiệu về công trình khách sạn.....6
1.2 Thiết kế hệ thống cấp nước bên trong công trình.....7
1.2.1 Lựa chọn hệ thống cấp nước.....7
1.2.2 Vạch tuyến hệ thống cấp nước và bố trí đường ống.....7
1.2.3 Vạch tuyến và dựng sơ đồ nguyên lý hệ thống cấp nước 8
1.3 Xác định lưu lượng tính toán.....9
1.3.1 Lưu lượng cấp nước cho toàn bộ công trình.....9
1.3.2 Lưu lượng tính toán của từng đoạn ống.....9
1.3.3 Tính toán thủy lực cho từng đoạn ống 9
1.4 Tính toán thủy lực cho từng đoạn ống.....11
1.5 Tính toán thiết kế công trình cấp nước bên trong 13
1.5.1 Xác định dung tích bể chứa.....13

1.5.2 Xác định dung tích két nước 14
1.5.3 Hệ thống cấp nước chữa cháy 15
1.5.4 Tính toán chọn đồng hồ đo nước 15
1.5.5 Tính toán chọn máy bơm nước 16
Chương 2. Thiết kế hệ thống thoát nước bên trong khách sạn 19
2.1 Thiết kế hệ thống thoát nước cho khách SẠN 19
2.1.1 Lựa chọn hệ thống thoát nước 19
2.1.2 Vạch tuyến mạng lưới thoát nước 19
2.1.3 Dựng sơ đồ nguyên lý hệ thống thoát nước 20
2.2 Xác định lưu lượng tính toán từng đoạn ống 21
2.2.1 Tính thủy lực ống nhánh 21
2.2.2 Tính toán thủy lực ống đứng 22
2.3 Tính toán bể tự hoại 22
TIỂU KẾT PHẦN I 25
PHẦN II. ÁP DỤNG AI – IOT TRONG QUẢN LÝ CẤP THOÁT NƯỚC CHO NHÀ CAO TẦNG 26
Chương 1. Cơ sở lý thuyết và công nghệ ứng dụng 26
1.1 Tổng quan về Internet of Things (IoT) và Artificial Intelligence (AI) 26
1.1.1 Khái niệm Internet of Things 26
1.1.2 Vai trò của IoT trong hệ thống giám sát thông minh 27
1.1.3 Ưu điểm của việc sử dụng IoT trong hệ thống giám sát 27
1.1.4 Vai trò của AI trong hệ thống giám sát thông minh 27
1.1.5 Ứng dụng AI trong hệ thống 28
1.2 Hạ tầng phần cứng của hệ thống 28
1.2.1 Tổng quan Raspberry Pi 28
1.2.2 Màn hình LCD 3.5 inch và giao diện hiển thị hệ thống 31
1.3 Hạ tầng phần mềm và truyền thông dữ liệu 33
1.3.1 Firebase Realtime Database 33
1.3.2 Web Dashboard và công nghệ phát triển giao diện hệ thống 36
1.3.3 Chatbot AI và Groq API trong hệ thống 40
1.3.4 Thư viện Python và các công nghệ lập trình trong hệ thống 43
1.4 Ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong giám sát hệ thống nước 44
1.4.1 Tổng quan Machine Learning 44
1.4.2 Thuật toán Isolation Forest 45
1.4.3. Thuật toán Random Forest 45
1.4.4. Quy trình dự đoán của mô hình AI 45

1.5 Mô hình mô phỏng và kiến trúc hệ thống 46
1.5.1 Mô hình ScenarioTwin mô phỏng dữ liệu cảm biến trong hệ thống 46
1.5.2 Kiến trúc tổng thể của hệ thống AIoT trong đề tài 47
Chương 2. Phân tích và thiết kế hệ thống.....50
2.1 Thiết kế phần cứng của hệ thống 50
2.2 Thiết kế phần mềm của hệ thống 52
2.3 Thiết kế hệ thống trí tuệ nhân tạo của đề tài 53
Chương 3. Triển khai và đánh giá hệ thống 56
3.1 Cấu hình phần cứng 56
3.2 Cấu hình phần mềm 57
3.3 Kiểm tra thử chức năng hệ thống.....59
3.3.1 Kiểm thử chức năng hệ thống 59
3.3.2 Kiểm tra thử trạng thái bình thường.....59
3.3.3 Kiểm tra thử trạng thái rò rỉ nước 60
3.3.4 Kiểm tra thử trạng thái tắc nghẽn.....62
3.3.5 Kiểm tra thử trạng thái hỏng cảm biến 64
3.3.6 Kiểm tra thử trạng thái lỗi bơm.....65
3.3.7 Kiểm tra thử trạng thái lỗi van 66
3.4 Tích hợp hệ thống AI – IoT – Scada vào hệ thống.....67
3.4.1 Cấu trúc hệ thống AI – IoT – SCADA 67
3.4.2 Mô hình quản lý cấp – thoát nước theo tầng.....68
3.4.3 Đánh giá hiệu quả hệ thống.....69
TIỂU KẾT PHẦN II.....71
KẾT LUẬN 72
KIẾN NGHỊ VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN.....74
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....75
PHỤ LỤC 77

DANH MỤC BẢNG

Bảng 1.1 Chiều cao và công năng từng tầng của khách sạn.....6
Bảng 1.2 Hệ số phụ thuộc vào chức năng công trình (TCVN 4513:1988).....10
Bảng 1.3 Tổng số thiết bị tầng hầm, tầng 1, tầng 2, tầng 3, tầng 4 của khách sạn.....10
Bảng 1.4 Thống kế tổng thiết bị vệ sinh tầng 5 cho đến tầng mái của khách sạn.....11
Bảng 1.5 Đường kính ống cấp nước theo tổng đương lượng.....12
Bảng 1.6 Hệ số sức cản đơn vị của ống cấp nước bằng thép tráng kẽm (TCVN 4513:1988).....13
Bảng 1.7 Hệ số ảnh hưởng bởi tốc độ (TCVN 4513:1998).....13
Bảng 2.1 Độ đầy tối đa và độ dốc tối thiểu phụ thuộc vào đường kính ống.....22
Bảng 3.1 Các lớp phổ biến kiến trúc IoT.....28
Bảng 3.2 Các thành phần phần cứng chính của Raspberry Pi.....31
Bảng 3.3 Các kịch bản mô phỏng của hệ thống 48
Bảng 4.1 Các mô-đun chính và nhiệm vụ của chúng.....53
Bảng 5.1 Hiệu quả của hệ thống sau khi tích hợp AI – IoT – SCADA.....69

DANH MỤC HÌNH

Hình 2.1 Sơ đồ hệ thống thoát nước.....20
Hình 2.2 Cấu tạo bể tự hoại.....25
Hình 3.1 Tổng quan về Raspberry Pi 4 Model B 30
Hình 3.2 Cấu trúc phần cứng Raspbeerry Pi 32
Hình 3.3 Sơ đồ trao đổi dữ liệu giữa Raspberry Pi, Firebase và Web Dashboard.....36
Hình 3.4 Giao diện lịch sử người dùng Dashboard.....37
Hình 3.5 Mô tả hệ thống trung gian của Firebase Realtime.....37
Hình 3.6 Giao diện Dashboard.....39
Hình 3.7 Các dữ liệu cảm biến được hiển thị.....39
Hình 3.8 Trang web điều khiển các thiết bị 40
Hình 3.9 Trang biểu đồ dữ liệu.....40
Hình 3.10 Trang lịch sử hoạt dộng của hệ thống.....41
Hình 3.11 Trang báo lỗi hệ thống.....41
Hình 3.12 Giao diện thiết kế chatbot Typebot.....42
Hình 3.13 Luồng hoạt động chatbot AI.....43
Hình 3.14 Hệ thống giám sát và điều khiển hệ thống nước thông mình bằng IOT.....49
Hình 4.1 Tổng quan phần cứng của hệ thống.....52
Hình 4.2 Kiến trúc phần mềm của hệ thống.....53
Hình 4.3 Các bước của Pipeline AI trong hệ thống giám sát.....54
Hình 4.4 Các bước quy trình suy luận của hệ thống AI.....55
Hình 5.1 Sơ đồ tổng quan phần cứng mô phỏng hệ thống.....56
Hình 5.2 Tổng quan cấu hình phần mềm.....58
Hình 5.3 Trạng thái bình thường của hệ thống.....60
Hình 5.4 Trạng thái rò rỉ của hệ thống.....61
Hình 5.5 Trạng thái tắc nghẽn của hệ thống.....63
Hình 5.6 Trạng thái hỏng cảm biến của hệ thống.....64
Hình 5.7 Trạng thái lỗi bơm của hệ thống.....65
Hình 5.8 Trạng thái lỗi van của hệ thống.....66
Hình 5.9 Hệ thống AI – IoT – Scada.....68

DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT

Từ viết tắt	Giải thích
IoT	Internet of Things (Internet vạn vật)
AI	Artificial Intelligence (Trí tuệ nhân tạo)
AioT	Artificial Intelligence of Things (Trí tuệ nhân tạo vạn vật)
DFD	Data Flow Diagram (công cụ phân tích và thiết kế hệ thống)
Raspberry	Đơn mạch bo
BMS	Building Management System (Hệ thống quản lý tòa nhà)
CPU	Central Processing Unit (Bộ xử lý trung tâm)
RAM	Random Access Memory (Bộ nhớ truy cập ngẫu nhiên)
HDMI	High-Definition Multimedia Interface (Cổng kết nối)
GPIO	General Purpose Input Output (Chân vào/ra đa năng)
LCD	Liquid Crystal Display (Màn hình tinh thể lỏng)
HTML	HyperText Markup Language (Xây dựng cấu trúc)
CSS	Cascading Style Sheets (Thiết kế giao diện)
SPI	Serial Peripheral Interface (Giao diện ngoại vi nối tiếp)
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
PLC	Programmable Logic Controller (Bộ điều khiển logic khả trình)
MQTT	Message Queuing Telemetry Transport (Giao thức truyền dữ liệu IoT)
HTTP	Hypertext Transfer Protocol (Giao thức truyền tải siêu văn bản)
API	Application Programming Interface (Giao diện lập trình ứng dụng)
Wifi	Wireless Fidelity (Mạng không dây)
LAN	Local Area Network (Mạng cục bộ)
DB	Database (Cơ sở dữ liệu)
Firebase	Firebase Cloud Platform (Nền tảng cơ sở dữ liệu đám mây)
ML	Machine Learning (Học máy)
RF	Random Forest (Thuật toán Rừng ngẫu nhiên)
IF	Isolation Forest (Thuật toán Cây cô lập)
TCVN	Tiêu chuẩn Việt Nam
NT	Nước thải
QCVN	Quy chuẩn Việt Nam
PCCC	Phòng cháy chữa cháy
BTH	Bể tự hoại

MỞ ĐẦU

Trong những năm gần đây, sự phát triển nhanh chóng của công nghệ Internet of Things (IoT) và Trí tuệ nhân tạo (Artificial Intelligence – AI) đã tạo ra những bước tiến lớn trong việc xây dựng các hệ thống giám sát và điều khiển thông minh. IoT cho phép các thiết bị vật lý có khả năng kết nối với internet để thu thập và trao đổi dữ liệu, trong khi AI giúp phân tích dữ liệu và đưa ra các quyết định tự động dựa trên thông tin thu thập được.

Sự kết hợp giữa hai công nghệ này đã hình thành nên khái niệm AIoT (Artificial Intelligence of Things)**,** một mô hình hệ thống thông minh có khả năng thu thập dữ liệu từ môi trường, phân tích dữ liệu bằng trí tuệ nhân tạo và đưa ra phản hồi theo thời gian thực. AIoT đang được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực như: Nhà thông minh (Smart Home), nông nghiệp thông minh (Smart Agriculture), giám sát môi trường (Environmental Monitoring), sản xuất thông minh (Smart Manufacturing), hệ thống cấp thoát nước và xử lý nước.

1. Tính cấp thiết

Trong bối cảnh hiện nay, các công trình khách sạn cao tầng ngày càng phát triển mạnh mẽ, đặc biệt tại các đô thị du lịch, nơi thu hút lượng lớn khách lưu trú trong và ngoài nước. Với quy mô lớn, mật độ sử dụng cao và yêu cầu chất lượng dịch vụ ngày càng khắt khe, hệ thống cấp thoát nước trong khách sạn đóng vai trò vô cùng quan trọng, ảnh hưởng trực tiếp đến tiện nghi, vệ sinh và trải nghiệm của người sử dụng. Do đó, việc thiết kế một hệ thống cấp thoát nước hợp lý, đảm bảo cung cấp nước ổn định, thoát nước nhanh chóng, an toàn và hiệu quả là yêu cầu cấp thiết trong thực tế hiện nay.

Xuất phát từ nhu cầu đó, đề tài được thực hiện nhằm thiết kế hệ thống cấp thoát nước hoàn chỉnh cho công trình khách sạn cao tầng, đảm bảo đáp ứng đầy đủ các tiêu chuẩn kỹ thuật, vận hành ổn định, tiết kiệm chi phí và phù hợp với điều kiện thực tế. Bên cạnh đó, trước xu hướng phát triển mạnh mẽ của công nghệ số, đặc biệt là trí tuệ nhân tạo (AI) và Internet vạn vật (IoT), đề tài còn hướng đến việc tích hợp các giải pháp công nghệ vào công tác quản lý hệ thống cấp thoát nước. Việc ứng dụng AI – IoT giúp giám sát, thu thập dữ liệu và điều khiển hệ thống theo thời gian thực, từ đó nâng cao hiệu quả vận hành, kịp thời phát hiện sự cố, giảm thất thoát nước và tối ưu hóa tài nguyên.

Bên cạnh đó, sự phổ biến của các thiết bị nhúng như Raspberry Pi đã giúp việc xây dựng các hệ thống IoT trở nên dễ dàng hơn. Raspberry Pi là một máy tính nhúng nhỏ

gọn có khả năng chạy hệ điều hành Linux và hỗ trợ nhiều ngôn ngữ lập trình như Python, cho phép phát triển các hệ thống IoT với chi phí thấp nhưng vẫn đảm bảo hiệu năng xử lý tốt.

Trong đề tài này, Raspberry Pi được sử dụng làm thiết bị gateway IoT, chịu trách nhiệm thu thập dữ liệu từ các cảm biến môi trường, xử lý dữ liệu và chạy mô hình AI để phát hiện các trạng thái bất thường của hệ thống.

Ngoài ra, để hỗ trợ việc quản lý từ xa, hệ thống còn được tích hợp web dashboard, cho phép người dùng truy cập hệ thống thông qua trình duyệt web để theo dõi dữ liệu cảm biến, điều khiển thiết bị và xem lịch sử hoạt động của hệ thống. Dữ liệu của hệ thống được lưu trữ và đồng bộ thông qua Firebase Realtime Database, giúp đảm bảo dữ liệu được cập nhật theo thời gian thực giữa thiết bị phần cứng và giao diện web.

Một điểm nổi bật khác của hệ thống là việc tích hợp chatbot AI trên giao diện web. Chatbot này được xây dựng dựa trên nền tảng Typebot và sử dụng Groq API để gọi mô hình AI nhằm hỗ trợ người dùng trong quá trình vận hành hệ thống. Chatbot có thể trả lời các câu hỏi liên quan đến trạng thái hệ thống, giải thích các cảnh báo và hướng dẫn người dùng sử dụng các chức năng của dashboard.

Từ những phân tích trên, đề tài **"Thiết kế hệ thống cấp thoát nước và áp dụng AI – IoT trong quản lý cấp thoát nước cho nhà cao tầng"** được lựa chọn nhằm nghiên cứu và phát triển một mô hình hệ thống tích hợp giữa: Thiết bị IoT, trí tuệ nhân tạo, nền tảng cloud, hệ thống web quản lý

Hệ thống được xây dựng với mục tiêu tạo ra một giải pháp giám sát thông minh có khả năng thu thập dữ liệu môi trường theo thời gian thực, phân tích dữ liệu bằng AI để phát hiện lỗi hệ thống và cung cấp giao diện quản lý trực quan cho người dùng.

Thông qua việc xây dựng và thử nghiệm hệ thống, đề tài không chỉ góp phần nghiên cứu ứng dụng AIoT trong lĩnh vực giám sát môi trường mà còn tạo nền tảng cho việc phát triển các hệ thống thông minh trong tương lai.

2. Mục tiêu của đề tài

Mục tiêu tổng quát:

- Thiết kế hệ thống cấp thoát nước và xây dựng một hệ thống giám sát và điều khiển hệ thống nước thông minh dựa trên công nghệ AIoT. Hệ thống được xây dựng nhằm thu thập dữ liệu môi trường, phân tích dữ liệu bằng trí tuệ nhân tạo và cung cấp khả năng giám sát cũng như điều khiển hệ thống từ xa thông qua nền tảng web.
- Thông qua việc kết hợp giữa thiết bị IoT, AI và nền tảng cloud, hệ thống hướng đến việc nâng cao khả năng giám sát tự động, giảm sự phụ thuộc vào con người và cải thiện hiệu quả vận hành của hệ thống nước.

Mục tiêu cụ thể:

- Tính toán, thiết kế hệ thống cấp thoát nước cho công trình cao tầng
- Xây dựng hệ thống thu thập dữ liệu cảm biến
- Xây dựng hệ thống phát hiện lỗi bằng trí tuệ nhân tạo
- Xây dựng giao diện hiển thị hệ thống lỗi trên thiết bị
- Xây dựng hệ thống quản lý và điều khiển từ xa
- Tích hợp chatbot AI hỗ trợ người dùng

3. Phạm vi và đối tượng nghiên cứu

Phạm vi nghiên cứu: Hệ thống cấp thoát nước cho nhà cao tầng.

Đối tượng nghiên cứu: Phần cứng, phần mềm, các module, thuật toán, web dashboard, chatbot AI.

+ Phần cứng : Raspberry Pi 4, màn hình LCD 3.5 inch, cảm biến môi trường (lưu lượng, áp suất, độ ẩm, mực nước, nhiệt độ, độ pH, độ đục), các thiết bị điều khiển (máy bơm, quạt, đèn cảnh báo, còi).

+ Phần mềm : Phần mềm của hệ thống được phát triển dựa trên ngôn ngữ lập trình Python và được triển khai trực tiếp trên Raspberry Pi.

+ Các module phần mềm : thu thập dữ liệu cảm biến, xử lý dữ liệu, mô phỏng dữ liệu cảm biến, AI phát hiện lỗi, giao diện hiển thị, đồng bộ dữ liệu Firebase, lưu lịch sử hoạt động. Giao diện hiển thị của hệ thống được xây dựng bằng thư viện Tkinter và được hiển thị trực tiếp trên màn hình LCD của Raspberry Pi.

+ Thuật toán : Thuật toán phát hiện bất thường (Isolation Forest) và thuật toán phân loại trạng thái lỗi (Random Forest)

+ Web dashboard : HTML, CSS, JavaScript

+ Chatbot AI : Dựa trên nền tảng Typebot và Groq API để gọi mô hình AI nhằm xử lý câu hỏi người dùng

4. Phương pháp nghiên cứu

- **Phương pháp nghiên cứu lý thuyết**

Trước khi tiến hành xây dựng hệ thống, đề tài tiến hành nghiên cứu các cơ sở lý thuyết liên quan đến lĩnh vực Internet of Things, trí tuệ nhân tạo và các hệ thống giám sát thông minh. Các nội dung lý thuyết được nghiên cứu bao gồm:

+ Tổng quan về Internet of Things (IoT)
+ Mô hình hệ thống AIoT
+ Các thuật toán học máy trong phát hiện bất thường
+ Kiến trúc hệ thống IoT
+ Các nền tảng lưu trữ dữ liệu cloud

Bên cạnh đó, đề tài cũng tham khảo các tài liệu nghiên cứu và các hệ thống tương tự đã được triển khai trong lĩnh vực giám sát môi trường và hệ thống nước thông minh.
Việc nghiên cứu lý thuyết giúp xây dựng nền tảng kiến thức cần thiết cho việc thiết kế và triển khai hệ thống.

- **Phương pháp phân tích và thiết kế hệ thống:**

Sau khi nghiên cứu các cơ sở lý thuyết, đề tài tiến hành phân tích yêu cầu và thiết kế kiến trúc tổng thể của hệ thống. Quá trình phân tích và thiết kế hệ thống bao gồm các bước:

1. Xác định các thành phần của hệ thống
2. Xác định luồng dữ liệu trong hệ thống
3. Thiết kế kiến trúc phần cứng
4. Thiết kế kiến trúc phần mềm
5. Thiết kế cơ sở dữ liệu

Các công cụ mô hình hóa hệ thống được sử dụng bao gồm:

+ Use Case Diagram
+ Data Flow Diagram (DFD)
+ Sequence Diagram

Việc sử dụng các sơ đồ này giúp mô tả rõ ràng các thành phần của hệ thống và cách các thành phần tương tác với nhau.

- **Phương pháp xây dựng và lập trình hệ thống:**

Sau khi hoàn thành quá trình thiết kế hệ thống, bước tiếp theo là triển khai xây dựng hệ thống. Hệ thống được xây dựng bằng cách kết hợp nhiều công nghệ khác nhau. Các công nghệ được sử dụng bao gồm:Python, Tkinter, Firebase Realtime Database, HTML, CSS, JavaScript.

Ngôn ngữ lập trình Python được sử dụng để xây dựng các module chạy trên Raspberry Pi, bao gồm: module thu thập dữ liệu cảm biến, module xử lý dữ liệu, module AI phát hiện lỗi, module giao diện hiển thị

Trong khi đó, web dashboard được xây dựng bằng HTML, CSS và JavaScript để cung cấp giao diện quản lý hệ thống từ xa. Ngoài ra, hệ thống còn tích hợp chatbot AI thông qua nền tảng Typebot và Groq API.

5. Cấu trúc đồ án tốt nghiệp

Thuyết minh

Phần I. Thiết kế hệ thống cấp thoát nước bên trong công trình

- Chương 1: Thiết kế hệ thống cấp nước cho khách sạn
- Chương 2: Thiết kế hệ thống thoát nước cho khách sạn

Phần II. Áp dụng AI – IoT trong quản lý cấp thoát nước cho nhà cao tầng

- Chương 1: Cơ sở lý thuyết và công nghệ ứng dụng
- Chương 2: Phân tích và thiết kế hệ thống
- Chương 3: Triển khai và đánh giá hệ thống

Bản vẽ

- BV1: Mặt bằng cấp nước các tầng điển hình của khách sạn.
- BV2: Sơ đồ nguyên lý cấp nước của khách sạn.
- BV3: Mặt bằng thoát nước các tầng điển hình của khách sạn.
- BV4: Sơ đồ nguyên lý thoát nước của khách sạn.
- BV5: Chi tiết cấp thoát nước các cụm vệ sinh điển hình.
- BV6: Mô hình AI – IoT trong quản lý cấp thoát nước của khách sạn

Mô hình

- Hệ thống quản lý, giám sát cấp thoát nước cho nhà cao tầng bằng AioT.
- Website hỗ trợ giám sát : https://huamanhthinh.42web.io/index.html
- Mã QR:

- ID: 1
- Password : 1

PHẦN I. THIẾT KẾ HỆ THỐNG CẤP THOÁT NƯỚC BÊN TRONG CÔNG TRÌNH

CHƯƠNG 1. THIẾT KẾ HỆ THỐNG CẤP NƯỚC CHO KHÁCH SẠN

1.1 Giới thiệu về công trình khách sạn

Công trình khách sạn, có vị trí thuận lợi, gần khu du lịch biển, phục vụ nhu cầu lưu trú, nghỉ dưỡng và dịch vụ du lịch cho du khách trong và ngoài nước. Khách sạn được thiết kế với quy mô 24 tầng với chiều cao công trình khoảng 78,7m. Tổng số phòng lưu trú khoảng 300 phòng, bao gồm nhiều loại phòng như: phòng tiêu chuẩn (Standard), phòng cao cấp (Deluxe), phòng Suite và các căn hộ dịch vụ.

Bảng 1.1 Chiều cao và công năng từng tầng của khách sạn.

Số Tầng	Chiều cao	Công năng sử dụng
Tầng hầm	-3,5 m	- Bố trí khu vực đỗ xe, phòng kỹ thuật, bể nước ngầm và hệ thống hạ tầng kỹ thuật (bơm, xử lý nước, PCCC…).
Tầng 1	4,5 m	- Khu sảnh lễ tân, khu vực đón tiếp khách, quầy bar, khu chờ và một số không gian dịch vụ.
Tầng 2 → Tầng 4	Mỗi tầng 4,0 m	- Tầng 2 – Tầng 3 : bố trí nhà hàng, phòng hội nghị, phòng họp, khu vực tổ chức sự kiện. - Tầng 4 : Khu hành chính , các phòng cho giám đốc, phó giảm đốc, kế toán ...
Tầng 5 → Tầng 20	Mỗi tầng 3,3 m	- Bố trí các phòng nghỉ khách sạn, mỗi tầng gồm khoảng 17 phòng, có hành lang trung tâm và khu vệ sinh riêng cho từng phòng.
Tầng 21	3,4 m	
Tầng 22	3,4 m	
Tầng 23 (tầng Kỹ thuật)	2,6 m	- Bố trí hệ thống kỹ thuật như bể mái, hệ thống cấp nước, thông gió, điều hòa không khí.
Tầng mái	2,8 m	- Bố trí bể nước mái, thiết bị kỹ thuật

1.2 Thiết kế hệ thống cấp nước bên trong công trình

1.2.1 Lựa chọn hệ thống cấp nước

- Chế độ làm việc của mạng lưới cấp nước ngoài phố không đảm bảo thường xuyên liên tục, vì vậy lựa chọn sơ đồ cấp nước phân vùng có bể chứa – trạm bơm – két nước.

+ Nguyên lí hoạt động : Nước từ đường ống cấp nước bên ngoài chảy vào bể chứa, từ bể chứa, nước sẽ được bơm lên két và từ két sẽ chảy xuống các thiết bị dùng nước.

+ Ưu điểm : Vì có bể chứa và két nước dự trữ nên hệ thống này rất an toàn trong cấp nước, ngoài ra, hệ thống còn dự trữ nước chữa cháy cho ngôi nhà. Máy bơm hút nước từ bể chứa nên không làm giảm áp lực ở đường ống bên ngoài. Hệ thống cấp nước an toàn, áp lực nước cung cấp đến các tầng vừa phải, không quá lớn.

- Thiết kế mạng lưới cấp nước chia thành 6 vùng:

+ Vùng 1: Tầng Mái – Tầng KT – Tầng 22 – Tầng 21 dùng bơm tăng áp từ két xuống để đảm bảo đủ áp lực cấp nước.

+ Vùng 2: Tầng 20 – Tầng 19 – Tầng 18 – Tầng 17 nước tự chảy đến thiết bị vệ sinh nhờ áp lực của nước.

+ Vùng 3: Tầng 16 – 15 – 14 – 13 dùng van giảm áp để giảm bớt áp lực từ trên két chảy xuống.

+ Vùng 4: Tầng 12 - 11 – 10 – 9 dùng van giảm áp để giảm bớt áp lực từ trên két chảy xuống.

+ Vùng 5: Tầng 8 – 7 – 6 – 5 dùng van giảm áp để giảm bớt áp lực từ trên két chảy xuống.

+ Vùng 6: Tầng 4 – 3 – 2 – 1 – tầng hầm dùng van giảm áp để giảm bớt áp lực từ trên két chảy xuống.

1.2.2 Vạch tuyến hệ thống cấp nước và bố trí đường ống

Vạch tuyến mạng lưới cấp nước là bước đầu tiên và đóng vai trò quan trọng khi thiết kế hệ thống cấp nước, cần nghiên cứu cụ thể mặt bằng, các tài liệu đã cho kèm theo nhiệm vụ thiết kế để đưa ra những phương án dự kiến và lựa chọn phương án cấp nước hợp lý nhất.

Yêu cầu đối với việc vạch tuyến đường ống cấp nước trong nhà là:

- Đường ống phải đi tới mọi thiết bị, dụng cụ vệ sinh bên trong nhà.
- Tổng số chiều dài đường ống phải ngắn nhất.
- Dễ gắn chắc ống với các kết cấu của nhà: tường, trần, dầm, vì kèo...
- Thuận tiện, dễ dàng cho quản lý.
- Ống đứng được đặt ở góc và chìm trong tường để đảm bảo mĩ quan.

1.2.3 Vạch tuyến và dựng sơ đồ nguyên lý hệ thống cấp nước

Mạng lưới cấp nước bên trong công trình bao gồm: đường ống chính, các ống đứng, ống nhánh dẫn nước đến các thiết bị dùng nước. Việc vạch tuyến mạng lưới cấp nước bên trong công trình cần đảm bảo các vấn đề sau:

+ Đường ống phải đi tới mọi thiết bị dùng nước bên trong nhà.

+ Tổng chiều dài đường ống phải ngắn nhất.

+ Dễ kết hợp và gắn vào các cấu kiện của công trình: tường, trần, dầm…

+ Thuận tiện dễ dàng cho công tác thi công, quản lý, vận hành hệ thống.

Ngoài ra cần phải chú ý một số quy định sau:

+ Triệt để tận dụng các hộp kỹ thuật trong các khu vệ sinh để bố trí các ống đứng cấp nước, từ đó các ống nhánh nối với các thiết bị dùng nước;

+ Hạn chế đặt ống qua phòng ở, riêng nhà chung cư, vì mỗi căn hộ chỉ dùng 1 đồng hồ đo nước nên đường ống nhánh cấp nước đến căn hộ thường bố trí dọc hành lang;

+ Hạn chế đặt ống dưới đất vì khi hư hỏng, sửa chữa trở ngại cho sinh hoạt và khó khăn cho việc thăm nom, sửa chữa. Tận dụng không gian trần giả để đặt hệ thống đường ống cấp nước (kể cả ống thoát nước);

+ Các ống nhánh dẫn nước tới các thiết bị vệ sinh, thường đặt với độ dốc 0,002 – 0,005 để dễ dàng xả nước trong ống khi cần thiết. Các ống đứng nên đặt ở góc tường nhà, mỗi ống nhánh không nên phục vụ quá năm đơn vị dùng nước và không dài quá 5 m (một đơn vị dùng nước là 0,2 l/s);

+ Đường ống chính cấp nước (từ nút đồng hồ đo nước đến các ống đứng) có thể đặt ở hầm mái (tầng kỹ thuật mái, kỹ thuật thang máy) có thể đặt trên trần hoặc sàn của tầng kỹ thuật mái). Đường ống chính phía dưới có thể bố trí ở tầng hầm (treo dưới trần của tầng hầm). Loại này thông dụng nhất. Đường ống chính bố trí theo mạng vòng chỉ dùng cho các ngôi nhà công cộng quan trọng yêu cầu cấp nước liên tục, còn đại đa số các ngôi nhà đều bố trí theo mạng cụt. Khi hư hỏng, sửa chữa có thể ngừng cấp nước trong một thời gian ngắn;

+ Bể chứa nước sạch nên chọn vị trí thích hợp cho việc đặt trạm bơm và biện pháp phân phối nước đều cho toàn bộ công trình. Bể chứa nước sạch thường được bố trí trong tầng hầm nếu nhà có tầng hầm;

+ Trạm bơm bố trí trong tầng hầm, gần bể chứa để chiều dài ống hút của máy bơm nhỏ nhất có thể, tạo chế độ làm việc tốt cho máy bơm. Ngoài ra cũng có thể dùng máy bơm chìm đặt ngay trong bể chứa nước sạch, đặt tủ điều khiển máy bơm tại vị trí thích hợp thuận tiện cho việc quản lý, vận hành máy bơm.

Sau khi bố trí xong đường ống và các công trình trên hệ thống cấp nước, tiến hành dựng sơ đồ không gian hoặc sơ đồ nguyên lý của hệ thống cấp nước lạnh. Sau đó đánh số thứ tự các đoạn ống tính toán trong các vùng cấp nước. Lưu ý mỗi điểm có sự thay đổi về lưu lượng là một điểm tính toán.

1.3 Xác định lưu lượng tính toán

1.3.1 Lưu lượng cấp nước cho toàn bộ công trình

Lưu lượng tính toán cho toàn bộ công trình sẽ được tính dựa trên số lượng người sử dụng nước và tiêu chuẩn dùng nước của mỗi người, theo công thức sau: $\frac{q \times N}{1000}$

Trong đó:

- N: Số người sử dụng nước trong công trình (người);
- q: Tiêu chuẩn dùng'nước của một người (l/ng.ngđ), đối với công trình khách sạn: ≥ 200 lít/người.ngày đêm. (lấy q = 250 lít/người.ngày đêm)

1.3.2 Lưu lượng tính toán của từng đoạn ống

Thực tế, các thiết bị vệ sinh không phải lúc nào cùng sử dụng hết mà nó phụ thuộc vào chức năng của ngôi nhà, số lượng thiết bị vệ sinh trong đoạn ống tính toán và mức độ trang bị kỹ thuật vệ sinh cho ngôi nhà để xác định Q_{tt} người ta thường sử dụng công thức có dạng phụ thuộc vào số lượng thiết bị vệ sinh và áp dụng cho từng nhà khác nhau.

Công thức có dạng: $q_{tt} = 0{,}2 \times \alpha \times \sqrt{N}$ (l/s)

1.3.3 Tính toán thủy lực cho từng đoạn ống

Lựa chọn ống cấp nước là ống nhựa PVC vì áp lực nước ống nhánh nhỏ cùng với nhiều ưu điểm:

+ Độ bền cao, rẻ, nhẹ.
+ Có khả năng chống được ăn mòn hóa học.
+ Chịu tác động cơ học tốt.
+ Nối ống dễ dàng, nhanh chóng... Ống PVC rất trơn, ít tổn thất thủy lực nên khả năng vận chuyển nước cao hơn các loại ống khác từ 8 ÷ 10%.

Căn cứ vào lưu lượng, tra ra đường kính ống, tổn thất áp lực theo bảng thủy lực sao cho vận tốc nước chảy trong ống nằm trong giới hạn vận tốc kinh tế 0.5-1.5 m/s, tốt nhất là 0.5-1.0 m/s.

Lưu tượng nước tính toán cho các công trình công cộng bao gồm: cơ quan hành chính, trụ sở, nhà trọ, khách sạn, nhà ở tập thể, kí túc xá, nhà trẻ, trường học, cơ quan, giáo dục... được tính theo công thức sau:

$$q_{tt} = 0{,}2 \times \alpha \times \sqrt{N} \text{ (l/s)}$$

Trong đó:

q : Lưu lượng tính toán trong 1 giây (l/s);

N : Tổng số đương lượng;

α : Hệ số phụ thuộc vào chức năng từng công trình, lấy theo bảng sau

Bảng 1.2 Hệ số phụ thuộc vào chức năng công trình (TCVN 4513:1988).

Hệ số	**Loại nhà**					
	Nhà trẻ, nhà mẫu giáo	Bệnh viện, phòng khám đa khoa	Trụ sở cơ quan hành chính, cửa hàng, viện thiết kế	Trường học và cơ quan giáo dục	Bệnh viện, nhà điều dưỡng, nhà nghỉ, trại thiếu nhi	Khách sạn, kí túc xá, nhà ở tập thể, nhà trọ
A	1,2	1,4	1,5	1,8	2,0	2,5

Dựa vào quy mô loại hình và công năng từng tầng chia khách sạn ra 2 loại hình:

+ Tầng hầm, tầng 1, tầng 2, tầng 3, tầng 4 áp dụng cho công trình: Khu hành chính

+ Tầng 5 → tầng mái áp dụng cho công trình: Khách sạn

Bảng 1.3 Tổng số thiết bị tầng hầm, tầng 1, tầng 2, tầng 3, tầng 4 của khách sạn.

Thiết bị	**Trị số đương lượng**	**Lưu lượng (l/s)**	**Tổng số thiết bị**
Vòi nước ở chậu rửa mặt	0,33	0,07	36
Vòi nước thùng rửa hố xí	0,5	0,1	36
Vòi tắm hương sen đặt trong phòng riêng	0,67	0,14	9
Vòi nước âu tiểu	0,17	0,035	18

Tổng số đương lượng của các thiết bị vệ sinh trong khách sạn :

$$N = 36 \times 0,33 + 36 \times 0,5 + 9 \times 0,67 + 18 \times 0,17 = 38,97$$

Lưu lượng tính toán cho khách sạn tầng hầm → tầng 4 : Khu hành chính

$$q_{tt} = 0,2 \times 1,5 \times \sqrt{(38,97)} = 1,87 \text{ (l/s)}$$

Bảng 1.4 Thống kế tổng thiết bị vệ sinh tầng 5 cho đến tầng mái của khách sạn

Thiết bị	**Trị số đương lượng**	**Lưu lượng (l/s)**	**Tổng số thiết bị**
Vòi nước ở chậu rửa mặt	0,33	0,07	310
Vòi nước thùng rửa hố xí	0,5	0,1	298
Vòi tắm hương sen đặt trong phòng riêng	0,67	0,14	281
Bồn tắm	1	0,2	11
Vòi nước âu tiểu	0,17	0,035	3

Tổng số đương lượng của các thiết bị vệ sinh trong khách sạn:

N = 310 x 0,33 + 298 x 0,5 + 281 x 0,67 + 11 x 1 + 3 x 0,17 = 451,08

Lưu lượng tính toán cho khách sạn từ tầng 5→ tầng mái :

$$q_{tt} = 0{,}2 \times 2{,}5 \times \sqrt{451{,}08} = 10{,}62 \text{ (l/s)}$$

Lưu lượng tính toán cho toàn khách sạn :

$$q_{tt} = 10{,}62 + 1{,}87 = 12{,}49 \text{ (l/s)}$$

1.4 Tính toán thủy lực cho từng đoạn ống

Bước 1: Tính toán lựa chọn đường kính ống

Sau tính toán được lưu lượng, ta tiến hành tính toán thủy lực cho từng đoạn ống theo công thức sau:

$$d = \sqrt{\frac{4q}{\pi v}} \text{ (mm)}$$

- Trong đó :

q: Lưu lượng tính toán trong một giây (l/s);

d: Đường kính ống (mm);

v: Vận tốc nước chảy trong ống (m/s).

Chọn đường kính thỏa mãn vận tốc kinh tế v_{kt} = 0,5 – 1,5 m/s

Tốc độ nước chảy trong đường ống thép cấp nước sinh hoạt bên trong nhà, theo TCVN 4513:1998 không vượt quá các trị số sau

+ Trong đường ống chính và ống đứng : từ 1,5 đến 2m/s
+ Ống nhánh nối với các thiết bị vệ sinh 2,5 m/s
+ Trường hợp các thiết bị chữa cháy tự động không quá 10m/s

Khi tổng số đương lượng của các dụng cụ vệ sinh từ 20 trở xuống, đường kính ống cấp nước cho phép lấy theo bảng 1.5

Bảng 1.5 Đường kính ống cấp nước theo tổng đương lượng

Tổng số đương lượng của các dụng cụ vệ sinh	3	6	12	20
Đường ống cấp nước (mm)	15	20	25	32

Bước 2: Tính toán tổn thất thủy lực theo chiều dài đoạn ống tính theo công thức sau:

$$h = i \times L \text{ (m)}$$

Trong đó:

h: Tổn thất thủy lực theo chiều dài (m);

i: Tổn thất chiều dài đơn vị;

L: Chiều dài đoạn ống (m)

Tổn thất thủy lực chiều dài đơn vị của ống được tính theo công thức sau:

$$i = A \times q^2$$

Trong đó:

i: Tổn thất chiều dài đơn vị ;

q: Lưu lượng trên đoạn ống tính toán (l/s);

A: Hệ số sức cản đơn vị, phụ thuộc vào đường kính ống, khi vận tốc trong ống lớn hơn hoặc bằng 1,2 m/s, được lấy theo bảng dưới đây; khi vận tốc trong ống nhỏ hơn 1,2 m/s, hệ số A phải nhân theo hệ số K được lấy theo bảng dưới đây.

Bảng 1.6 Hệ số sức cản đơn vị của ống cấp nước bằng thép tráng kẽm (TCVN 4513:1988)

Đường kính ống (mm)	**A**	**Đường kính ống (mm)**	**A**
10	32,95	50	0,001108
15	8,809	70	0,002993
20	1,643	80	0,001168
25	0,4367	100	0,000267
32	0,09386	125	0,00008623
40	0,04453	150	0,00003395

Bảng 1.7 Hệ số ảnh hưởng bởi tốc độ (TCVN 4513:1998)

Tốc độ m/s	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
K	1,41	1,28	1,2	1,15	1,115	1,085	1,06	1,04	1,035	1,015	1,0

Khi tính toán thủy lực: với ống chính phía dưới, lấy vận tốc bằng vận tốc kinh tế, đối với ống chính phía trên, chọn đường kính ống đứng theo vận tốc lơn vận tốc kinh tế. Khi vận tốc lớn hơn vận tốc kinh tế sẽ giảm được được đường kính ống, tăng tổn thất áp lực trong đường ống để khử áp lực dư, phân phối đều nước trong công trình.

Lựa chọn các đường ống nối cấp nước vào các thiết bị vệ sinh đường kính DN20 mm.

(Tính toán thủy lực ống cấp nước nằm trong phụ lục I)

1.5 Tính toán thiết kế công trình cấp nước bên trong

1.5.1 Xác định dung tích bể chứa

Dung tích bể chứa được xác định bằng lưu lượng nước tính toán ngày đêm của khách sạn, có dự trữ lượng nước chữa cháy trong 3 giờ liền.

Dung tích bể chứa được xác định theo công thức:

$$W_B = K \times (W_{tt} + W_{cc}) \quad (m^3)$$

- Trong đó:
  - K: Hệ số dự trữ kể đến chiều cao xây dựng và phần cặn lắng ở đáy bể nước, K = 1,2 - 1,3. Chọn K = 1,3;
  - W_{tt} – Lưu lượng nước tính toán được như sau: $W_{tt} \approx Q_{ngđ} = \sum \frac{q_{tc} \times N}{1000}$ (m^3/ngày.đêm)
- Với:
  - N: Số người với từng mục đích phục vụ trong 1 ngày đêm.

    (Khi tính toán dung tích bể chứa nước, số người sử dụng được xét bao gồm khách lưu trú, nhân viên và một phần khách vãng lai. Do khách vãng lai có thời gian sử dụng ngắn và nhu cầu nước không liên tục, nên chỉ tính khoảng 30–50% lượng khách này. Tổng số người tính toán lấy trung bình N ≈ 750 người/ngày đêm.)
  - q_{tc}: Tiêu chuẩn cấp nước cho 1 người với từng mục đích phục vụ trong 1 ngày đêm (theo bảng 1--TCVN 4513 :1998), q_{tc} = 250 lít/người.ngày

    ⇨ $W_{tt} = \frac{250 \times 750}{1000}$ = 187,5 (m^3/ngày.đêm)
  - W_{cc} – Dung tích nước chữa cháy trong 3 giờ liền

$$W_{CC} = \frac{t \times 3600}{1000} \times q_{cc} \times n_{cc} \quad (m^3/\text{ngày.đêm})$$

- Trong đó:
  - q_{cc} – Lưu lượng nước trong một vòi chữa cháy, q_{cc} = 2,5 l/s.
  - n_{cc} – Số vòi chữa cháy hoạt động đồng thời, n_{cc} = 2.
  - (Theo bảng 11 – Thông tư 06/2022/TT – BXD, công trình Khách sạn thì số cột nước chữa cháy là 2.)

$$\Rightarrow W_{CC} = \frac{3 \times 3600}{1000} \times 2{,}5 \times 2 = 54 \text{ (m}^3\text{/ngày.đêm)}$$

Vậy dung tích bể chứa: $W_B = 1{,}2 \times (187{,}5 + 54) = 290$ (m^3/ngày.đêm)

(Hệ số dự trữ : 1,1 – 1,3. Chọn 1,2)

Chọn bể chứa hình hộp chữ nhật, kích thước: L × B × H = 12m × 7m × 3,5m.

Bể chứa được xây bằng bêtông cốt thép. Được đặt chìm bên dưới tầng hầm của nhà và có biện pháp chống thấm. Bể chứa cũng được trang bị các loại ống: ống dẫn nước vào bể có van và van phao hình cầu, ống hút máy bơm, ống tràn và ống xả cặn, ống thông hơi, cửa ra vào, thang lên xuống và thước báo hiệu mực nước.

1.5.2 Xác định dung tích két nước

Két nước thường được xây dựng khi áp lực nước ở ngoài nhà không đảm bảo thường xuyên hoặc hoàn toàn không đảm bảo. Két nước có nhiệm vụ điều hòa nước trong nhà (dự trữ khi thừa và bổ sung khi thiếu, đồng thời dự trữ một phần nước khi chữa cháy).

Két có thể xây bằng gạch, bê tông, bê tông cốt thép hoặc bằng thép tấm. Có thể dùng các bình thép không rỉ hoặc nhựa composit. Hình dáng két có thể tròn, vuông, chữ nhật.

Két thường đặt trong hầm mái, trên sân thượng hay trên lồng cầu thang (nơi cao nhất). Có thể gắn liền với kết cấu mái hoặc đặt trên sàn, gối hoặc cột đỡ bằng gỗ hoặc bê tông.

Khoảng cách giữa các két nước, giữa thành két với các kết cấu nhà không nhỏ hơn 0.7m.

Két nước thường được trang bị các loại ống giống như đài nước: ống dẫn nước lên, xuống, ống tràn, ống xả khô két, thước đo hay ống tín hiệu mực nước trong két...

Dung tích két nước được tính từ lượng nước cần điều hòa và lượng nước dự trữ chống cháy hoặc sản xuất (nếu có) theo công thức:

$$W_k = K \times (W_{dh} + W_{cc})$$

- Trong đó:
  - + $W_{đh}$: Dung tích điều hòa của két nước (m^3),
  - + W_{cc}: Dung tích chữa cháy, Lấy bằng lượng nước chữa cháy trong 15 phút.
  - + K: hệ số dự trữ kể đến chiều cao như sau xây dựng và phần cặn lắng ở đáy két nước. K = 1,2 - 1,3, Chọn K = 1,2

Dung tích điều hòa $W_{đh}$ có thể xác định như sau:

$$W_{đh} = \frac{q_{m^3/ngày}}{N} \text{ (m}^3\text{)}$$

- Trong đó:
  - + q_{tt}: Lưu lượng nước tính toán của khách sạn trong 1 ngày đêm, m^3
  - + N: Số lần mở máy bơm trong ngày, Chọn N = 4

$$W_{đh} = \frac{q_{tt}}{N} = \frac{187{,}5}{4} = 47 \text{ m}^3$$

Dung tích chữa cháy được xác định như sau:

$$W_{cc} = \frac{t \times 60}{1000} \times q_{cc} \times n_{cc} = \frac{15 \times 60}{1000} \times 2{,}5 \times 2 = 4{,}5\ m^3$$

Vậy: $W_k = 1{,}2 \times (47 + 4{,}5) = 62\ (m^3)$

Chọn 1 két nước dạng hình hộp chữ nhật, kích thước của két như sau :

$$L \times B \times H = 4{,}0m \times 4{,}0m \times 4{,}0m.$$

1.5.3 Hệ thống cấp nước chữa cháy

Hệ thống cấp nước chữa cháy của công trình được thiết kế theo các yêu cầu của QCVN 06:2022/BXD (sửa đổi 1:2023) và các tiêu chuẩn hiện hành về phòng cháy chữa cháy đối với nhà cao tầng. Công trình khách sạn 24 tầng được trang bị hệ thống họng nước chữa cháy trong nhà kết hợp với hệ thống chữa cháy tự động nhằm đảm bảo an toàn cháy nổ trong quá trình vận hành.

Hệ thống bao gồm bể chứa nước chữa cháy, bơm chữa cháy, mạng lưới đường ống cấp nước chữa cháy, các ống đứng chữa cháy và các hộp họng nước chữa cháy bố trí tại khu vực hành lang gần buồng thang thoát hiểm. Các họng chữa cháy được bố trí đảm bảo khả năng tiếp cận và phục vụ chữa cháy cho toàn bộ công trình.

Nguồn nước chữa cháy được cấp từ bể chứa riêng thông qua hệ thống bơm chữa cháy chuyên dụng nhằm đảm bảo áp lực và lưu lượng yêu cầu khi xảy ra sự cố cháy. Hệ thống cấp nước chữa cháy được thiết kế độc lập với hệ thống cấp nước sinh hoạt của công trình.

Hệ thống cấp nước chữa cháy tách riêng khỏi hệ thống cấp nước lạnh. Các vòi chữa cháy được đặt trong các hộp chữa cháy và được đặt ở phía ngoài hành lang ngay cầu thang đi lại. Chọn hệ thống cấp nước chữa cháy trực tiếp mỗi tầng hai vòi và nước được đưa lên bằng ba ống đứng.

1.5.4 Tính toán chọn đồng hồ đo nước

Nút đồng hồ đo nước: bao gồm đồng hồ, khóa, van xả và các bộ phận nối ống. Nút đồng hồ thường đặt trên đường dẫn vào sau khi qua tường nhà khoảng 1-2m ở những vị trí cao ráo và dễ xem xét. Có thể đặt dưới gầm cầu thang, trong tầng hầm, trong một hố nông dưới nền nhà tầng 1 (có thể đặt ở hành lang nhưng không qua phòng ở). Trường hợp đặc biệt có thể bố trí ở ngoài tường nhà nhưng phải được che mưa và bảo vệ tốt. Để tiện thi công có thể chế tạo sẵn các hộp bằng bêtông đặt toàn bộ nút đồng hồ trong đó.

Nhiệm vụ của đồng hồ đo nước:

- Xác định lượng nước tiêu thụ để tính tiền nước.
- Xác định lượng nước mất mát, hao hụt trên đường ống để phát hiện các chỗ rò rỉ, bể vỡ ống.

- Nghiên cứu điều trang hệ thống cấp nước hiện hành để xác định tiêu chuẩn dùng nước phục vụ cho thiết kế.
- Nút đồng hồ có thể đặt vòng hoặc không vòng (nối trực tiếp, nối thẳng)

Cách nối đồng hồ đo nước:

Đồng hồ đo nước có nhiều loại nhưng thông dụng là loại cánh quạt (đường kính 10-40mm - dùng đo lưu lượng nhỏ) và loại tuốcbin (đường kính 50-200mm - dùng đo lưu lượng lớn hơn 10m^3/h). Cả 2 cấu tạo theo nguyên tắc lưu tốc - lưu lượng nước tỷ lệ với vận tốc chuyển động của nước qua đồng hồ.

Muốn xác định lượng nước qua đồng hồ ta đọc chỉ số trên mặt đồng hồ, hiện số giữa 2 lần đọc chính là lượng nước tiêu thụ trong thời gian đó. Muốn kiểm tra độ chính xác của đồng hồ người ta có thể dùng thùng hứng và đồng hồ bấm giây, nếu sai số nhỏ hơn 2% đối với đồng hồ mới và nhỏ hơn 5% đối với đồng hồ cũ thì đồng hồ coi như tốt.

Cách chọn đồng hồ:

Lưu lượng toán khách sạn : Q_{tt} = 12,49 l/s =44,96 m^3/h= 1079 m^3/ngđ

Dựa vào bảng 6-TCVN 4513 :1998 ta chọn đồng hồ loại tuốc bin cỡ DN80

- Lưu lượng nhỏ nhất cho phép Q_{min}: 1,7 l/s
- Lưu lượng lớn nhất cho phép Q_{max}: 22 l/s.
- Lưu lượng danh nghĩa Q_{dn}: 250 m^3/h
- Sức cản của đồng hồ: S = 0,00207m (bảng 7-TCVN 4513 :1998)

Kiểm tra các điều kiện để đồng hồ làm việc được bình thường:

- Điều kiện 1: $Q_{min} \leq Q_{tt} \leq Q_{max}$ → Đạt ($1,7 \leq 12,49 \leq 22$)
- Điều kiện 2: $Q_{tt} \leq 2\times Q_{đtr}$ → Đạt ($44,96 \leq 2\times 250 = 500$)
- Điều kiện 3: Tổn thất áp lực qua đồng hồ

$$H_{tt} = S \times Q_{tt}$$

- Trong đó:
  - S: sức cản của đồng hồ đo nước (m).
  - q_{tt}: lưu lượng nước tính toán (l/s).

$$H_{tt} = 0,00207\times 12,49 = 0,0258543 \text{ m} < 1 \text{ m} \rightarrow \text{Đạt.}$$

1.5.5 Tính toán chọn máy bơm nước

Áp lực cần thiết của bơm cần đảm bảo đưa nước từ cao độ mực nước thấp nhất của bể chứa hoặc khi áp lực đường ống cấp nước bên ngoài thấp nhất lên cao độ mực nước cao nhất trong két nước hoặc thiết bị dùng nước bất lợi nhất đảm bảo áp lực tự do cần thiết của thiết bị đó.

Chọn bơm phải dựa vào hai thông số chính là cột áp và lưu lượng. Điểm làm việc của bơm là điểm giao nhau của đường đặc tính bơm và đặc tính ống.

Trạm bơm có thể bố trí ở các vị trí sau đây:

+ Bố trí bên ngoài nhà: thuận tiện cho việc thiết kế đảm bảo điều kiện kỹ thuật, thuận tiện cho việc quản lý, sửa chữa... Nhưng xây dựng thêm tốn kém dễ ảnh hưởng đến mỹ quan, kiến trúc ngôi nhà, thường đặt ở đầu hồi hoặc phía sau nhà;
+ Bố trí ở gầm cầu thang: sử dụng được diện tích thừa nhưng chật hẹp khó bố trí, thao tác quản lý khó khăn và dễ gây ồn cho ngôi nhà, chỉ dùng cho công trình nhỏ;
+ Bố trí ở tầng hầm: diện tích đặt máy bơm rộng, dễ bố trí nhưng cần chống thấm tốt;
+ Dùng máy bơm chìm, đặt trực tiếp trong bể chứa nước sạch.

Trong một trạm bơm, ngoài các máy bơm công tác cần bố trí thêm các máy bơm dự phòng và máy bơm chữa cháy (trong trường hợp ngôi nhà phải thiết kế hệ thống cấp nước chữa cháy). Số máy bơm công tác càng nhiều thì số máy bơm dự trữ càng lớn, tối thiểu một trạm bơm phải có một máy bơm dự phòng. Máy bơm dự phòng có thể đặt trực tiếp trên bể hoặc dự trữ trong kho, tùy theo tính chất của công trình.

Nơi đặt máy bơm phải khô ráo, sáng sủa, thông gió tốt, xây dựng bằng vật liệu không cháy hoặc ít cháy, phải có diện tích và kích thước đủ để dễ dàng thao tác và lắp máy bơm để sửa chữa, thay thế (theo tiêu chuẩn của ta khoảng cách giữa hai bệ máy bơm hoặc từ bệ máy bơm đến tường nhà tối thiểu 700 mm, khoảng cách từ mép bệ máy bơm đến mặt tường nhà phía ống hút tối thiểu là 1000 mm,...).

Chọn thời gian bơm đầy két nước là t = 1h.

N: Số lần mở máy bơm trong ngày, Chọn N = 4

Vậy lưu lượng nước trong ống là:

$$q = \frac{Q_{tt}}{t \times N} = \frac{44,96}{4} = 12 \ (m^3/h) = 3,3 \ (l/s)$$

Sử dụng ống gang, Tra bảng tính thủy lực bảng III- các bảng tính toán thủy lực – ThS. Nguyễn Thị Hồng ta được:

- D = 65 mm
- v = 0,95 m/s
- 1000i = 12

Áp lực của bơm cũng chính là áp lực cần thiết để đưa nước lên két:

$$H_b = H_{hh} + H_{tt} + H_{td} + H_{đh} \quad (m)$$

- Trong đó:

+ H_{hh}: Chiều cao hình học của bơm nước đến két nước (m),

+ $H_{hh} = H_{bể} + H_{nhà} + H_{két} = 3 + 78,7 + 2 = 83,7$ (m)
+ $H_{bể}$: Chiều sâu của bể chứa nước, $H_{bể} = 3$ m.

$H_{nhà}$: Chiều cao hình học của nhà , $H_{nhà} = 78,7$m

$H_{két}$: Chiều cao mực nước của két, $H_{két} = 2$ m.

H_{tt}: Tổn thất áp lực trên đường ống

H_{tt}: Tổn thất áp lực trên đường ống bơm nước (m)

$$H_{tt} = H_{cb} + H_l = 0,23 + 0,75 = 0,98 \text{ (m)}$$

Tổn thất dọc đường trên ống:

$$H_l = i \times L = \frac{9 \times 83,7}{1000} = 0,75 \text{ (m)}$$

Tổn thất cục bộ lấy bằng 30% tổn thất dọc đường

$$H_{cb} = 30\% \times H_l = 0,23\text{m}$$

- H_{td} : Áp lực tự do của đầu ra của ống đầy, $H_{td} = 1$m
- $H_{đh}$: Là tổn thất áp lực qua đồng hồ: $H_{đh} = 0,00062$ m

Vậy áp lực bơm: $H_b = 83,7+0,98+1+0,00062 = 85,68$ m ≈ 86 m

$Q_b = 45 - 50$ (m^3/h). Chọn bơm $Q_b = 50$ (m^3/h). Cột áp: H = 86 m

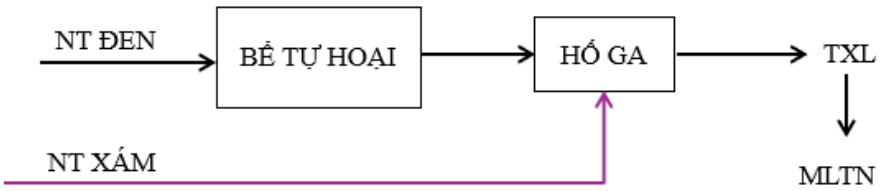
CHƯƠNG 2. THIẾT KẾ HỆ THỐNG THOÁT NƯỚC BÊN TRONG KHÁCH SẠN

2.1 Thiết kế hệ thống thoát nước cho khách SẠN

2.1.1 Lựa chọn hệ thống thoát nước

Để đảm bảo điều kiện thoát nước, cũng như điều kiện vệ sinh và bảo dưỡng hệ thống thoát nước được đặt trong cùng một hộp kỹ thuật với hệ thống cấp nước, tách hệ thống thoát nước trong nhà làm 2 hệ thống:

- Hệ thống 1: Hệ thống thoát các loại nước thải ngoài nước thải hố xí. (NT xám)
- Hệ thống 2: Hệ thống thoát nước thải hố xí. (NT đen)



Hình 2.1 Sơ đồ hệ thống thoát nước

Hệ thống nước thải 1 được dẫn trực tiếp xuống khu xử lý sau đó ra hố ga. Hệ thống nước thải 2 được cho vào bể tự hoại để làm sạch cặn bẩn trước khi cho vào hố ga. Riêng với nước thải nhà bếp chỉ có 8 bồn rửa một ngăn, với lưu lượng nhỏ, tiến hành tách mỡ ngay dưới bồn rửa và nước thải sau khi tách mỡ gộp với nước thải sinh hoạt dẫn xuống bể xử lý. Cuối cùng nước thải từ hố ga được dẫn vào hệ thống thoát nước ngoài nhà.

2.1.2 Vạch tuyến mạng lưới thoát nước

a. Ống nhánh thoát nước

Dùng để dẫn nước thải từ các thiết bị vệ sinh vào ống đứng thoát nước. Ống nhánh có thể đặt trong sàn nhà (trong lớp xi đệm) hoặc dưới trần nhà. Độ sâu đặt ống nhánh trong sàn nhà (độ sâu đầu tiên) lấy xuất phát từ điều kiện đảm bảo cho ống khỏi phá hoại do tác động cơ học nhưng phải sâu hơn 10 cm kể từ mặt sàn đến đỉnh ống. Chiều dài một ống nhánh thoát nước không lớn quá 10 m để tránh bị tắc và tránh cho chiều dày sàn quá lớn nếu đặt ống trong sàn nhà. Khi ống đặt dưới nền nhà thì chiều dài ống nhánh có thể lớn hơn, nhưng phải có giếng kiểm tra trên một khoảng cách nhất định.

Hiện nay biện pháp treo ống nhánh thoát nước dưới trần của tầng phía dưới cùng với ống cấp nước rất phổ biến. Giải pháp này sẽ giảm được chiều dày sàn, thuận tiện cho sửa chữa, bảo dưỡng.

b. Ống đứng thoát nước

Thường đặt xuyên suốt các tầng nhà, thường bố trí trong hộp kỹ thuật, gần thiết bị xả nhiều cần và các vị trí nước nhất (đài xí). Ống đứng đặt trong hộp kỹ thuật. Tại vị trí ống kiểm tra phải bố trí các cửa kiểm tra để thăm nom tẩy rửa đường ống.

Đường kính ống đứng thoát nước trong nhà tối thiểu là 50 mm, nếu thu nước từ xí thì dù chỉ có một chậu xí đường kính tối thiểu của ống nhánh và ống đứng cũng là 100 mm. (Thông thường ống đứng đặt thẳng đứng từ tầng dưới lên tầng trên của nhà. Nếu cấu trúc của nhà không cho phép làm như vậy thì có thể đặt một đoạn ngang ngắn có hướng dốc lên. Khi đó không được nối ống nhánh vào đoạn ống ngang này vì nó làm cản trở vận tốc của nước chảy trong ống, dễ sinh ra tắc ống. Trường hợp chiều dày tường, móng nhà thay đổi thì dùng ống cong hình chữ S.

c. Ống thông hơi

Là ống nối tiếp ống đứng đi qua hầm mái và lên cao hơn mái nhà tối thiểu là 0,7 m và cách xa cửa sổ, ban công nhà láng giềng tối thiểu là 4 m, để dẫn các khí độc, các hơi nguy hiểm có thể gây nổ (như NH_3, H_2S, C_2H_2, CH_4, hơi dầu, …) ra khỏi mạng lưới thoát nước bên trong nhà.

Việc thông hơi được thực hiện bằng con đường tự nhiên do có luồng không khí lọt qua các khe hở của nắp giếng thăm ngoài sân nhà đi vào các ống đứng thoát nước. Do có sự khác nhau về nhiệt độ và áp suất giữa không khí bên trong ống và ngoài trời, khí bay lên khỏi mái nhà và kéo theo các hơi độc dễ nổ. Trên nóc ống thông hơi có một chóp hình nón để che mưa bằng thép lá dày 1 – 1,5 mm, và có cửa để thoát hơi. Theo quy phạm không được nối ống đứng thoát nước với ống thông hơi của nhà. Trong trường hợp mái bằng sử dụng để đi lại phơi phóng thì chiều cao của ống thông hơi phải lớn hơn 3 m. Đường kính của ống thông hơi có thể lấy bằng hoặc nhỏ hơn đường kính ống đứng thoát nước. Chỗ đặt nhau giữa ống thông hơi và mái nhà phải có biện pháp chống thấm tốt.

2.1.3 Dựng sơ đồ nguyên lý hệ thống thoát nước

Cơ sở: Dựa trên cốt mặt đất, độ cao công trình, độ cao của sàn và dựa vào việc bố trí các thiết bị vệ sinh, sơ đồ vạch tuyến ta dựng được sơ đồ nguyên lý hệ thống thoát nước sinh hoạt với nước phân. Đánh số thứ tự các đoạn ống tính toán tại những vị trí thay đổi lưu lượng.

Xác định lưu lượng tính toán của từng đoạn ống:

Khách sạn là công trình công cộng nên tiêu chuẩn thải được xác định theo công thức:

$$Q_{tt} = q_c + q_{th}^{max} \text{ (l/s)}$$

Trong đó:

- q_c (l/s): Lưu lượng cấp nước trong đoạn ống tính toán xác định theo công thức cấp nước trong nhà
- q_{th}^{max} (l/s): Lưu lượng nước thải của thiết bị vệ sinh có lưu lượng nước thải lớn nhất của đoạn ống tính toán.

2.2 Xác định lưu lượng tính toán từng đoạn ống

2.2.1 Tính thủy lực ống nhánh

Chọn sơ bộ đường kính ống dựa vào lưu lượng tính toán của ống nhánh:

Lựa chọn đường kính các ống nối thoát nước đường kính DN50 mm

- Đối với ống dẫn phân: $D_{min} \geq 100$mm
- Đối với ống thoát nước: $D_{min} \geq 50$mm

Độ đầy tối đa:

- Đường ống thoát nước không bẩn h/Dmax=0,8
- Đường ống nước sinh hoạt cả phân:

  D từ 50-125: $h/D_{max}=0,5$

  D từ 150-200: $h/D_{max}=0,6$

Độ đầy tối đa và độ dốc tối thiểu dựa vào bảng 23-Bảng tra, thể hiện ở bảng 2.1

Bảng 2.1 Độ đầy tối đa và độ dốc tối thiểu phụ thuộc vào đường kính ống

Đường kính ống D(mm)	**Độ đầy cho phép tối đa $(h/D)_{max}$**	**Độ dốc**	
		Tiêu chuẩn	**Tối thiểu**
50	0,5	0,035	0,025
100	0,5	0,02	0,012
125	0,5	0,015	0,010
150	0,6	0,019	0,007
200	0,6	0,008	0,005

Từ lưu lượng và thành phần nước thải, tra bảng chọn độ đầy tối đa $(h/D)_{max}$ và độ dốc tối thiểu i_{min},

Sau khi chọn sơ bộ đường kính ống D và độ dốc i dựa vào bảng 24-Bảng tra, tra lưu lượng nghiệm toán q_{nt} và vận tốc nghiệm toán v_{nt}

Lập tỉ số: A=$\frac{q_{tt}}{q_{nt}}$. Từ A dựa vào biểu đồ hình cá ta xác định được độ đầy $\frac{h}{D}$. Kiểm tra sao cho thỏa mãn $\frac{h}{D} \leq \frac{h_{max}}{D}$ thì đạt.

Khi h/D đạt, từ biểu đồ hình cá ta tra được giá trị B tính được vận tốc tính toán $v_{tt} = v_{nt} \times B$, sao cho $v_{tt} > v_{min}$ thủy lực tuyến nhánh đảm bảo. Nếu không đạt tiến hành điều chỉnh đường kính D và độ dốc i cho đến khi thỏa mãn.

Ví dụ: Tính toán đoạn ống nhánh không dẫn phân A'1-A', có q_{tt} = 0,55 l/s,

Đường kính: D = 50 mm, i = 0,035

Từ bảng 24-Bảng tra, có q_{nt} = 1,52 l/s; v_{nt} = 0,78 m/s

$$A = \frac{q_{tt}}{q_{n_t}} = \frac{0,55}{1,52} = 0,36$$

Từ biểu đồ hình cá, có h/D = 0,41 < 0,5 (đạt yêu cầu) → B = 0,91

$v_{tt} = v_{nt} \times B = 0,78 \times 0,91 = 0,71 > 0,7$ (đạt yêu cầu)

Tương tự tính toán cho các đoạn ống nhánh không dẫn phân tiếp theo.

2.2.2 Tính toán thủy lực ống đứng

Đường kính của ống đứng được xác định tùy theo lưu lượng nước thải và đường kính ống nhánh nối vào lớn nhất

Dựa vào bảng 25-Bảng tra, tìm vận tốc của ống đứng đảm bảo v ≤ 4m/s

Chọn góc nối giữa ống nhánh và ống đứng góc 135^0

Ví dụ: Tính toán đoạn ống nhánh dẫn phân A'' 1-A'', có q_{tt} = 1,75 l/s.

Đường kính: D = 100 mm, i = 0,02

Từ bảng 25 – Bảng tra. có q_{nt} = 7,44 l/s; v_{nt} = 0,93 m/s.

$$A = \frac{q_{tt}}{q_{n_t}} = \frac{1,75}{7,44} = 0,24$$

Từ biểu đồ hình cá, có h/D = 0,34 < 0,5 (đạt yêu cầu) → B = 0,85

$v_{tt} = v_{nt} \times B = 0,93 \times 0,85 = 0,79 > 0,7$ (đạt yêu cầu).

Tương tự tính toán cho các đoạn ống nhánh dẫn phân tiếp theo.

(Tính toán thủy lực ống thoát nước nằm trong phụ lục II)

2.3 Tính toán bể tự hoại

Tính toán bể tự hoại gồm: thể tích phần lắng nước W_n và thể tích phần chứa cặn W_c.

Thể tích của bể tự hoại tính theo công thức: $W_{th} = W_n + W_c$

Thể tích cặn của bể: $W_c = \frac{a \times T \times (100 - W_1) \times b \times c}{(100 - W_2) \times 1000} \times N$

Trong đó:

- a - lượng cặn trung bình của một người thải ra một ngày, a = 0,5 ÷ 0,8 (l/ng.ngđ). Chọn a = 0,8 (l/ng.ngđ).

- T - thời gian giữa 2 lần lấy cặn, T = 6 tháng = 180 ngày.
- W_1, W_2 - độ ẩm của cặn tươi vào bể và của cặn khi lên men, tương ứng là 95% và 90%.
- b - hệ số kể đến việc giảm thể tích cặn khi lên men (giảm 30% và lấy b = 0.7).
- c - hệ số kể đến việc để lại một phần cặn đã được lên men khi hút cặn để giữ lại vi sinh vật giúp cho quá trình lên men cặn lắng nhanh để lại 20%, c = 1,2.
- N - số người mà bể phục vụ, N = 60% x 750 = 450 người.

$$W_c = \frac{0,8 \times 180 \times (100 - 95) \times 0,7 \times 1,2}{(100 - 90) \times 1000} \times 450 = 27,5 \ (m^3)$$

Thể tích phần nước: $W_n = (1 \div 3) \times Q_{tt} = (1 \div 3) \frac{q \times N}{1000} \ (m^3)$

Lượng nước đen từ khu vệ sinh loại thiết bị vệ sinh là hố xí thùng rửa loại tiết kiệm, q = 15÷30 (l/ng.ngđ), chọn q = 25 (l/ng.ngđ)

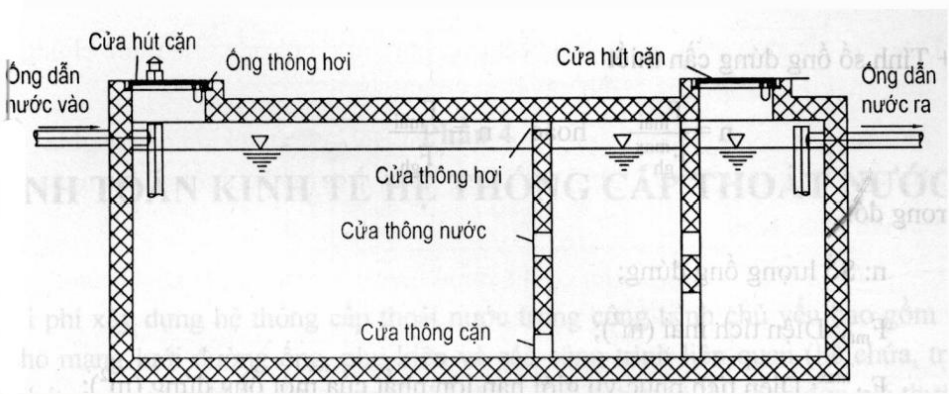
$$\Rightarrow W_n = 2 \times W_n = 2 \times \frac{25 \times 450}{1000} = 22,5 \ (m^3)$$

Vậy thể tích bể tự hoại: $W_{th} = W_n + W_c = 27,5 + 22,5 = 50 \ (m^3)$

- Chia thành: 2 bể tự hoại
- Mỗi bể: 25 m^3
- Chọn xây dựng 2 bể tự hoại 25 m^3 gồm 3 ngăn, ngăn thứ nhất bằng $\frac{1}{2}$ thể tích bể, 2 ngăn còn lại bằng $\frac{1}{4}$ thể tích bể.
- Thể tích mỗi ngăn của bể:
  + $W_1 = 0,5 \times 25 = 12,5 (m^3)$
  + $W_2 = 0,25 \times 25 = 6,25 \ (m^3)$
  + $W_3 = 0,25 \times 25 = 6,25 \ (m^3)$.

Chọn chiều cao nước H = 2.0 m, chiều cao xây dựng H = 2.5 m.

Kích thước mỗi bể: L x B x H = 5,0 × 2,5 × 2,0 (m)



Hình 2.2 Cấu tạo bể tự hoại

TIỂU KẾT PHẦN I

Trong Phần I,đồ án đã thực hiện tính toán và thiết kế, hệ thống cấp thoát nước cho công trình khách sạn 24 tầng đã được xây dựng đáp ứng các yêu cầu về lưu lượng, áp lực, khả năng thoát nước và vận hành an toàn. Các hạng mục chính như mạng lưới cấp nước, hệ thống thoát nước, bể chứa, két nước mái, trạm bơm, hệ thống cấp nước chữa cháy và bể tự hoại đã được tính toán theo các tiêu chuẩn hiện hành, đảm bảo khả năng vận hành ổn định và đáp ứng nhu cầu sử dụng của công trình.

Kết quả thiết kế cho thấy phương án lựa chọn phù hợp với đặc điểm kiến trúc và quy mô công trình, đồng thời đảm bảo các yêu cầu về kỹ thuật, kinh tế và khả năng khai thác lâu dài. Tuy nhiên, việc vận hành hệ thống theo phương pháp truyền thống vẫn tồn tại một số hạn chế như khó giám sát liên tục, chậm phát hiện sự cố và phụ thuộc nhiều vào nhân sự quản lý.

Trong bối cảnh chuyển đổi số và phát triển các công trình thông minh, việc ứng dụng công nghệ Internet of Things (IoT), trí tuệ nhân tạo (AI) và hệ thống giám sát điều khiển SCADA vào quản lý cấp thoát nước đang trở thành xu hướng tất yếu. Các công nghệ này cho phép thu thập dữ liệu theo thời gian thực, giám sát từ xa, phát hiện bất thường và hỗ trợ ra quyết định vận hành một cách nhanh chóng, chính xác.

Xuất phát từ nhu cầu đó, Phần II của đồ án tập trung nghiên cứu và xây dựng mô hình AI – IoT nhằm nâng cao hiệu quả quản lý, giám sát và vận hành hệ thống cấp thoát nước đã được thiết kế ở Phần I, góp phần hướng tới mô hình khách sạn thông minh và phát triển bền vững.

PHẦN II. ÁP DỤNG AI – IOT TRONG QUẢN LÝ CẤP THOÁT NƯỚC CHO NHÀ CAO TẦNG

CHƯƠNG 1. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VÀ CÔNG NGHỆ ỨNG DỤNG

1.1 Tổng quan về Internet of Things (IoT) và Artificial Intelligence (AI)

1.1.1 Khái niệm Internet of Things

Internet of Things (IoT) là một mô hình mạng lưới các thiết bị vật lý có khả năng kết nối với internet để thu thập, trao đổi và xử lý dữ liệu. Các thiết bị trong hệ thống IoT được trang bị các cảm biến, bộ xử lý và các module truyền thông nhằm cho phép chúng giao tiếp với nhau cũng như với các hệ thống máy tính khác.

Trong hệ thống IoT, các thiết bị có thể tự động thu thập dữ liệu từ môi trường và truyền dữ liệu đến các hệ thống xử lý thông qua mạng internet. Dữ liệu thu thập được có thể được sử dụng để phân tích, giám sát hoặc điều khiển các thiết bị trong hệ thống.

Bảng 3.1 Các lớp phổ biến kiến trúc IoT.

Lớp cảm biến (Perception Layer)	**Lớp mạng (Network Layer)**	**Lớp xử lý dữ liệu (Processing Layer)**	**Lớp ứng dụng (Application Layer)**
Đây là lớp thấp nhất của hệ thống IoT, bao gồm các thiết bị cảm biến và thiết bị thu thập dữ liệu. Các cảm biến có nhiệm vụ đo lường các thông số môi trường như nhiệt độ, độ ẩm, áp suất hoặc lưu lượng nước.	Lớp mạng có nhiệm vụ truyền dữ liệu từ các thiết bị cảm biến đến các hệ thống xử lý thông qua các giao thức truyền thông. Các công nghệ truyền thông thường được sử dụng trong IoT bao gồm WiFi, Bluetooth, Zigbee và mạng di động.	Lớp này chịu trách nhiệm xử lý và phân tích dữ liệu thu thập từ các thiết bị IoT. Các hệ thống xử lý dữ liệu có thể bao gồm máy chủ, nền tảng cloud hoặc các hệ thống trí tuệ nhân tạo.	Lớp này chịu trách nhiệm xử lý và phân tích dữ liệu thu thập từ các thiết bị IoT. Các hệ thống xử lý dữ liệu có thể bao gồm máy chủ, nền tảng cloud hoặc các hệ thống trí tuệ nhân tạo.

1.1.2 Vai trò của IoT trong hệ thống giám sát thông minh

IoT đóng vai trò rất quan trọng trong việc xây dựng các hệ thống giám sát thông minh. Nhờ khả năng kết nối các thiết bị cảm biến với internet, IoT cho phép các hệ thống có thể thu thập dữ liệu từ môi trường một cách liên tục. Các hệ thống giám sát sử dụng IoT có nhiều ưu điểm so với các hệ thống truyền thống, bao gồm:

+ Khả năng giám sát theo thời gian thực
+ Khả năng truy cập dữ liệu từ xa
+ Khả năng tự động hóa hệ thống
+ Khả năng tích hợp với các hệ thống phân tích dữ liệu

Trong đề tài này, công nghệ IoT được sử dụng để xây dựng hệ thống giám sát dữ liệu cảm biến liên quan đến hoạt động của hệ thống nước. Các cảm biến trong hệ thống thu thập các thông số môi trường như: Lưu lượng nước , áp suất , độ ẩm, nhiệt độ, mực nước.

Dữ liệu cảm biến được gửi đến thiết bị Raspberry Pi, thiết bị đóng vai trò là bộ xử lý trung tâm của hệ thống. Sau khi xử lý, dữ liệu sẽ được gửi lên Firebase Realtime Database để lưu trữ và đồng bộ với hệ thống web dashboard. Thông qua hệ thống IoT này, người dùng có thể giám sát dữ liệu của hệ thống từ xa thông qua internet.

1.1.3 Ưu điểm của việc sử dụng IoT trong hệ thống giám sát

Việc áp dụng IoT trong các hệ thống giám sát mang lại nhiều lợi ích quan trọng. Thứ nhất, IoT cho phép hệ thống thu thập dữ liệu theo thời gian thực. Điều này giúp người dùng có thể theo dõi tình trạng của hệ thống một cách liên tục. Thứ hai, IoT giúp giảm sự phụ thuộc vào con người trong quá trình giám sát hệ thống. Các thiết bị có thể tự động thu thập và truyền dữ liệu mà không cần sự can thiệp của người vận hành. Thứ ba, IoT cho phép các hệ thống có thể được quản lý từ xa thông qua internet. Người dùng có thể truy cập dữ liệu của hệ thống ở bất kỳ đâu thông qua các thiết bị như máy tính hoặc điện thoại. Thứ tư, IoT cho phép tích hợp với các công nghệ khác như trí tuệ nhân tạo và điện toán đám mây để xây dựng các hệ thống thông minh hơn. Trong đề tài này, IoT được sử dụng làm nền tảng cho việc xây dựng hệ thống giám sát và điều khiển hệ thống nước thông minh.

1.1.4 Vai trò của AI trong hệ thống giám sát thông minh

Trí tuệ nhân tạo đóng vai trò quan trọng trong việc nâng cao khả năng giám sát của các hệ thống IoT. Trong các hệ thống giám sát truyền thống, dữ liệu cảm biến chỉ được hiển thị cho người dùng. Người vận hành phải tự phân tích dữ liệu để xác định xem hệ thống có đang hoạt động bình thường hay không. Tuy nhiên, trong các hệ thống AIoT, trí tuệ nhân tạo có thể phân tích dữ liệu cảm biến và phát hiện các trạng thái bất

thường của hệ thống. Việc sử dụng AI trong hệ thống giám sát mang lại nhiều lợi ích như: Phát hiện sớm các dấu hiệu bất thường; Giảm thời gian phản ứng khi xảy ra sự cố; Hỗ trợ người vận hành trong việc giám sát hệ thống; Tự động hóa quá trình giám sát

Trong đề tài này, AI được sử dụng để phân tích dữ liệu cảm biến và xác định trạng thái của hệ thống nước. Các trạng thái của hệ thống bao gồm:

NORMAL – hệ thống hoạt động bình thường

LEAK – rò rỉ nước

CLOG – tắc nghẽn đường ống

PUMP_FAIL – lỗi bơm

VALVE_FAIL – lỗi van

SENSOR_FAIL – lỗi cảm biến

Nhờ việc áp dụng AI, hệ thống có thể tự động phát hiện các trạng thái bất thường và đưa ra cảnh báo cho người dùng.

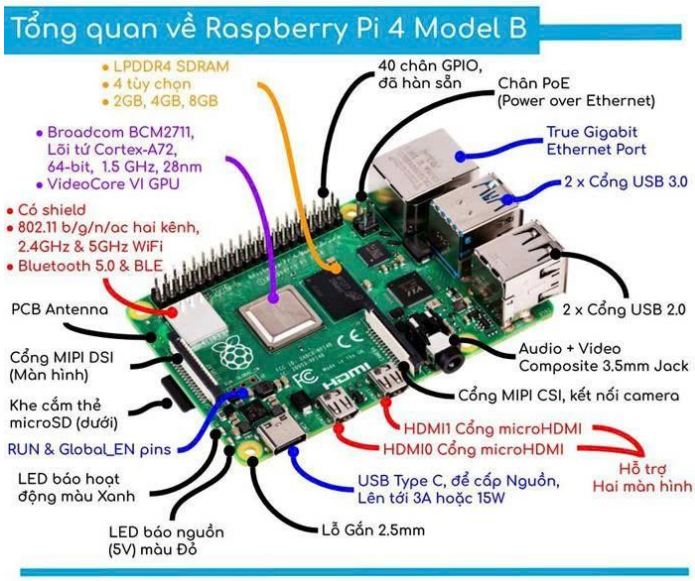
1.1.5 Ứng dụng AI trong hệ thống

Trong đề tài này, trí tuệ nhân tạo được sử dụng để phân tích dữ liệu cảm biến nhằm phát hiện các trạng thái bất thường của hệ thống nước.Dữ liệu cảm biến được thu thập từ các cảm biến môi trường và được xử lý bởi Raspberry Pi. Trước khi đưa vào mô hình AI, dữ liệu cảm biến được chuyển đổi thành các vector đặc trưng. Các vector đặc trưng này được sử dụng làm đầu vào cho mô hình học máy.

1.2 Hạ tầng phần cứng của hệ thống

1.2.1 Tổng quan Raspberry Pi

Raspberry Pi là một máy tính nhúng kích thước nhỏ được phát triển bởi Raspberry Pi Foundation. Thiết bị này được thiết kế nhằm hỗ trợ việc học tập, nghiên cứu và phát triển các ứng dụng điện tử, lập trình và hệ thống nhúng. Mặc dù có kích thước nhỏ gọn, Raspberry Pi có đầy đủ các thành phần của một máy tính hoàn chỉnh như: Bộ xử lý (CPU) – Bộ nhớ RAM – Cổng kết nối mạng – Cổng USB – Cổng HDMI – Các chân GPIO để kết nối với các thiết bị ngoại vi.



Hình 3.1 Tổng quan về Raspberry Pi 4 Model B

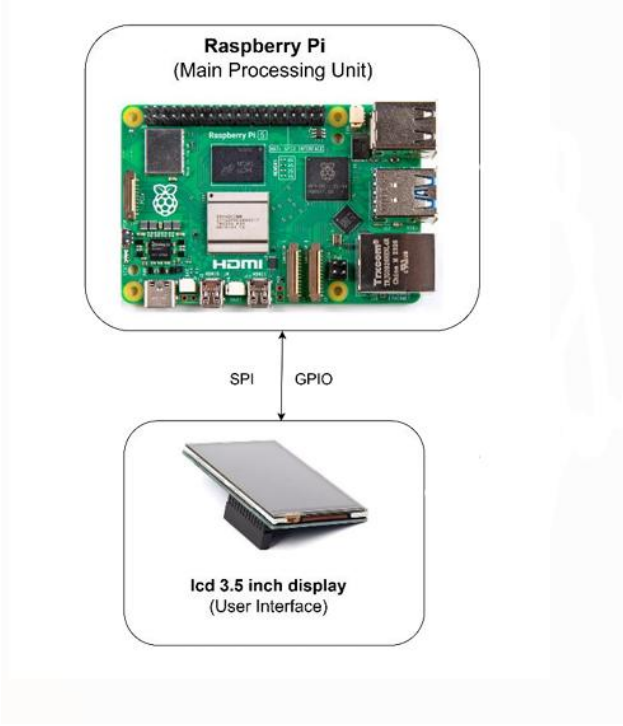
Nhờ vào các đặc điểm này, Raspberry Pi được sử dụng rộng rãi trong việc xây dựng các hệ thống IoT, hệ thống tự động hóa và các dự án nghiên cứu trong lĩnh vực công nghệ. Trong đề tài này, Raspberry Pi được sử dụng làm thiết bị trung tâm của hệ thống, có nhiệm vụ: Thu thập dữ liệu từ các cảm biến; Xử lý dữ liệu cảm biến; Chạy mô hình trí tuệ nhân tạo; Hiển thị dữ liệu trên màn hình LCD; Gửi dữ liệu lên hệ thống cloud.

Raspberry Pi được thiết kế với nhiều thành phần phần cứng giúp nó có thể hoạt động như một máy tính thu nhỏ.

Bảng 3.2 Các thành phần phần cứng chính của Raspberry Pi

Bộ xử lý trung tâm (CPU)	CPU của Raspberry Pi chịu trách nhiệm xử lý các tác vụ tính toán và điều khiển hệ thống. Raspberry Pi 4 được trang bị bộ vi xử lý ARM Cortex-A72 với hiệu năng đủ mạnh để chạy các ứng dụng Python và các thuật toán học máy cơ bản.
Bộ nhớ RAM	RAM được sử dụng để lưu trữ dữ liệu tạm thời trong quá trình hệ thống hoạt động. Raspberry Pi 4 có nhiều phiên bản RAM khác nhau như 2GB, 4GB hoặc 8GB.Trong đề tài này, RAM được sử dụng để: Lưu dữ liệu cảm biến, xử lý dữ liệu AI, chạy giao diện hệ thống.
GPIO (General Purpose Input Output)	GPIO là các chân giao tiếp giúp Raspberry Pi kết nối với các thiết bị ngoại vi như cảm biến và thiết bị điều khiển. Thông qua các chân GPIO,

	Raspberry Pi có thể: đọc dữ liệu từ cảm biến, điều khiển thiết bị điện tử, giao tiếp với các module ngoại vi
Kết nối mạng	Raspberry Pi hỗ trợ nhiều phương thức kết nối mạng như: WiFi, Ethernet, Bluetooth. Trong hệ thống của đề tài, Raspberry Pi sử dụng kết nối WiFi để gửi dữ liệu lên Firebase và nhận lệnh điều khiển từ web dashboard.
Cổng hiển thị	Raspberry Pi hỗ trợ kết nối với nhiều loại màn hình khác nhau thông qua cổng HDMI hoặc màn hình cảm ứng chuyên dụng. Trong đề tài này, hệ thống sử dụng màn hình LCD 3.5 inch để hiển thị dữ liệu cảm biến và trạng thái của hệ thống.



Hình 3.2 Cấu trúc phần cứng Raspbeerry Pi

a. Lý do lựa chọn Raspberry Pi cho đề tài

Có nhiều thiết bị có thể được sử dụng trong các hệ thống IoT như Arduino, ESP32 hoặc các bộ điều khiển công nghiệp. Tuy nhiên, Raspberry Pi được lựa chọn trong đề tài này vì một số lý do sau:

- Khả năng xử lý mạnh: Raspberry Pi có khả năng xử lý dữ liệu tốt hơn so với nhiều vi điều khiển truyền thống. Điều này cho phép hệ thống có thể chạy các thuật toán trí tuệ nhân tạo trực tiếp trên thiết bị.
- Hỗ trợ hệ điều hành Linux: Raspberry Pi có thể chạy hệ điều hành Linux, cho phép lập trình bằng nhiều ngôn ngữ như Python, C++ hoặc Java. Việc sử dụng Linux giúp việc phát triển phần mềm trở nên dễ dàng hơn.
- Hỗ trợ nhiều thư viện lập trình: Raspberry Pi có hệ sinh thái phần mềm phong phú với nhiều thư viện hỗ trợ cho việc xây dựng các hệ thống IoT. Trong đề tài này, các thư viện Python được sử dụng bao gồm: Numpy – Scikit Learn – Firebase admin – Tkinter.
- Khả năng kết nối linh hoạt: Raspberry Pi hỗ trợ nhiều giao thức kết nối giúp hệ thống có thể dễ dàng tích hợp với các thiết bị khác.
- Chi phí thấp: So với nhiều thiết bị công nghiệp khác, Raspberry Pi có chi phí thấp nhưng vẫn cung cấp hiệu năng tốt, phù hợp với các dự án nghiên cứu và phát triển.

b. Vai trò của Raspberry Pi trong hệ thống cấp thoát nước

Trong hệ thống của đề tài, Raspberry Pi đóng vai trò là bộ điều khiển trung tâm của toàn bộ hệ thống. Các nhiệm vụ chính của Raspberry Pi trong hệ thống bao gồm:

+ Thu thập dữ liệu cảm biến: Raspberry Pi đọc dữ liệu từ các cảm biến môi trường để theo dõi trạng thái của hệ thống nước. Các dữ liệu cảm biến bao gồm: Lưu lương nước – Áp suất – Độ ẩm – Nhiệt độ - Mực nước – Độ pH – Độ đục.

+ Xử lý dữ liệu và phân tích AI: Sau khi thu thập dữ liệu cảm biến, Raspberry Pi sử dụng mô hình AI để phân tích dữ liệu và phát hiện các trạng thái bất thường của hệ thống.

+ Hiển thị dữ liệu trên màn hình LCD: Raspberry Pi hiển thị dữ liệu cảm biến và trạng thái hệ thống trên màn hình LCD 3.5 inch thông qua giao diện được xây dựng bằng thư viện Tkinter.

+ Đồng bộ dữ liệu lên Firebase: Raspberry Pi gửi dữ liệu cảm biến và trạng thái hệ thống lên Firebase Realtime Database để lưu trữ và đồng bộ với web dashboard.

+ Nhận lệnh điều khiển từ web dashboard: Khi người dùng điều khiển hệ thống từ web dashboard, lệnh điều khiển sẽ được gửi lên Firebase và Raspberry Pi sẽ đọc dữ liệu này để thực hiện điều khiển thiết bị.

1.2.2 Màn hình LCD 3.5 inch và giao diện hiển thị hệ thống

Trong các hệ thống IoT, việc hiển thị thông tin trực tiếp trên thiết bị giúp người dùng có thể theo dõi trạng thái hệ thống một cách nhanh chóng mà không cần truy cập vào hệ thống web. Trong đề tài này, hệ thống sử dụng màn hình LCD 3.5 inch được gắn trực tiếp vào Raspberry Pi để hiển thị các thông tin của hệ thống.

Màn hình LCD 3.5 inch là một loại màn hình cảm ứng nhỏ gọn được thiết kế dành riêng cho Raspberry Pi. Màn hình này có khả năng hiển thị giao diện đồ họa và hỗ trợ cảm ứng, giúp người dùng có thể tương tác trực tiếp với hệ thống. Một số đặc điểm chính của màn hình LCD 3.5 inch bao gồm:

+ Kích thước màn hình: 3.5 inch
+ Độ phân giải: 320 × 480 pixels
+ Hỗ trợ cảm ứng
+ Kết nối trực tiếp với Raspberry Pi thông qua cổng GPIO
+ Sử dụng driver điều khiển ILI9486

Nhờ kích thước nhỏ gọn và khả năng hiển thị tốt, màn hình LCD 3.5 inch là lựa chọn phù hợp cho các hệ thống IoT nhúng.

a. Driver điều khiển ILI9486

Màn hình LCD được sử dụng trong hệ thống sử dụng bộ điều khiển hiển thị ILI9486. ILI9486 là một driver điều khiển màn hình TFT LCD, được thiết kế để điều khiển các màn hình hiển thị có độ phân giải trung bình. Driver này chịu trách nhiệm điều khiển các chức năng hiển thị của màn hình như: Hiển thị hình ảnh – hiển thị văn bản – xử lý tín hiệu cảm ứng.

ILI9486 hỗ trợ giao tiếp với Raspberry Pi thông qua giao tiếp SPI (Serial Peripheral Interface). Nhờ giao thức SPI, Raspberry Pi có thể gửi dữ liệu hình ảnh và dữ liệu giao diện đến màn hình LCD. Trong hệ thống của đề tài, driver ILI9486 cho phép Raspberry Pi hiển thị giao diện đồ họa được xây dựng bằng Python.

b. Kết nối màn hình LCD với Raspberry Pi

Màn hình LCD 3.5 inch được kết nối trực tiếp với Raspberry Pi thông qua các chân GPIO. Các chân GPIO được sử dụng để truyền dữ liệu giữa Raspberry Pi và màn hình LCD. Việc kết nối trực tiếp thông qua GPIO giúp hệ thống trở nên gọn gàng và dễ dàng lắp đặt. Sau khi kết nối phần cứng, hệ thống cần cài đặt driver để Raspberry Pi có thể nhận diện và sử dụng màn hình LCD. Sau khi driver được cài đặt thành công, màn hình LCD có thể hoạt động như một màn hình hiển thị chính của hệ thống.

c. Xây dựng giao diện hiển thị bằng Tkinter

Để hiển thị dữ liệu trên màn hình LCD, hệ thống sử dụng thư viện Tkinter của Python để xây dựng giao diện người dùng. Tkinter cho phép xây dựng các giao diện đồ họa với nhiều thành phần như: Cửa sổ hiển thị - nhãn hiển thị dữ liệu – nút điều khiển – bảng thông tin.

Trong hệ thống của đề tài, giao diện Tkinter được thiết kế để hiển thị các thông tin quan trọng của hệ thống như: Dữ liệu cảm biến theo thời gian thực – trạng thái hệ thống

AI – trạng thái thiết bị điều khiển – cảnh báo hệ thống. Giao diện được thiết kế với bố cục rõ ràng nhằm giúp người dùng dễ dàng theo dõi các thông tin của hệ thống.

d. Hiển thị dữ liệu cảm biến trên màn hình

Dữ liệu cảm biến được hiển thị trên màn hình LCD theo thời gian thực. Các thông số được hiển thị bao gồm: Lưu lượng – áp suất – độ ẩm – nhiệt độ - mực nước – độ pH – độ đục. Dữ liệu cảm biến được Raspberry Pi thu thập và cập nhật liên tục trên giao diện Tkinter. Nhờ đó, người dùng có thể theo dõi trạng thái của hệ thống ngay trên thiết bị mà không cần truy cập vào hệ thống web.

e. Hiển thị trạng thái hệ thống và cảnh báo

Ngoài việc hiển thị dữ liệu cảm biến, màn hình LCD còn hiển thị trạng thái hoạt động của hệ thống. Các thông tin trạng thái bao gồm: Trạng thái AI của hệ thống – trạng thái thiết bị - các cảnh báo hệ thống. Khi hệ thống AI phát hiện các trạng thái bất thường như rò rỉ nước hoặc tắc nghẽn đường ống, cảnh báo sẽ được hiển thị trực tiếp trên màn hình LCD. Nhờ đó, người vận hành có thể nhanh chóng nhận biết các vấn đề của hệ thống.

f. Điều khiển thiết bị từ giao diện LCD

Ngoài chức năng hiển thị thông tin, giao diện trên màn hình LCD còn cho phép người dùng điều khiển trực tiếp các thiết bị của hệ thống. Các thiết bị có thể điều khiển bao gồm: Máy bơm – quạt – đèn cảnh báo – còi báo động. Người dùng có thể chuyển đổi giữa hai chế độ: Thủ công và Tự động. Trong chế độ thủ công, người dùng có thể bật hoặc tắt các thiết bị trực tiếp từ giao diện màn hình. Việc cung cấp chức năng điều khiển trực tiếp trên thiết bị giúp hệ thống có thể hoạt động ngay cả khi không có kết nối internet.

1.3 Hạ tầng phần mềm và truyền thông dữ liệu

1.3.1 Firebase Realtime Database

Firebase là một nền tảng phát triển ứng dụng được cung cấp bởi Google nhằm hỗ trợ việc xây dựng các ứng dụng web và ứng dụng di động. Firebase cung cấp nhiều dịch vụ khác nhau như lưu trữ dữ liệu, xác thực người dùng, hosting, phân tích dữ liệu và thông báo theo thời gian thực.

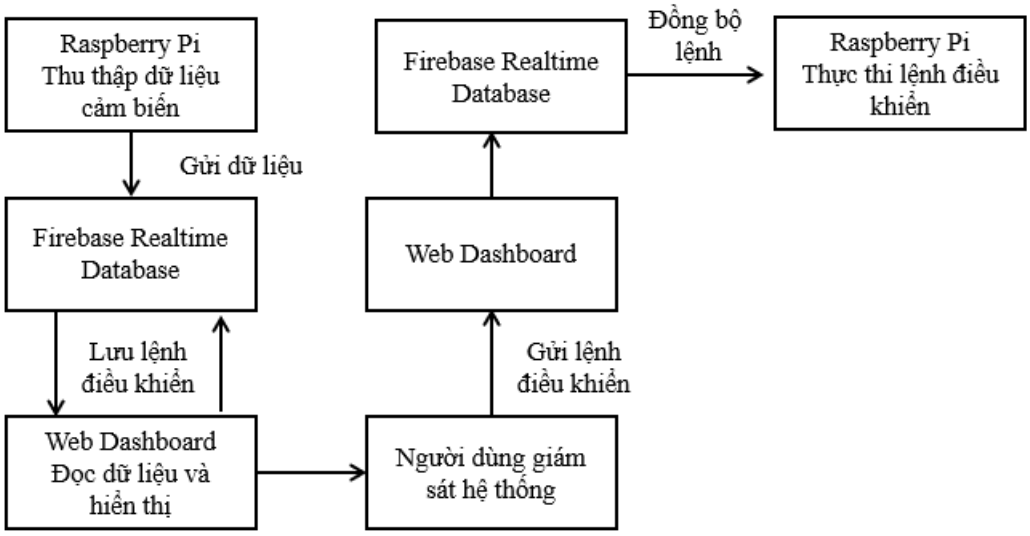
Một trong những dịch vụ quan trọng nhất của Firebase là Firebase Realtime Database, cho phép lưu trữ dữ liệu trên nền tảng cloud và đồng bộ dữ liệu theo thời gian thực giữa các thiết bị. Firebase Realtime Database là một cơ sở dữ liệu dạng NoSQL, trong đó dữ liệu được lưu trữ dưới dạng JSON tree thay vì các bảng như trong các hệ quản trị cơ sở dữ liệu quan hệ truyền thống. Nhờ cơ chế đồng bộ theo thời gian thực, khi

dữ liệu trong database thay đổi, các thiết bị đang kết nối với database sẽ nhận được dữ liệu cập nhật ngay lập tức mà không cần phải tải lại trang hoặc gửi yêu cầu mới.

Trong đề tài này, Firebase Realtime Database được sử dụng làm hệ thống trung gian giúp đồng bộ dữ liệu giữa: Thiết bị Raspberry Pi – Web Dashboard – Hệ thống điều khiển thiết bị. Firebase Realtime Database hoạt động theo mô hình client-server, trong đó dữ liệu được lưu trữ trên máy chủ cloud và các thiết bị client có thể truy cập dữ liệu thông qua kết nối internet.

Quy trình hoạt động của Firebase trong hệ thống đề tài gồm các bước sau:

1. Raspberry Pi thu thập dữ liệu cảm biến
2. Dữ liệu được gửi lên Firebase Realtime Database
3. Web dashboard đọc dữ liệu từ Firebase
4. Người dùng theo dõi dữ liệu trên giao diện web
5. Người dùng gửi lệnh điều khiển từ web
6. Lệnh điều khiển được lưu vào Firebase
7. Raspberry Pi đọc dữ liệu điều khiển và thực thi



Hình 3.3 Sơ đồ trao đổi dữ liệu giữa Raspberry Pi, Firebase và Web Dashboard

Trong hệ thống, Firebase Realtime Database được tổ chức dưới dạng cây dữ liệu JSON gồm các node chức năng như: *sensor_latest, AI_canhbao_latest, history, control_panel* và *login*. Mỗi node đảm nhiệm việc lưu trữ một nhóm dữ liệu riêng biệt, giúp quá trình trao đổi dữ liệu giữa thiết bị IoT, mô hình AI và giao diện Web diễn ra theo thời gian thực, đảm bảo tính đồng bộ và khả năng giám sát – điều khiển liên tục của hệ thống.

a. Node sensor_latest

Node này được sử dụng để lưu trữ dữ liệu cảm biến mới nhất của hệ thống. Các dữ liệu cảm biến bao gồm: Lưu lượng, áp suất, độ ẩm, nhiệt độ, mực nước, độ pH, độ đục. Dữ liệu trong node này được Raspberry Pi cập nhật liên tục theo chu kỳ.

b. Node AI_canhbao_latest

Node này lưu trữ trạng thái phân tích của hệ thống AI. Dữ liệu trong node này bao gồm: Trạng thái hệ thống – Loại lỗi phát hiện – Mức độ cảnh báo. Web dashboard sẽ đọc dữ liệu từ node này để hiển thị trạng thái hệ thống.

c. Node control_panel

Node này được sử dụng để lưu trữ trạng thái của các thiết bị điều khiển trong hệ thống. Các thiết bị được điều khiển bao gồm: máy bơm, quạt, đèn cảnh báo, còi báo động. Khi người dùng điều khiển thiết bị từ web dashboard, trạng thái của thiết bị sẽ được cập nhật trong node này. Raspberry Pi sẽ đọc dữ liệu từ node control_panel để thực hiện điều khiển thiết bị.

d. Node history

Node này được sử dụng để lưu trữ lịch sử hoạt động của hệ thống. Mỗi bản ghi lịch sử bao gồm các thông tin: Người dùng thực hiện hành động; Thời gian thực hiện; Loại hành động; Chi tiết hành động.

Ví dụ một bản ghi lịch sử có thể bao gồm:

Người dùng | Thời gian | Hành động | Chi tiết

111 | 05/03/2026 | DEVICE_SYNC | QUAT ON

111 | 05/03/2026 | DEVICE_SYNC | DEN ON

318 | 05/03/2026 | ON_OFF | COI OFF

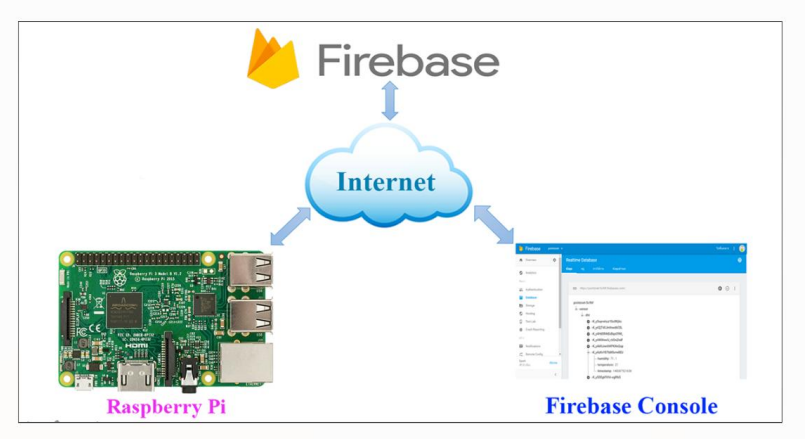
Node history giúp người dùng có thể theo dõi toàn bộ hoạt động của hệ thống.



Hình 3.4 Giao diện lịch sử hoạt động người dùng

e. Node login

Node này được sử dụng để lưu trữ thông tin tài khoản của người dùng. Điểm đặc biệt của hệ thống là tài khoản người dùng không được tạo trên web, mà được tạo trực tiếp trên thiết bị phần cứng. Sau khi tạo tài khoản trên thiết bị, thông tin tài khoản sẽ được lưu vào node login trong Firebase và người dùng có thể sử dụng tài khoản này để đăng nhập vào web dashboard.



Hình 3.5 Mô tả hệ thống trung gian của Firebase Realtime

1.3.2 Web Dashboard và công nghệ phát triển giao diện hệ thống

Web Dashboard là một giao diện quản lý được xây dựng trên nền tảng web cho phép người dùng giám sát và điều khiển hệ thống từ xa thông qua trình duyệt internet. Trong các hệ thống IoT hiện đại, dashboard đóng vai trò rất quan trọng vì nó giúp người dùng có thể theo dõi trạng thái của hệ thống một cách trực quan và thuận tiện. Thay vì phải trực tiếp kiểm tra thiết bị phần cứng, người dùng có thể truy cập hệ thống từ bất kỳ đâu thông qua internet. Trong đề tài này, Web Dashboard được xây dựng nhằm cung cấp các chức năng chính như:

+ Hiển thị dữ liệu cảm biến theo thời gian thực
+ Điều khiển thiết bị từ xa
+ Hiển thị biểu đồ dữ liệu
+ Xem lịch sử hoạt động của hệ thống
+ Theo dõi lỗi hệ thống
+ Tích hợp chatbot AI hỗ trợ người dùng

Dashboard được triển khai trên server và có thể truy cập từ nhiều thiết bị khác nhau như: Máy tính cá nhân, điện thoại thông minh, máy tính bảng.

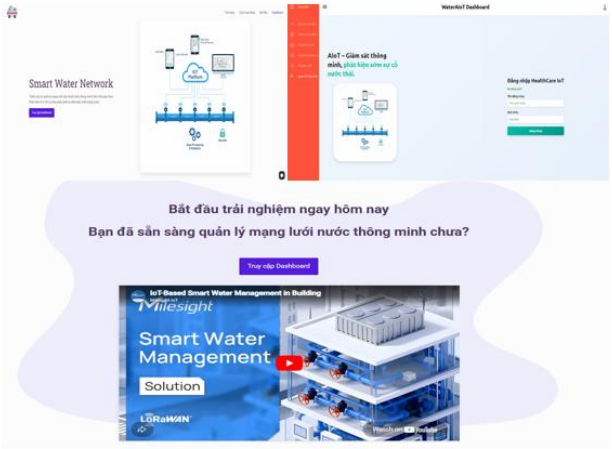
Web Dashboard trong đề tài được xây dựng dựa trên các công nghệ phát triển web cơ bản bao gồm: HTML, CSS, JavaScript. Các công nghệ này được sử dụng để xây

dựng giao diện người dùng, xử lý logic của hệ thống và kết nối với Firebase Realtime Database.

- HTML (HyperText Markup Language) là ngôn ngữ đánh dấu được sử dụng để xây dựng cấu trúc của trang web. Trong hệ thống dashboard của đề tài, HTML được sử dụng để xây dựng các thành phần giao diện như: Trang chủ, trang đăng nhập, bảng dữ liệu cảm biến, bảng điều khiển thiết bị, bảng lịch sử hoạt động, bảng báo lỗi hệ thống. HTML giúp tổ chức các thành phần giao diện theo cấu trúc rõ ràng và dễ dàng quản lý.
- CSS (Cascading Style Sheets) được sử dụng để thiết kế giao diện của dashboard. CSS giúp tạo ra giao diện trực quan và dễ sử dụng cho người dùng. Các thành phần giao diện được thiết kế bằng CSS bao gồm: Bố cục trang web, bảng dữ liệu, biểu đồ, các nút điều khiển, hiệu ứng hiển thị. Nhờ sử dụng CSS, dashboard có thể hiển thị tốt trên nhiều thiết bị khác nhau.
- JavaScript được sử dụng để xử lý logic của hệ thống web dashboard. Trong hệ thống này, JavaScript thực hiện các chức năng như: Đọc dữ liệu từ Firebase, cập nhật dữ liệu cảm biến theo thời gian thực, gửi lệnh điều khiển thiết bị, hiển thị biểu đồ dữ liệu, quản lý lịch sử hoạt động. JavaScript giúp dashboard có thể tương tác trực tiếp với dữ liệu của hệ thống.

a. Chức năng của hệ thống

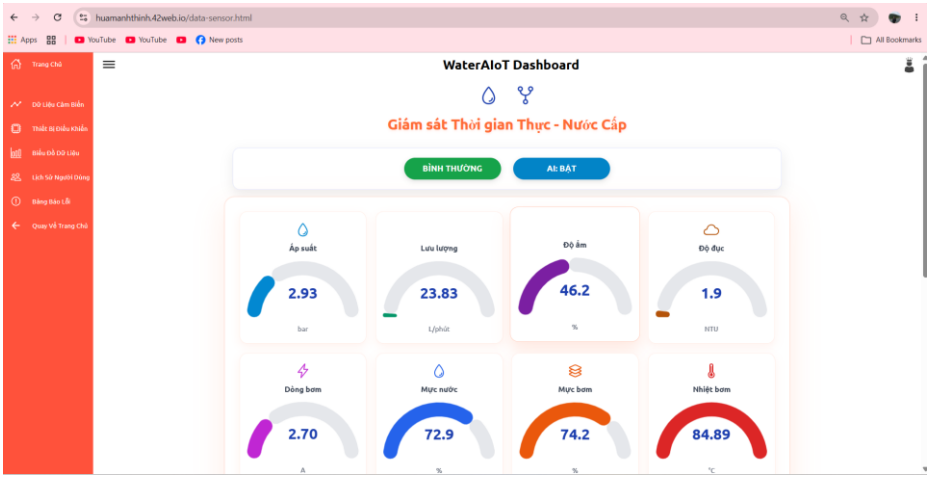
Web dashboard yêu cầu người dùng phải đăng nhập trước khi truy cập các chức năng quản lý hệ thống. Điểm đặc biệt của hệ thống là tài khoản người dùng không được tạo trực tiếp trên web dashboard. Thay vào đó, tài khoản được tạo trên thiết bị phần cứng thông qua giao diện của hệ thống. Sau khi tài khoản được tạo trên thiết bị, thông tin tài khoản sẽ được lưu vào Firebase Realtime Database. Người dùng sau đó có thể sử dụng tài khoản này để đăng nhập vào web dashboard. Cơ chế này giúp đảm bảo rằng chỉ những người được cấp quyền từ thiết bị phần cứng mới có thể truy cập hệ thống.



Hình 3.6 Giao diện Dashboard

b. Trang hiển thị dữ liệu cảm biến

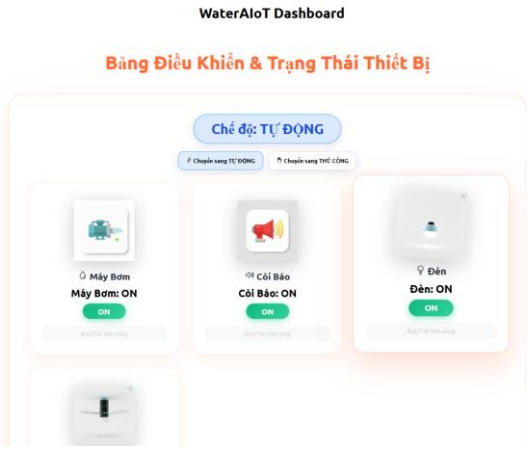
Trang dữ liệu cảm biến cho phép người dùng theo dõi các thông số môi trường của hệ thống theo thời gian thực. Các dữ liệu cảm biến được hiển thị trên dashboard bao gồm: lưu lượng nước, áp suất, độ ẩm, nhiệt độ, mực nước, độ pH, độ đục của nước. Dữ liệu được lấy trực tiếp từ Firebase Realtime Database và được cập nhật liên tục khi dữ liệu mới được gửi lên từ Raspberry Pi. Nhờ đó, người dùng có thể theo dõi trạng thái của hệ thống một cách liên tục.



Hình 3.7 Các dữ liệu cảm biến được hiển thị

c. Trang điều khiển thiết bị

Trang điều khiển thiết bị cho phép người dùng điều khiển các thiết bị trong hệ thống từ xa. Hệ thống hỗ trợ hai chế độ điều khiển, chế độ thủ công và chế độ tự động. Trong chế độ tự động, hệ thống sẽ tự động điều khiển các thiết bị dựa trên kết quả phân tích của hệ thống AI. Trong chế độ thủ công, người dùng có thể điều khiển trực tiếp các thiết bị bao gồm: máy bơm, quạt, đèn cảnh báo, còi báo động. Khi người dùng gửi lệnh điều khiển từ dashboard, trạng thái của thiết bị sẽ được cập nhật trong Firebase. Raspberry Pi sẽ đọc dữ liệu từ Firebase và thực hiện lệnh điều khiển thiết bị.



Hình 3.8 Trang web điều khiển các thiết bị

d. Trang biểu đồ dữ liệu

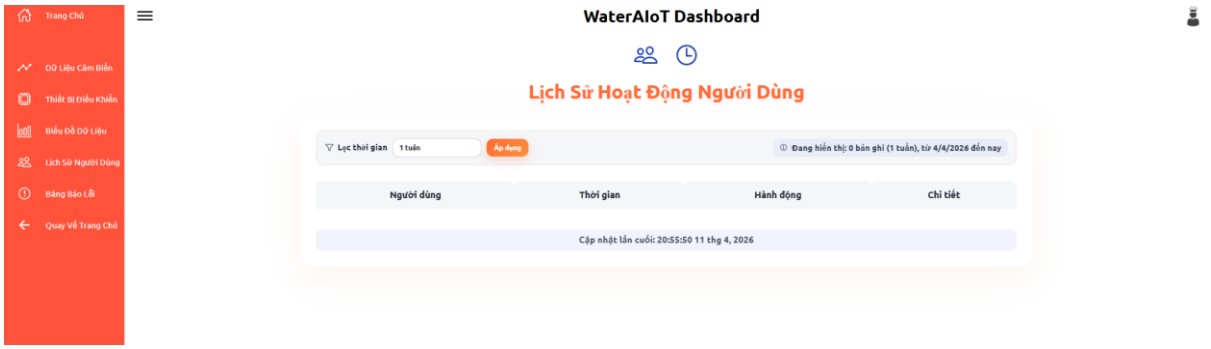
Dashboard cung cấp các biểu đồ giúp người dùng theo dõi sự thay đổi của dữ liệu cảm biến theo thời gian. Các biểu đồ dữ liệu bao gồm: Biểu đồ lưu lượng nước; Biểu đồ áp suất; Biểu đồ nhiệt độ; Biểu đồ độ ẩm; Biểu đồ pH. Dữ liệu của các biểu đồ được lấy từ Firebase Realtime Database và được cập nhật liên tục khi có dữ liệu mới. Việc hiển thị dữ liệu dưới dạng biểu đồ giúp người dùng dễ dàng quan sát xu hướng thay đổi của các thông số môi trường.



Hình 3.9 Trang biểu đồ dữ liệu

e. Trang lịch sử hoạt động của hệ thống

Hệ thống cung cấp chức năng lưu trữ và hiển thị lịch sử hoạt động của người dùng. Trang lịch sử hoạt động cho phép người dùng xem lại toàn bộ các thao tác đã được thực hiện trong hệ thống. Người dùng có thể lọc dữ liệu theo các khoảng thời gian như: 1 ngày – 1 tuần – 1 tháng – 1 năm – toàn bộ lịch sử. Chức năng này giúp người quản lý có thể theo dõi và kiểm tra toàn bộ hoạt động của hệ thống.

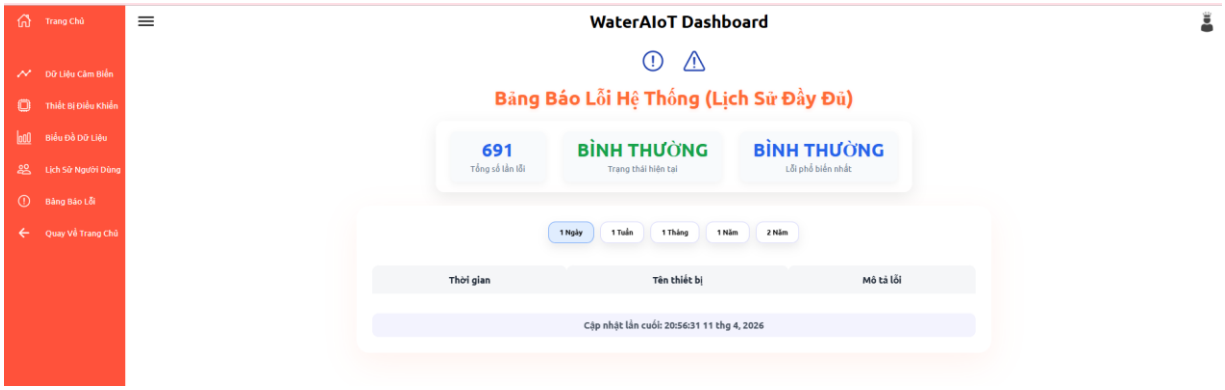


Hình 3.10 Trang lịch sử hoạt động của hệ thống

f. Trang báo lỗi hệ thống

Trang báo lỗi hệ thống cung cấp thông tin về các lỗi đã xảy ra trong quá trình hoạt động của hệ thống. Thông tin lỗi bao gồm thời gian xảy ra lỗi, thiết bị gặp lỗi, mô tả lỗi. Ngoài ra, dashboard cũng hiển thị các thông tin tổng hợp như tổng số lỗi của hệ thống, trạng

thái hiện tại của hệ thống, lỗi phổ biến nhất. Trang báo lỗi giúp người quản lý có thể nhanh chóng xác định các vấn đề của hệ thống.



Hình 3.11 Trang báo lỗi hệ thống

1.3.3 Chatbot AI và Groq API trong hệ thống

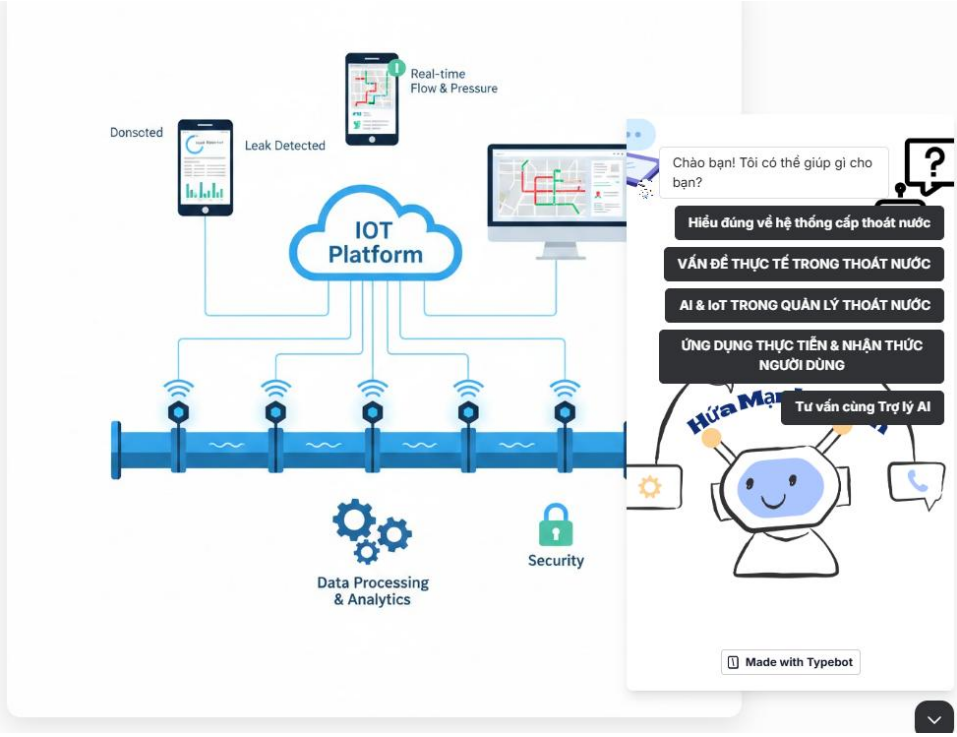
Chatbot AI là một hệ thống phần mềm được thiết kế để mô phỏng cuộc hội thoại giữa con người và máy tính thông qua ngôn ngữ tự nhiên. Chatbot có thể tương tác với người dùng bằng cách trả lời các câu hỏi, cung cấp thông tin hoặc hỗ trợ người dùng thực hiện các thao tác trong hệ thống.

Trong những năm gần đây, sự phát triển mạnh mẽ của các mô hình trí tuệ nhân tạo xử lý ngôn ngữ tự nhiên (Natural Language Processing – NLP) đã giúp các chatbot trở nên thông minh hơn và có khả năng hiểu được ngữ cảnh của cuộc hội thoại. Chatbot AI hiện nay được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực khác nhau như: Dịch vụ khách hàng – hỗ trợ kỹ thuật – hệ thống tư vấn tự động – hệ thống quản lý thông minh. Trong đề tài này, chatbot AI được tích hợp vào web dashboard nhằm hỗ trợ người dùng trong quá trình sử dụng hệ thống. Chatbot có thể giúp người dùng hiểu rõ trạng thái của hệ thống, giải thích các cảnh báo, hướng dẫn sử dụng Dashboard, trả lời các câu hỏi liên quan đến hệ thống.

Việc tích hợp chatbot giúp nâng cao trải nghiệm người dùng và giúp hệ thống trở nên thân thiện hơn. Typebot là một nền tảng xây dựng chatbot trực quan cho phép tạo các luồng hội thoại bằng giao diện kéo thả mà không cần lập trình phức tạp. Typebot cho phép người phát triển thiết kế các kịch bản hội thoại theo từng bước, trong đó mỗi bước có thể bao gồm: Câu hỏi – câu trả lời – các lựa chọn của người dùng – các hành động xử lý dữ liệu.

Một ưu điểm của Typebot là khả năng tích hợp với các API bên ngoài để xử lý các yêu cầu phức tạp hơn. Trong hệ thống của đề tài, Typebot được sử dụng để xây dựng các luồng hội thoại cơ bản của chatbot. Các luồng hội thoại này bao gồm: Giới thiệu hệ thống – hướng dẫn sử dụng dashboard – giải thích các chức năng của hệ thống – hỗ trợ

người dùng khi gặp lỗi. Typebot được nhúng trực tiếp vào trang web thông qua mã nhúng (embed script), cho phép chatbot xuất hiện ngay trên giao diện web dashboard.

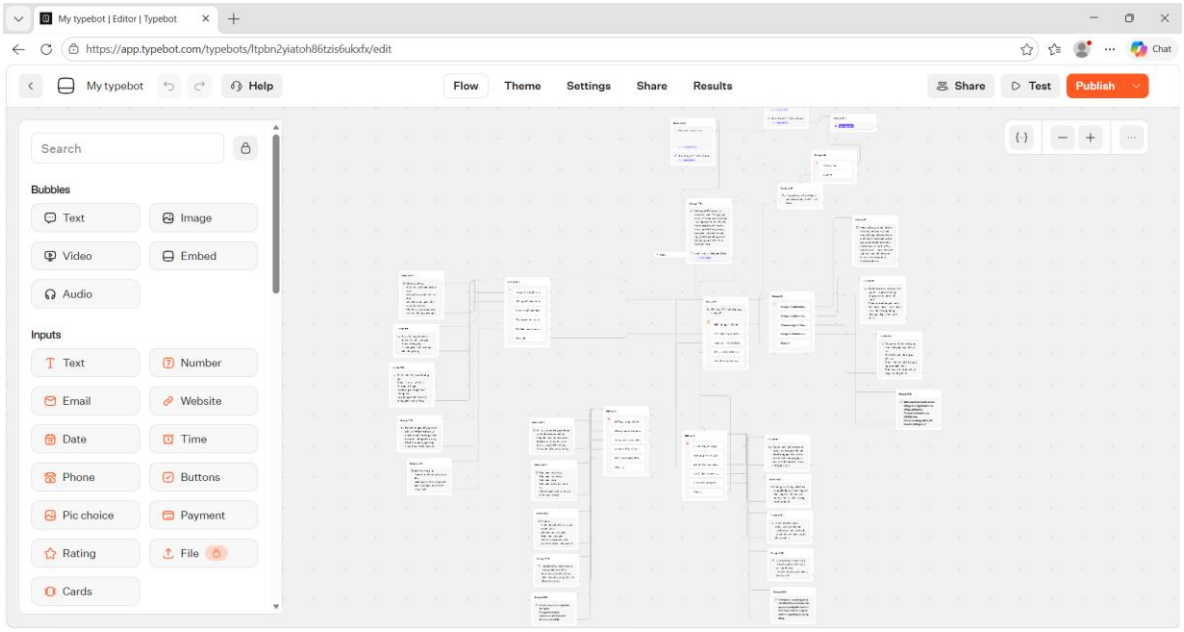


Hình 3.12 Giao diện thiết kế chatbot Typebot

a. Groq API và mô hình AI

Để giúp chatbot có khả năng trả lời các câu hỏi phức tạp của người dùng, hệ thống sử dụng Groq API để kết nối với mô hình trí tuệ nhân tạo. Groq là một nền tảng cung cấp dịch vụ xử lý AI với tốc độ cao, cho phép các ứng dụng gửi yêu cầu đến các mô hình AI để xử lý dữ liệu. Trong hệ thống của đề tài, chatbot sử dụng Groq API để gửi câu hỏi của người dùng đến mô hình AI và nhận lại câu trả lời. Mô hình AI được sử dụng trong hệ thống là LLaMA, một mô hình ngôn ngữ lớn được phát triển để xử lý các tác vụ liên quan đến ngôn ngữ tự nhiên. Các mô hình LLaMA có khả năng: Hiểu câu hỏi của người dùng – phân tích ngữ cảnh – tạo ra câu trả lời phù hợp. Khi người dùng đặt câu hỏi cho chatbot, luồng xử lý sẽ diễn ra như sau:

1. Người dùng nhập câu hỏi vào chatbot
2. Chatbot gửi câu hỏi đến Groq API
3. Groq API chuyển câu hỏi đến mô hình AI
4. Mô hình AI phân tích câu hỏi và tạo câu trả lời
5. Câu trả lời được gửi lại cho chatbot
6. Chatbot hiển thị câu trả lời cho người dùng



Hình 3.13 Luồng hoạt động chatbot AI

b. Vai trò của chatbot trong hệ thống đề tài

Chatbot AI trong hệ thống được thiết kế nhằm hỗ trợ người dùng trong quá trình sử dụng web dashboard. Các chức năng chính của chatbot bao gồm:

+ Hướng dẫn sử dụng hệ thống: Chatbot có thể cung cấp thông tin hướng dẫn người dùng cách sử dụng các chức năng của dashboard.

+ Giải thích trạng thái hệ thống: Khi hệ thống phát hiện lỗi hoặc cảnh báo, chatbot có thể giải thích ý nghĩa của các cảnh báo đó.

+ Hỗ trợ người dùng: Chatbot có thể trả lời các câu hỏi của người dùng liên quan đến hệ thống.

Ví dụ:

+ Hệ thống đang hoạt động như thế nào
+ Dữ liệu cảm biến có ý nghĩa gì
+ Cách điều khiển thiết bị

+ Tăng trải nghiệm người dùng: Việc tích hợp chatbot giúp người dùng có thể tương tác với hệ thống một cách tự nhiên hơn thông qua ngôn ngữ.

c. Lợi ích của việc tích hợp chatbot AI

Việc tích hợp chatbot AI trong hệ thống mang lại nhiều lợi ích quan trọng. Thứ nhất, chatbot giúp người dùng dễ dàng tiếp cận và sử dụng hệ thống hơn. Thứ hai, chatbot có thể hỗ trợ người dùng 24/7 mà không cần sự can thiệp của con người. Thứ ba, chatbot giúp giảm tải cho hệ thống hỗ trợ kỹ thuật bằng cách tự động trả lời các câu hỏi phổ biến. Thứ tư, chatbot giúp hệ thống trở nên hiện đại và thông minh hơn nhờ việc áp dụng các công nghệ trí tuệ nhân tạo.

1.3.4 Thư viện Python và các công nghệ lập trình trong hệ thống

a. Ngôn ngữ lập trình python

Python là một ngôn ngữ lập trình bậc cao được sử dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực như phát triển phần mềm, khoa học dữ liệu, trí tuệ nhân tạo và Internet of Things. Một trong những ưu điểm lớn nhất của Python là cú pháp đơn giản và dễ đọc, giúp việc phát triển phần mềm trở nên nhanh chóng và hiệu quả. Python cũng có một hệ sinh thái thư viện rất phong phú hỗ trợ cho nhiều lĩnh vực khác nhau. Trong đề tài này, Python được sử dụng làm ngôn ngữ lập trình chính để xây dựng hệ thống chạy trên Raspberry Pi. Python được sử dụng để thực hiện các chức năng như thu thập dữ liệu cảm biến, xử lý dư liệu hệ thống, chạy mô hình trí tuệ nhân tạo, xây dựng giao diện hiển thị trên màn hình LCD, đồng bộ dữ liệu với Firebase, quản lý lịch sử hoạt động của hệ thống. Nhờ khả năng hỗ trợ nhiều thư viện mạnh mẽ, Python là một lựa chọn phù hợp cho việc phát triển các hệ thống IoT kết hợp với trí tuệ nhân tạo.

b. Thư viện Tkiner

Tkinter là thư viện giao diện người dùng (GUI) tiêu chuẩn của Python, cho phép xây dựng các ứng dụng có giao diện đồ họa. Trong đề tài này, Tkinter được sử dụng để xây dựng giao diện hiển thị của hệ thống trên màn hình LCD 3.5 inch gắn với Raspberry Pi. Giao diện được xây dựng bằng Tkinter có nhiệm vụ hiển thị các thông tin quan trọng của hệ thống như: Dữ liệu cảm biến theo thời gian thực – Trạng thái của hệ thống AI – Trạng thái thiết bị điều khiển – Các cảnh báo của hệ thống. Ngoài ra, giao diện Tkinter cũng cho phép người dùng thực hiện các thao tác điều khiển thiết bị như: Bật hoặc tắt máy bơm – quạt – đèn – còi. Nhờ sử dụng Tkinter, hệ thống có thể hiển thị dữ liệu trực tiếp trên thiết bị phần cứng mà không cần sử dụng thêm các phần mềm giao diện phức tạp.

c. Thư viện Numpy

NumPy là một thư viện Python được sử dụng để xử lý các phép toán trên mảng và ma trận số. Trong các hệ thống trí tuệ nhân tạo và khoa học dữ liệu, NumPy thường được sử dụng để xử lý và biến đổi dữ liệu trước khi đưa vào các mô hình học máy. Trong đề tài này, NumPy được sử dụng để xử lý dữ liệu cảm biến trước khi đưa vào mô hình AI. Các chức năng chính của NumPy trong hệ thống bao gồm: Tạo vào xử lý các mảng dữ liệu – chuyển đổi dữ liệu cảm biến thành vector đặc trưng – thực hiện các phép tính thống kê. Nhờ NumPy, việc xử lý dữ liệu cảm biến trong hệ thống trở nên nhanh chóng và hiệu quả.

d. Thư viện Scikit – learn

Scikit-learn là một thư viện Python phổ biến được sử dụng trong lĩnh vực học máy. Thư viện này cung cấp nhiều thuật toán học máy khác nhau cho các tác vụ như: Phân loại dữ liệu – hồi quy – phát hiện bất thường – phân cụm dữ liệu. Trong hệ thống của đề tài, Scikit-learn được sử dụng để xây dựng mô hình trí tuệ nhân tạo nhằm phát hiện các trạng thái bất thường của hệ thống. Hai thuật toán học máy được sử dụng trong hệ thống bao gồm: Isolation Forest và Random Forest.

+ Isolation Forest: Isolation Forest là thuật toán được sử dụng để phát hiện các dữ liệu bất thường trong tập dữ liệu. Thuật toán này hoạt động bằng cách cô lập các điểm dữ liệu bất thường thông qua các cây quyết định ngẫu nhiên.

+ Random Forest: Random Forest là thuật toán phân loại dựa trên tập hợp nhiều cây quyết định. Thuật toán này được sử dụng để phân loại các trạng thái lỗi của hệ thống. Nhờ sử dụng các thuật toán này, hệ thống có thể phát hiện các trạng thái như: NORMAL – LEAK – CLOG – PUMPP FAIL – VALVE FAIL – SENSOR_FAIL

e. Thư viện Joblib

Joblib là một thư viện Python được sử dụng để lưu trữ và tải các mô hình học máy. Trong đề tài này, sau khi mô hình AI được huấn luyện, mô hình sẽ được lưu dưới dạng file để có thể sử dụng lại trong hệ thống. Ví dụ mô hình được lưu dưới dạng: water_ai_model.joblib. Khi hệ thống hoạt động, Raspberry Pi sẽ tải mô hình AI từ file này và sử dụng nó để phân tích dữ liệu cảm biến. Việc sử dụng Joblib giúp hệ thống có thể triển khai mô hình AI một cách nhanh chóng mà không cần phải huấn luyện lại mô hình mỗi lần chạy chương trình.

f. Firebase admin SDK

Firebase Admin SDK là một bộ thư viện giúp các ứng dụng backend có thể kết nối và tương tác với các dịch vụ của Firebase. Trong hệ thống của đề tài, Firebase Admin SDK được sử dụng để kết nối Raspberry Pi với Firebase Realtime Database. Thông qua Firebase Admin SDK, Raspberry Pi có thể thực hiện các thao tác như gửi dữ liệu cảm biến lên Firebase, đọc dữ liệu điều khiển, lưu lịch sử hoạt động của hệ thống, quản lý dữ liệu người dùng. Nhờ việc sử dụng Firebase Admin SDK, hệ thống có thể đồng bộ dữ liệu giữa phần cứng và web dashboard theo thời gian thực.

1.4 Ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong giám sát hệ thống nước

1.4.1 Tổng quan Machine Learning

Trong các hệ thống giám sát IoT, việc phát hiện các trạng thái bất thường của hệ thống là một nhiệm vụ rất quan trọng. Các trạng thái bất thường có thể xảy ra do nhiều nguyên nhân khác nhau như lỗi thiết bị, rò rỉ hệ thống hoặc các yếu tố môi trường. Nếu các trạng

thái bất thường này không được phát hiện kịp thời, chúng có thể gây ra nhiều hậu quả nghiêm trọng như: Hư hỏng thiết bị - thất thoát tài nguyên – gián đoạn hoạt dộng của hệ thống – tăng chi phí vận hành.

Trong các hệ thống truyền thống, việc phát hiện lỗi thường dựa vào các ngưỡng giá trị cố định. Ví dụ, nếu áp suất vượt quá một mức nhất định thì hệ thống sẽ đưa ra cảnh báo. Tuy nhiên, phương pháp này có nhiều hạn chế vì các hệ thống thực tế thường có nhiều biến số phức tạp và các trạng thái bất thường không phải lúc nào cũng có thể xác định bằng các ngưỡng đơn giản. Do đó, việc áp dụng các thuật toán học máy (Machine Learning) để phân tích dữ liệu cảm biến và phát hiện các trạng thái bất thường là một giải pháp hiệu quả hơn. Trong đề tài này, hệ thống sử dụng các thuật toán học máy để phân tích dữ liệu cảm biến và phát hiện các trạng thái bất thường của hệ thống nước.

1.4.2 Thuật toán Isolation Forest

Isolation Forest là một thuật toán học máy được sử dụng để phát hiện các điểm dữ liệu bất thường trong tập dữ liệu. Nguyên lý hoạt động của Isolation Forest dựa trên việc cô lập các điểm dữ liệu bất thường thông qua các cây quyết định ngẫu nhiên. Các điểm dữ liệu bình thường thường cần nhiều bước phân tách để được cô lập, trong khi các điểm dữ liệu bất thường thường có thể được cô lập chỉ sau một vài bước. Nhờ đặc điểm này, thuật toán Isolation Forest có thể xác định các điểm dữ liệu bất thường một cách hiệu quả. Trong hệ thống của đề tài, Isolation Forest được sử dụng để xác định xem dữ liệu cảm biến có nằm ngoài phạm vi hoạt động bình thường của hệ thống hay không.

1.4.3. Thuật toán Random Forest

Sau khi phát hiện dữ liệu bất thường bằng Isolation Forest, hệ thống tiếp tục sử dụng thuật toán Random Forest để phân loại trạng thái lỗi của hệ thống. Random Forest là một thuật toán học máy dựa trên tập hợp nhiều cây quyết định. Mỗi cây quyết định sẽ đưa ra một dự đoán và kết quả cuối cùng được xác định dựa trên đa số các dự đoán của các cây quyết định. Trong hệ thống của đề tài, Random Forest được sử dụng để phân loại các trạng thái của hệ thống như: NORMAL – LEAK – CLOG – PUMPP FAIL – VALVE FAIL – SENSOR_FAIL. Nhờ việc sử dụng Random Forest, hệ thống có thể xác định loại lỗi của hệ thống một cách chính xác.

1.4.4. Quy trình dự đoán của mô hình AI

Quy trình dự đoán của mô hình AI trong hệ thống diễn ra theo các bước sau:

1. Raspberry Pi thu thập dữ liệu cảm biến
2. dữ liệu được lưu vào bộ đệm
3. hệ thống tạo vector đặc trưng
4. dữ liệu được chuẩn hóa

5. mô hình Isolation Forest phát hiện bất thường
6. nếu dữ liệu bất thường, Random Forest phân loại lỗi
7. kết quả dự đoán được hiển thị trên hệ thống

Sau khi mô hình AI đưa ra kết quả dự đoán, trạng thái của hệ thống sẽ được hiển thị trên màn hình LCD sau đó gửi lên Firebase, cuối cùng hiển thị trên Web Dashboard. Nhờ đó, người dùng có thể theo dõi trạng thái của hệ thống theo thời gian thực.

1.5 Mô hình mô phỏng và kiến trúc hệ thống

1.5.1 Mô hình ScenarioTwin mô phỏng dữ liệu cảm biến trong hệ thống

Trong quá trình phát triển các hệ thống IoT, việc thu thập dữ liệu thực tế từ môi trường có thể gặp nhiều khó khăn. Việc triển khai hệ thống cảm biến trong môi trường thực đôi khi đòi hỏi chi phí cao và thời gian triển khai dài. Ngoài ra, trong quá trình nghiên cứu và thử nghiệm hệ thống trí tuệ nhân tạo, cần phải có nhiều loại dữ liệu khác nhau để kiểm tra khả năng hoạt động của mô hình. Để giải quyết vấn đề này, nhiều hệ thống IoT sử dụng các mô hình mô phỏng dữ liệu nhằm tạo ra dữ liệu giả lập nhưng vẫn phản ánh được các trạng thái hoạt động của hệ thống.

Trong đề tài này, một mô hình mô phỏng dữ liệu có tên ScenarioTwin được xây dựng để tạo ra các dữ liệu cảm biến giả lập cho hệ thống. ScenarioTwin cho phép mô phỏng nhiều trạng thái hoạt động khác nhau của hệ thống nước, từ trạng thái hoạt động bình thường cho đến các trạng thái lỗi. Việc sử dụng mô hình mô phỏng giúp hệ thống có thể: Kiểm thử các thuật toán AI – mô phỏng nhiều trạng thái hệ thống khác nhau – kiểm tra khả năng phát hiện lỗi của hệ thống – giảm sự phụ thuộc vào dữ liệu thực tế. ScenarioTwin được xây dựng dựa trên ý tưởng của Digital Twin. Digital Twin là một mô hình kỹ thuật số của một hệ thống vật lý. Mô hình này có thể mô phỏng hoạt động của hệ thống trong môi trường ảo. Digital Twin thường được sử dụng trong các lĩnh vực như: Sản xuất công nghiệp – hệ thống năng lượng – hệ thống giao thông – hệ thống IoT.

Trong hệ thống của đề tài, ScenarioTwin đóng vai trò như một Digital Twin của hệ thống nước, cho phép mô phỏng các trạng thái khác nhau của hệ thống. Nhờ đó, hệ thống có thể kiểm tra khả năng hoạt động của mô hình AI trong nhiều tình huống khác nhau. ScenarioTwin cho phép mô phỏng nhiều trạng thái hoạt động khác nhau của hệ thống. Các trạng thái chính bao gồm: Normal – Leak – Clog – Pump Fail – Valve Fail – Sénor Fail – Random.

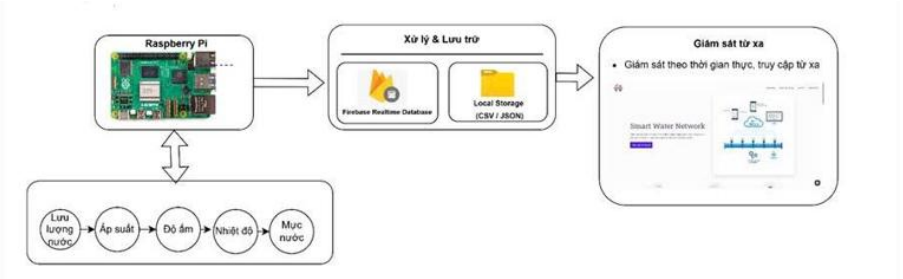
Bảng 3.3 Các kịch bản mô phỏng của hệ thống

Kịch bản	**Lưu lượng (L/phút)**	**Áp suất (bar)**	**Độ ẩm (%)**	**Dòng bơm (A)**	**Nhiệt bơm (°C)**	**Rung (g)**	**Vị trí van (%)**	**Dấu hiệu nổi bật nhất**
NORMAL (Bình thường)	44.6 – 47.0 (~45.8)	2.59 – 2.75 (~2.67)	46 – 50 (~47.9)	3.71 – 3.95 (~3.82)	36.2 – 39.7 (~38)	0.05 – 0.07 (~0.06)	68.5 – 71.5 (~70)	Tất cả thông số ổn định, trong giới hạn bình thường
CLOG (Tắc nghẽn)	19.9 – 34.6 (~26.7)	3.52 – 4.56 (~4.08)	46 – 50 (~48)	4.48 – 5.79 (~5.17)	36.1 – 39.4 (~37.7)	0.10 – 0.17 (~0.13)	68.5 – 71.4 (~70)	Lưu lượng thấp + Áp suất cao + Dòng & Rung tăng
LEAK (Rò rỉ)	38.6 – 54.3 (~46.8)	1.82 – 2.42 (~2.11)	56.9 – 74.5 (~66)	3.71 – 3.94 (~3.84)	36.1 – 39.8 (~37.9)	0.05 – 0.07 (~0.06)	68.5 – 71.5 (~70)	Độ ẩm tăng mạnh + Áp suất giảm
VALVE_FAIL (Lỗi van)	21.5 – 46.4 (~34.5)	3.01 – 6.79 (~4.76)	46 – 50 (~48)	3.88 – 6.0 (~4.84)	36 – 39.6 (~37.7)	0.05 – 0.07 (~0.06)	9 – 90 (~45)	Vị trí van lệch xa lệnh (kẹt)
PUMP_FAIL (Lỗi bơm)	29.7 – 40.5 (~34.3)	2.60 – 2.75 (~2.67)	46 – 50 (~47.9)	4.99 – 7.4 (~6.32)	41 – 95 (~88.5)	0.13 – 0.29 (~0.22)	68.5 – 71.5 (~70)	Dòng bơm cao + Nhiệt bơm rất cao + Rung cao
SENSOR_FAIL (Hỏng cảm biến)	44.6 – 260 (có thể rất cao)	2.61 – 20 (có thể rất cao)	46 – 99 (có thể rất cao)	3.72 – 3.95 (~3.82)	36.2 – 38.8 (~37.3)	0.05 – 0.07 (~0.06)	68.6 – 71.5 (~70)	Giá trị bất thường đột ngột (spike, freeze, drift) ở 2 cảm biến ngẫu nhiên

1.5.2 Kiến trúc tổng thể của hệ thống AIoT trong đề tài

Hệ thống giám sát và điều khiển hệ thống nước thông minh trong đề tài được xây dựng dựa trên mô hình AIoT (Artificial Intelligence of Things). Kiến trúc của hệ thống được thiết kế nhằm kết hợp giữa các thành phần phần cứng, phần mềm và nền tảng cloud để tạo thành một hệ thống hoàn chỉnh có khả năng: thu thập dữ liệu cảm biến – phân

tích dữ liệu bằng trí tuệ nhân tạo – hiển thị dữ liệu cho người dùng – cho phép điều khiển thiết bị từ xa.



Hình 3.14 Hệ thống giám sát và điều khiển hệ thống nước thông minh bằng IoT

Các thành phần này được kết nối với nhau thông qua mạng internet nhằm tạo ra một hệ thống giám sát thông minh có khả năng hoạt động theo thời gian thực.

a. Lớp thiết bị IoT (IoT Device Layer)

Lớp thiết bị IoT là lớp thấp nhất của hệ thống, bao gồm các thiết bị phần cứng được sử dụng để thu thập dữ liệu từ môi trường. Các thiết bị trong lớp này bao gồm: các cảm biến môi trường, các thiết bị điều khiển, Raspberry Pi. Các cảm biến có nhiệm vụ thu thập các dữ liệu môi trường liên quan đến hoạt động của hệ thống nước như:lưu lượng nước, áp suất, độ ẩm, nhiệt độ, mức nước, độ pH, độ đục. Dữ liệu từ các cảm biến được gửi đến Raspberry Pi để xử lý. Ngoài ra, Raspberry Pi cũng được kết nối với các thiết bị điều khiển như:máy bơm, quạt, đèn cảnh báo, còi báo động Các thiết bị này có thể được điều khiển thông qua hệ thống.

b. Lớp xử lý dữ liệu (Edge Processing Layer)

Lớp xử lý dữ liệu là nơi thực hiện các tác vụ xử lý và phân tích dữ liệu của hệ thống. Trong hệ thống của đề tài, lớp này được triển khai trực tiếp trên Raspberry Pi. Các chức năng chính của lớp xử lý dữ liệu bao gồm: Thu thập dữ liệu từ các cảm biến – xử lý dữ liệu cảm biến – tạo vector đặc trưng cho mô hình AI – phân tích dữ liệu bằng trí tuệ nhân tạo – phát hiện các trạng thái bất thường. Mô hình AI trong hệ thống sử dụng các thuật toán học máy như: Isolation Forest, Random Forest Kết quả phân tích của mô hình AI được sử dụng để xác định trạng thái hoạt động của hệ thống. Các trạng thái có thể bao gồm: Normal – Leak – Clog – Pump Fail – Valve Fail – Sensor Fail.

c. Lớp lưu trữ dữ liệu (Cloud Data Layer)

Lớp lưu trữ dữ liệu của hệ thống được xây dựng dựa trên nền tảng Firebase Realtime Database. Firebase đóng vai trò là hệ thống lưu trữ và đồng bộ dữ liệu giữa các thành phần của hệ thống. Các loại dữ liệu được lưu trữ trong Firebase bao gồm: Dữ liệu cảm biến – Trạng thái hệ thống AI – trạng thái thiết bị điều khiển – lịch sử hoạt động – thông tin tài khoản người dùng. Firebase cho phép dữ liệu được đồng bộ theo thời gian thực

giữa Raspberry Pi và web dashboard. Nhờ đó, khi dữ liệu trong hệ thống thay đổi, các thiết bị kết nối với Firebase sẽ nhận được dữ liệu cập nhật ngay lập tức.

d. Lớp ứng dụng (Application Layer)

Lớp ứng dụng là lớp cung cấp giao diện cho người dùng để tương tác với hệ thống. Trong đề tài này, lớp ứng dụng bao gồm hai thành phần chính: Giao diện hiển thị trên màn hình LCD – Web dashboard quản lý hệ thống. Màn hình LCD 3.5 inch được sử dụng để hiển thị các thông tin của hệ thống trực tiếp trên thiết bị. Các thông tin hiển thị bao gồm: Dữ liệu cảm biến – trạng thái hệ thống – cảnh báo hệ thống. Trong khi đó, web dashboard cho phép người dùng truy cập và quản lý hệ thống từ xa thông qua trình duyệt web. Các chức năng của web dashboard bao gồm: Hiển thị dữ liệu cảm biến – điều khiển thiết bị - hiển thị biểu đồ dữ liệu – xem lịch sử hoạt động – theo dõi lỗi hệ thống.

e. Hệ thống chatbot AI

Một thành phần đặc biệt của hệ thống là chatbot AI được tích hợp trong web dashboard. Chatbot được xây dựng dựa trên nền tảng Typebot và sử dụng Groq API để kết nối với mô hình trí tuệ nhân tạo. Chatbot có thể hỗ trợ người dùng: Giải thích trạng thái hệ thống – hướng dẫn sử dụng dashboard – trả lời các câu hỏi liên quan đến hệ thống. Việc tích hợp chatbot giúp hệ thống trở nên thân thiện hơn với người dùng. Luồng hoạt động của hệ thống: Luồng hoạt động của hệ thống diễn ra theo các bước sau:

1. Cảm biến thu thập dữ liệu môi trường
2. Dữ liệu được gửi đến Raspberry Pi
3. Raspberry Pi xử lý dữ liệu và phân tích AI
4. Kết quả được hiển thị trên màn hình LCD
5. Dữ liệu được gửi lên Firebase
6. Web dashboard đọc dữ liệu từ Firebase
7. Người dùng theo dõi dữ liệu trên dashboard
8. Người dùng có thể điều khiển thiết bị từ xa

Nhờ kiến trúc này, hệ thống có thể giám sát và điều khiển thiết bị theo thời gian thực.

CHƯƠNG 2. PHÂN TÍCH VÀ THIẾT KẾ HỆ THỐNG

2.1 Thiết kế phần cứng của hệ thống

Trong hệ thống giám sát và điều khiển nước thông minh của đề tài, phần cứng đóng vai trò là nền tảng vật lý cho toàn bộ hệ thống AIoT. Phần cứng chịu trách nhiệm thu thập dữ liệu từ môi trường, xử lý dữ liệu ban đầu và điều khiển các thiết bị thực tế. Thiết kế phần cứng của hệ thống được xây dựng xoay quanh thiết bị trung tâm là Raspberry Pi 4, kết hợp với màn hình hiển thị LCD, các cảm biến môi trường và các thiết bị điều khiển. Mục tiêu của thiết kế phần cứng phải đảm bảo khả năng thu thập dữ liệu môi trường theo thời gian thực, hỗ trỡ hiển thị thông tin trực tiếp trên thiết bị, cho phép người dùng điều khiển các thiết bị của hệ thống và đảm bảo hệ thống hoạt động ổn định và dễ mở rộng. Các thành phần chính của phần cứng bao gồm Raspberry Pi 4 đóng vai trò trung tâm xử lý, 1 màn hình LCD 3.5 inch, các thiết bị điều khiển như quạt, bơm, đèn, còi. Hệ thống nguồn cấp điện và hệ thống cảm biến môi trường. Raspberry Pi 4 được sử dụng làm thiết bị xử lý trung tâm của hệ thống. Đây là một máy tính nhúng có kích thước nhỏ gọn nhưng có khả năng xử lý mạnh mẽ. Một số đặc điểm nổi bật của Raspberry Pi 4 bao gồm:

+ CPU Quad-core ARM Cortex-A72
+ RAM từ 2GB đến 8GB
+ Hỗ trợ WiFi và Bluetooth
+ Hỗ trợ nhiều giao tiếp phần cứng
+ Hệ điều hành Linux

Trong hệ thống của đề tài, Raspberry Pi thực hiện các chức năng chính sau:

+ Thu thập dữ liệu cảm biến
+ Xử lý dữ liệu cảm biến
+ Chạy mô hình trí tuệ nhân tạo
+ Hiển thị dữ liệu trên màn hình LCD
+ Kết nối với Firebase
+ Điều khiển thiết bị thông qua GPIO

Nhờ khả năng xử lý mạnh mẽ và khả năng kết nối đa dạng, Raspberry Pi là nền tảng phù hợp cho các hệ thống AIoT. Hệ thống sử dụng màn hình LCD 3.5 inch để hiển thị thông tin trực tiếp trên thiết bị. Màn hình LCD này được gắn trực tiếp lên Raspberry Pi thông

qua các chân GPIO và sử dụng driver hiển thị ILI9486. Các thông số chính của màn hình bao gồm:

+ Kích thước màn hình: 3.5 inch
+ Độ phân giải: 320 × 480 pixels
+ Hỗ trợ cảm ứng
+ Giao tiếp SPI
+ Driver hiển thị ILI9486

Màn hình LCD cho phép hệ thống hiển thị các thông tin sau: Dữ liệu cảm biến – Trạng thái thiết bị - Trạng thái AI – cảnh báo hệ thống. Việc tích hợp màn hình LCD giúp người dùng có thể theo dõi hệ thống trực tiếp mà không cần truy cập vào web dashboard.



Hình 4.1 Tổng quan phần cứng của hệ thống

Raspberry Pi cung cấp nhiều chân GPIO cho phép kết nối với các thiết bị ngoại vi. Các chân GPIO được sử dụng để: Đọc dữ liệu từ cảm biến – gửi tín hiệu điều khiển đến thiết bị - giao tiếp với màn hình LCD. Mỗi chân GPIO có thể được cấu hình theo nhiều chế độ khác nhau như: Input – Output – PWM – Giao tiếp SPI – Giao tiếp I2C. Việc sử dụng GPIO giúp Raspberry Pi có thể giao tiếp trực tiếp với các thiết bị phần cứng trong hệ thống.

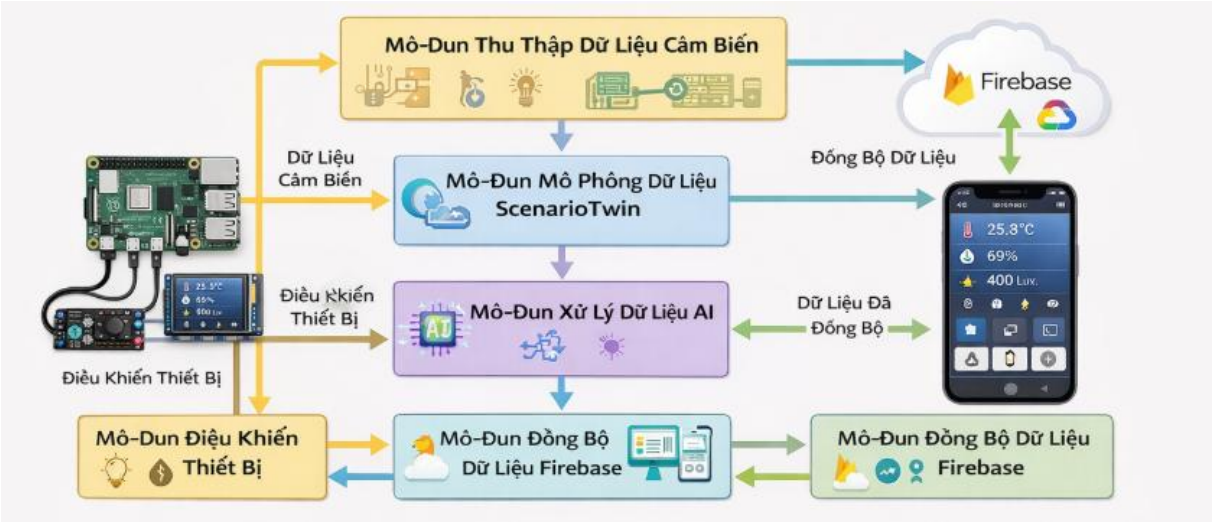
Nguồn cấp điện là một yếu tố quan trọng trong thiết kế phần cứng của hệ thống. Raspberry Pi yêu cầu nguồn cấp điện ổn định để đảm bảo hệ thống hoạt động liên tục. Trong hệ thống của đề tài, nguồn cấp điện được thiết kế để cung cấp điện cho: Raspberry Pi – màn hình LCD – các cảm biến – các thiết bị điều khiển. Nguồn điện phải đảm bảo các yêu cầu sau: Điện áp ổn định – dòng điện đủ lớn – đảm bảo an toàn cho thiết bị. Việc thiết kế hệ thống nguồn phù hợp giúp hệ thống hoạt động ổn định và tránh các sự cố do nguồn điện gây ra.

2.2 Thiết kế phần mềm của hệ thống

Sau khi thiết kế phần cứng của hệ thống, bước tiếp theo là thiết kế kiến trúc phần mềm nhằm đảm bảo hệ thống có thể vận hành ổn định và thực hiện đầy đủ các chức năng đã đề ra. Phần mềm của hệ thống được xây dựng theo mô hình kiến trúc mô-đun (Modular Architecture). Trong kiến trúc này, hệ thống được chia thành nhiều mô-đun độc lập, mỗi mô-đun đảm nhiệm một chức năng riêng. Cách thiết kế này giúp hệ thống có nhiều ưu điểm như dễ dàng bảo trì và nâng cấp hệ thống, giảm sự phụ thuộc giữa các thành phần, tăng khả năng mở rộng của hệ thống, dễ dàng kiểm thử từng thành phần. Phần mềm của hệ thống được triển khai chủ yếu bằng ngôn ngữ Python, chạy trực tiếp trên Raspberry Pi. Các mô-đun chính của phần mềm bao gồm:

Bảng 4.1 Các mô-đun chính và nhiệm vụ của chúng

Mô-đun	**Nhiệm vụ**
Mô-đun thu thập dữ liệu cảm biến	Đọc dữ liệu từ các cảm biến được kết nối với Raspberry Pi: Thu thập dữ liệu từ cảm biến → xử lý dữ liệu thô → Lưu dữ liệu vào bộ đệm → Gửi dữ liệu cho các mô-đun khác.
Mô-đun mô phỏng dữ liệu ScenarioTwin	Tạo ra dữ liệu giả lập trong nhiều kịch bản khác nhau nhằm kiểm tra hệ thống. Mỗi trạng thái sẽ tạo ra giá trị dữ liệu cảm biến khác nhau nhằm mô phỏng các tình huống thực tế của hệ thống.
Mô-đun trí tuệ nhân tạo	Phân tích dữ liệu cảm biến và phát hiện các trạng thái bất thường của hệ thống: Nhận dữ liệu cảm biến → Tạo vector đặc trưng → Chuẩn hóa dữ liệu → Phát hiện bất thường → Phân loại trạng thái hệ thống.
Mô-đun điều khiển thiết bị	Gửi tín hiệu điều khiển đến các thiết bị của hệ thống thông qua các chân GPIO của Raspberry Pi.
Mô-đun giao diện người dùng	Hiển thị dữ liệu cảm biến – Hiển thị trạng thái hệ thống – Hiển thị cảnh báo – Điều khiển thiết bị
Mô-đun đồng bộ dữ liệu Firebase	Dồng bộ dữ liệu giữa Raspberry Pi và hệ thống web dashboard: Dữ liệu cảm biến – Trạng thái thiết bị - trạng thái hệ thống – Lịch sử hoạt động – Thông tin tài khoản.

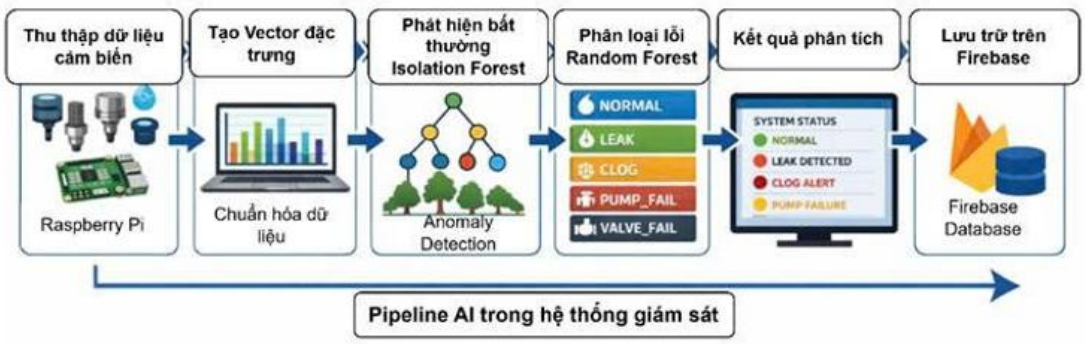


Hình 4.2 Kiến trúc phần mềm của hệ thống

2.3 Thiết kế hệ thống trí tuệ nhân tạo của đề tài

Trong hệ thống giám sát nước thông minh của đề tài, trí tuệ nhân tạo (Artificial Intelligence – AI) được sử dụng để phân tích dữ liệu cảm biến và phát hiện các trạng thái bất thường của hệ thống. Việc tích hợp AI vào hệ thống giúp nâng cao khả năng giám sát và tự động hóa, cho phép hệ thống có thể phát hiện sớm các sự cố và đưa ra cảnh báo kịp thời. Hệ thống AI của đề tài được thiết kế để thực hiện các chức năng chính như phân tích dữ liệu cảm biến, phát hiện các trạng thái bất thường, phân loại lỗi của hệ thống và hỗ trợ ra quyết định điều khiển các thiết bị.

Hệ thống AI được triển khai trực tiếp trên Raspberry Pi và hoạt động như một phần của hệ thống Edge Computing. Để đảm bảo dữ liệu được phân tích chính xác, hệ thống AI sử dụng một pipeline xử lý dữ liệu gồm nhiều bước. Thu thập dữ liệu cảm biến → Tiền xử lý dữ liệu → Tạo vector đặc trưng → Chuẩn hóa dữ liệu → Phát hiện bất thường → Phân loại trạng thái hệ thống → Gửi kết quả đến hệ thống giám sát. Pipeline này giúp đảm bảo dữ liệu được xử lý đúng cách trước khi đưa vào mô hình AI.



Hình 4.3 Các bước của Pipeline AI trong hệ thống giám sát

a. Thu thập dữ liệu cho mô hình AI

Các dữ liệu bao gồm: lưu lượng , áp suất, nhiệt độ, độ ẩm, mực nước, độ pH, độ đục của nước. Dữ liệu cảm biến được lưu trữ tạm thời trong bộ nhớ của hệ thống để phục vụ cho quá trình phân tích. Trong hệ thống, dữ liệu được lưu trữ trong cấu trúc deque nhằm giữ lại một số lượng bản ghi gần nhất của dữ liệu cảm biến. Việc lưu trữ dữ liệu trong deque giúp hệ thống có thể phân tích xu hướng thay đổi của dữ liệu theo thời gian.

b. Tạo vector đặc trưng

Sau khi dữ liệu cảm biến được thu thập, bước tiếp theo là chuyển đổi dữ liệu thành vector đặc trưng. Vector đặc trưng là tập hợp các giá trị số đại diện cho trạng thái của hệ thống tại một thời điểm. Các đặc trưng được sử dụng trong hệ thống bao gồm: giá trị trung bình của dữ liệu – độ biến thiên của dữ liệu – xu hướng thay đổi của dữ liệu. Việc tạo vector đặc trưng giúp mô hình AI có thể hiểu được trạng thái của hệ thống một cách chính xác hơn.

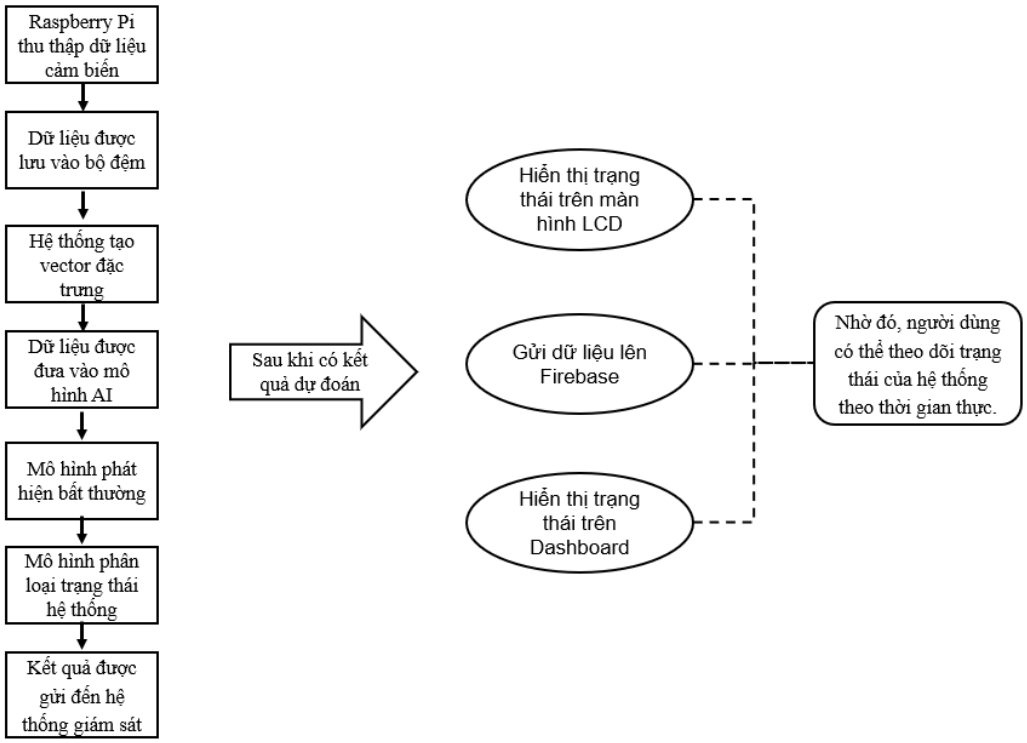
c. Phát hiện bất thường bằng Isolation Forest

Trong hệ thống của đề tài, thuật toán Isolation Forest được sử dụng để phát hiện các dữ liệu bất thường. Isolation Forest là một thuật toán học máy được thiết kế đặc biệt cho bài toán phát hiện bất thường (Anomaly Detection). Nguyên lý hoạt động của thuật toán dựa trên việc cô lập các điểm dữ liệu thông qua các cây quyết định ngẫu nhiên. Các điểm dữ liệu bất thường thường có thể được cô lập nhanh hơn so với các điểm dữ liệu bình thường. Nhờ đó, thuật toán có thể xác định các dữ liệu bất thường một cách hiệu quả. Isolation Forest được sử dụng để xác định xem dữ liệu cảm biến có nằm ngoài phạm vi hoạt động bình thường của hệ thống hay không.

d. Phân loại lỗi bằng Random Forest

Sau khi phát hiện dữ liệu bất thường, hệ thống tiếp tục sử dụng thuật toán Random Forest để phân loại lỗi của hệ thống. Random Forest là một thuật toán học máy dựa trên tập hợp nhiều cây quyết định. Thuật toán hoạt động bằng cách xây dựng nhiều cây quyết định và kết hợp kết quả dự đoán của các cây để đưa ra kết quả cuối cùng. Trong hệ thống của đề tài, Random Forest được sử dụng để phân loại các trạng thái của hệ thống như: Normal – Leak – Clog – Pumb Fail – Valve Fail – Sensor Fail. Việc sử dụng Random Forest giúp hệ thống có thể xác định loại lỗi của hệ thống một cách chính xác.

e. Quy trình suy luận của hệ thống AI



Hình 4.4 Các bước quy trình suy luận của hệ thống AI

Việc tích hợp trí tuệ nhân tạo trong hệ thống giúp nâng cao khả năng giám sát và tự động hóa, AI giúp hệ thống có thể phát hiện lỗi sớm hơn, phân tích dữ liệu cảm biến phức tạp, giảm sự phụ thuộc vào con người, nâng cao hiệu quả vận hành hệ thống. Nhờ AI, hệ thống giám sát nước thông minh trong đề tài có thể hoạt động hiệu quả và đáng tin cậy hơn.

CHƯƠNG 3. TRIỂN KHAI VÀ ĐÁNH GIÁ HỆ THỐNG

3.1 Cấu hình phần cứng

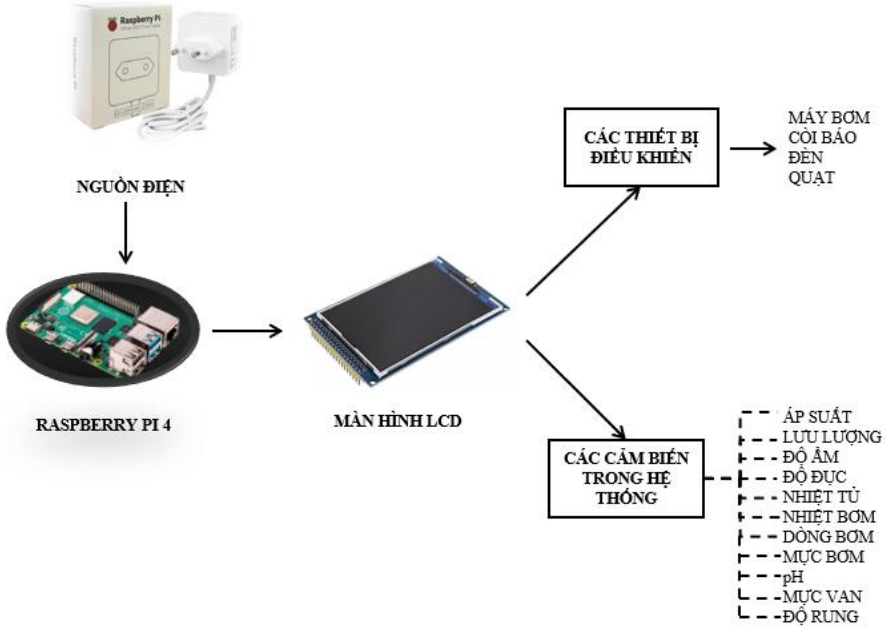
Thiết bị được sử dụng để triển khai hệ thống gồm cấu hình Raspberry Pi: đóng vai trò là trung tâm điều khiển của hệ thống. Thiết bị này chịu trách nhiệm thu thập dữ liệu cảm biến, xử lý dữ liệu và điều khiển các thiết bị của hệ thống. Màn hình LCD 3.5 inch được gắn trực tiếp lên Raspberry Pi nhằm hiển thị các thông tin của hệ thống như dữ liệu cảm biến, trạng thái hệ thống, cảnh báo hệ thống. Các thiết bị điều khiển như máy bơm, quạt, đèn cảnh báo và còi báo động được kết nối với Raspberry Pi thông qua các chân GPIO.

CPU: ARM Cortex

RAM: 4GB

Hệ điều hành: Ubuntu Linux

Kết nối mạng: WiFi / Ethernet



Hình 5.1 Sơ đồ tổng quan phần cứng mô phỏng hệ thống

Sau khi hoàn thành thiết kế phần cứng của hệ thống ở bước trên, bước tiếp theo là tiến hành triển khai các thành phần phần cứng trong môi trường thực tế. Quá trình triển khai phần cứng nhằm đảm bảo các thiết bị được lắp đặt đúng cách và có thể hoạt động ổn định khi kết nối với hệ thống phần mềm. Hệ thống phần cứng của đề tài được xây dựng dựa trên nền tảng Raspberry Pi 4, kết hợp với màn hình hiển thị LCD, các cảm biến và các thiết bị điều khiển. Quá trình triển khai phần cứng bao gồm các bước chính sau:

Lắp đặt Raspberry Pi và màn hình LCD → Kết nối các cảm biến với Raspberry Pi → Két nối các thiết bị điều khiển → Thiết lập hệ thống nguồn → Kiểm tra hoạt động của hệ thống phần cứng. Việc triển khai phần cứng được thực hiện theo đúng sơ đồ thiết kế nhằm đảm bảo hệ thống có thể hoạt động chính xác.

Ngoài việc thu thập dữ liệu cảm biến, hệ thống còn có khả năng điều khiển các thiết bị của hệ thống nước. Các thiết bị bao gồm máy bơm , đèn cảnh báo, quạt, còi báo động. Các thiết bị này được kết nối với Raspberry Pi thông qua các chân GPIO. Để đảm bảo an toàn cho Raspberry Pi, các thiết bị công suất lớn như máy bơm được kết nối thông qua relay module. Relay module đóng vai trò như một công tắc điện tử cho phép Raspberry Pi điều khiển các thiết bị điện. Quá trình kết nối relay bao gồm các bước: Kết nối chân điều khiển relay với GPIO → Kết nối nguồn điện của thiết bị với relay → Kiểm tra tín hiệu điều khiển. Sau khi hoàn thành kết nối, Raspberry Pi có thể bật hoặc tắt các thiết bị thông qua chương trình điều khiển.

Thiết lập hệ thống nguồn : Nguồn cấp điện là một yếu tố quan trọng để đảm bảo hệ thống hoạt động ổn định. Raspberry Pi được cấp nguồn thông qua cổng USB-C với điện áp 5V. Các thiết bị khác trong hệ thống như cảm biến và relay cũng cần được cấp nguồn phù hợp. Hệ thống nguồn được thiết kế để cung cấp điện cho các thành phần như Raspberry Pi, màn hình LCD, các cảm biến, relay module và thiết bị điều khiển.

Nguồn điện cần đảm bảo các yêu cầu như điện áp ổng định, dòng điện đủ lớn và tránh việc nhiễu điện. Việc thiết kế nguồn hợp lý giúp hệ thống hoạt động ổn định và tránh các sự cố do nguồn điện gây ra. Sau khi hoàn thành quá trình lắp đặt và kết nối các thiết bị, hệ thống tiến hành kiểm tra hoạt động của phần cứng. Các bước kiểm tra bao gồm:

+ Kiểm tra màn hình LCD hiển thị
+ Kiểm tra khả năng đọc dữ liệu cảm biến
+ Kiểm tra tín hiệu điều khiển thiết bị
+ Kiểm tra kết nối GPIO

Nếu tất cả các thành phần hoạt động bình thường, hệ thống có thể chuyển sang giai đoạn triển khai phần mềm. Việc kiểm tra phần cứng giúp đảm bảo hệ thống có thể hoạt động ổn định trước khi chạy các chương trình phần mềm.

3.2 Cấu hình phần mềm

Sau khi hoàn thành việc lắp đặt và kiểm tra hệ thống phần cứng, bước tiếp theo là triển khai phần mềm để hệ thống có thể hoạt động hoàn chỉnh. Phần mềm đóng vai trò điều khiển toàn bộ hệ thống, bao gồm việc thu thập dữ liệu cảm biến, phân tích dữ liệu bằng trí tuệ nhân tạo, điều khiển thiết bị và đồng bộ dữ liệu với hệ thống cloud.

Các thư viện Python chính được sử dụng: numpy, scikit – learn, joblib, firebase – admin. Môi trường lập trình được triển khai trực tiếp trên Raspberry Pi. Phần mềm của hệ thống được triển khai trực tiếp trên Raspberry Pi. Hệ điều hành được sử dụng là Raspberry Pi OS, một hệ điều hành dựa trên Linux được tối ưu cho Raspberry Pi. Các công nghệ phần mềm được sử dụng trong hệ thống gồm: Python, Tkinter, Firebase, Realtime, Database, HTML, CSS, JavaScript. Python được sử dụng làm ngôn ngữ lập trình chính của hệ thống. Các mô-đun của hệ thống được xây dựng bằng Python để thực hiện các chức năng như: Thu thập dữ liệu cảm biến → Mô phỏng dữ liệu ScenarioTwin → Phân tích dữ liệu bằng AI → Điều khiển thiết bị → Hiển thị giao diện người dùng. Tkinter được sử dụng để xây dựng giao diện hiển thị trên màn hình LCD. Các thư viện học máy như NumPy và Scikit-learn được sử dụng để triển khai các mô hình trí tuệ nhân tạo trong hệ thống. Quá trình triển khai phần mềm của hệ thống bao gồm các bước chính sau:

+ Cài đặt hệ điều hành Raspberry Pi
+ Cài đặt môi trường Python và các thư viện cần thiết
+ Triển khai chương trình giám sát và điều khiển hệ thống
+ Tích hợp hệ thống trí tuệ nhân tạo
+ Kết nối với Firebase Realtime Database
+ Triển khai web dashboard và chatbot AI

Các bước này giúp đảm bảo hệ thống phần mềm hoạt động ổn định và đáp ứng đầy đủ các chức năng đã thiết kế.



Hình 5.2 Tổng quan cấu hình phần mềm

3.3 Kiểm tra thử chức năng hệ thống

3.3.1 Kiểm thử chức năng hệ thống

Để đánh giá hệ thống, nhiều kịch bản thử nghiệm đã được thực hiện. Các kịch bản thử nghiệm gồm trạng thái bình thường, mô phỏng trạng thái rò rỉ nước, tắc nghẽn, lỗi bơm, lỗi van và lỗi cảm biến. Các dữ liệu được tạo ra từ module ScenarioTwin.

3.3.2 Kiểm tra thử trạng thái bình thường

Trong điều kiện vận hành bình thường (NORMAL), hệ thống AI & IoT được xem là hoạt động ổn định khi các thông số đo từ cảm biến nằm trong giới hạn thiết kế và không xuất hiện các dấu hiệu bất thường. Cụ thể như sau:

+ Lưu lượng nước cấp và thoát (Flow rate), dao động trong khoảng:

$$0{,}8 \times q_{tt} \rightarrow 1{,}2 \times q_{tt} \approx 10{,}0 \rightarrow 15{,}0\ (l/s)$$

(Phù hợp với biến động sử dụng thực tế theo giờ cao điểm và thấp điểm trong khách sạn)

+ Áp lực nước trong hệ thống cấp nước: Duy trì ổn định trong khoảng thiết kế (2.59 – 2.75), đảm bảo cấp nước đầy đủ cho các tầng cao mà không gây quá áp.

+ Mực nước bể chứa (bể mái, bể ngầm): Dao động trong vùng an toàn (30% – 90% dung tích bể), không xảy ra tình trạng cạn hoặc tràn bể.

+ Chất lượng nước thải: Các chỉ số như pH, độ đục, TDS nằm trong ngưỡng cho phép trước khi xả vào hệ thống xử lý.

+ Trạng thái thiết bị (bơm, van, cảm biến): Hoạt động đúng chu trình, không có lỗi hoặc sai lệch tín hiệu.

Dữ liệu từ các cảm biến được thu thập liên tục và đưa vào mô hình AI để phân tích. Trong trạng thái bình thường:

+ Mô hình AI nhận diện dữ liệu nằm trong vùng đã được huấn luyện là **"**an toàn"

+ Không phát hiện các mẫu bất thường.

+ Không có xu hướng tăng/giảm đột ngột của lưu lượng hoặc áp suất

Kết quả hiển thị trên hệ thống:

+ Trạng thái: BÌNH THƯỜNG (NORMAL)

+ Màu hiển thị: Xanh lá

+ Thông báo: Hệ thống hoạt động ổn định (% của dự báo)

+ Không kích hoạt cảnh báo hoặc cảnh báo giả

- Phản hồi của hệ thống điều khiển: Trong trạng thái NORMAL:

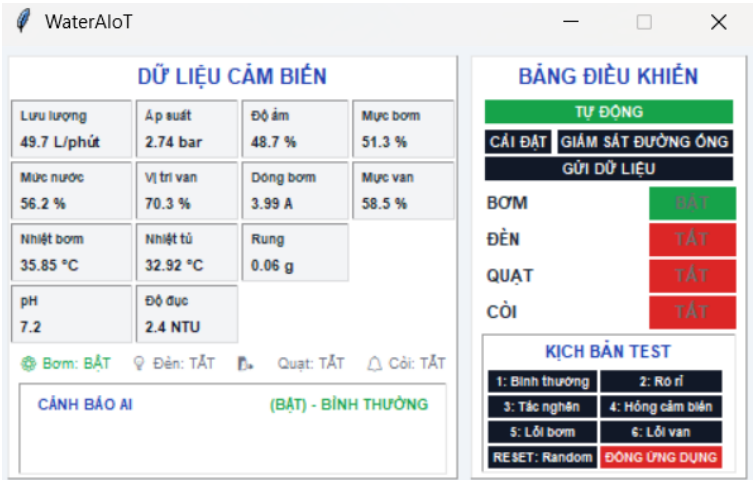
+ Hệ thống không kích hoạt còi, đèn cảnh báo

+ Các thiết bị vận hành theo chế độ tự động: Bơm hoạt động theo mực nước – Van điều tiết theo lưu lượng.

+ Dữ liệu vẫn được: Ghi nhận lên Firebase Realtime Database – Đồng bộ lên hệ thống cloud – Hiển thị tren dashboard và màn hình LCD(Tkinter)

Trạng thái NORMAL cho thấy:

+ Hệ thống cấp thoát nước đáp ứng đúng nhu cầu sử dụng của khách sạn.
+ Không xảy ra rò rỉ, tắc nghẽn hoặc quá tải
+ Hệ thống AI hoạt động chính xác và ổn định
+ Đảm bảo an toàn, tiết kiệm năng lượng và kéo dài tuổi thọ thiết bị



Hình 5.3 Trạng thái bình thường của hệ thống

3.3.3 Kiểm tra thử trạng thái rò rỉ nước

Trong quá trình vận hành hệ thống cấp thoát nước của khách sạn, sự cố rò rỉ nước có thể xảy ra tại đường ống, mối nối hoặc thiết bị. Hệ thống AI & IoT được thiết kế để phát hiện sớm các dấu hiệu này thông qua dữ liệu cảm biến theo thời gian thực.

Dấu hiệu nhận biết từ cảm biến

Khi xảy ra rò rỉ (LEAK), các thông số trong hệ thống có sự thay đổi bất thường so với trạng thái thiết kế ban đầu:

+ Độ ẩm môi trường: Tăng cao bất thường tại khu vực lắp đặt đường ống hoặc thiết bị (ví dụ: > 70–80% trong khu vực kỹ thuật kín)
+ Áp suất đường ống: Giảm đột ngột so với giá trị ổn định (ví dụ: từ ~2,67 bar giảm xuống < 2.5 bar)
+ Lưu lượng nước: Có sự sai lệch so với lưu lượng tính toán, cụ thể lưu lượng tăng bất thường (do nước thất thoát liên tục), hoặc lưu lượng không phù hợp với nhu cầu sử dụng thực tế (ban đêm vẫn cao).
+ Mực nước bể chứa: Giảm nhanh hơn bình thường mặc dù nhu cầu sử dụng không tăng tương ứng

Phân tích của hệ thống AI

Dữ liệu từ các cảm biến được đưa vào mô hình AI (đã được huấn luyện trước bằng dữ liệu NORMAL và các kịch bản giả lập). Khi xuất hiện rò rỉ:

- AI phát hiện mẫu bất thường dựa trên:
- Sự kết hợp của áp suất giảm + lưu lượng bất thường + độ ẩm tăng
- So sánh với dữ liệu lịch sử và mô hình dự đoán
- Xác định trạng thái hệ thống không còn nằm trong vùng an toàn

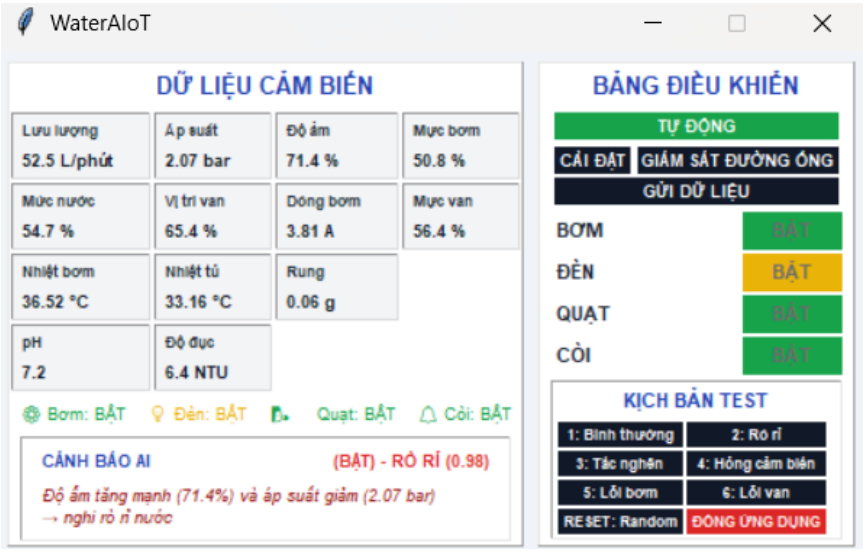
Kết luận của AI:

- Trạng thái: LEAK (RÒ RỈ)
- Mức độ: Có thể phân cấp (nhẹ – trung bình – nghiêm trọng) tùy theo độ lệch dữ liệu

Phản ứng của hệ thống khi phát hiện LEAK

Ngay khi AI xác định có rò rỉ, hệ thống sẽ tự động kích hoạt các cơ chế cảnh báo và điều khiển:

- **Cảnh báo:**
  - Hiển thị trạng thái LEAK trên màn hình LCD (Tkinter)
  - Gửi cảnh báo lên dashboard web
  - Thông báo qua hệ thống cloud (Firebase)
  - Kích hoạt đèn/còi cảnh báo tại phòng kỹ thuật.
- **Điều khiển thiết bị:**
  - Tự động đóng van khu vực nghi ngờ rò rỉ (6 vùng)
  - Giảm hoặc ngắt bơm để hạn chế thất thoát nước
  - Chuyển hệ thống sang chế độ an toàn
- **Ghi nhận dữ liệu:**
  - Lưu lại toàn bộ dữ liệu sự cố lên hệ thống
  - Phục vụ cho phân tích và bảo trì sau này



Hình 5.4 Trạng thái rò rỉ của hệ thống

3.3.4 Kiểm tra thử trạng thái tắc nghẽn

Trong quá trình vận hành hệ thống thoát nước của khách sạn, hiện tượng tắc nghẽn (CLOG) có thể xảy ra do tích tụ chất rắn, rác thải hoặc cặn bẩn trong đường ống. Đây là một sự cố phổ biến, đặc biệt trong hệ thống thoát nước thải xám và nước thải đen.

Dấu hiệu nhận biết từ cảm biến

Khi xảy ra tắc nghẽn, các thông số thủy lực trong hệ thống có sự thay đổi rõ rệt:

+ Áp suất trong đường ống (Pressure): Tăng cao bất thường do dòng chảy bị cản trở (ví dụ: từ ~3.0–3.5 bar tăng lên > 4.5 bar tại khu vực trước điểm tắc)

+ Lưu lượng nước (Flow rate): Giảm so với lưu lượng tính toán $q_{tt} = 12{,}49\ l/s$ (có thể giảm xuống còn < 8–9 l/s tùy mức độ tắc)

+ Mực nước trong ống hoặc bể thu: Có xu hướng dâng cao bất thường tại khu vực trước điểm tắc

+ Thời gian thoát nước: Tăng lên rõ rệt (nước thoát chậm, có thể gây ứ đọng cục bộ)

Phân tích của hệ thống AI

Hệ thống AI sử dụng dữ liệu từ các cảm biến để phân tích và nhận diện trạng thái bất thường. Khi xảy ra tắc nghẽn:

- AI phát hiện sự kết hợp đặc trưng: Áp suất tăng + lưu lượng giảm
- So sánh với dữ liệu vận hành bình thường và các kịch bản đã được mô phỏng (ScenarioTwin)
- Xác định hệ thống không còn hoạt động trong vùng an toàn

Kết luận của AI:

- Trạng thái: CLOG (TẮC NGHẼN)
- Có thể đánh giá mức độ tắc nghẽn dựa trên mức độ sai lệch của dữ liệu

Phản ứng của hệ thống khi phát hiện CLOG

Khi hệ thống xác định có hiện tượng tắc nghẽn, các cơ chế cảnh báo và hỗ trợ vận hành được kích hoạt:

- **Cảnh báo:**
  - ➢ Hiển thị trạng thái CLOG trên màn hình LCD (giao diện Tkinter)
  - ➢ Hiển thị cảnh báo trên web dashboard
  - ➢ Gửi dữ liệu cảnh báo lên hệ thống cloud (Firebase Realtime Database)
  - ➢ Có thể kích hoạt đèn/còi cảnh báo tại khu vực kỹ thuật
- **Hỗ trợ điều khiển:**
  - ➢ Cảnh báo vị trí khu vực nghi ngờ bị tắc (dựa trên dữ liệu cảm biến theo zone)
  - ➢ Khuyến nghị kiểm tra hoặc vệ sinh đường ống
  - ➢ Trong một số trường hợp có thể: Giảm công suất bơm, tạm thời chuyển hướng dòng chảy.
- **Lưu trữ dữ liệu:**
  - ➢ Ghi lại toàn bộ thông số trong thời điểm xảy ra sự cố
  - ➢ Phục vụ phân tích và tối ưu hệ thống sau này

Ý nghĩa vận hành

Việc phát hiện sớm trạng thái CLOG mang lại nhiều lợi ích:

- ➢ Ngăn ngừa tắc nghẽn nghiêm trọng hoặc vỡ ống
- ➢ Tránh tình trạng trào ngược nước thải trong khách sạn
- ➢ Giảm thiểu chi phí bảo trì và xử lý sự cố
- ➢ Nâng cao hiệu quả vận hành hệ thống thoát nước cho công trình cao tầng
- ➢ Tăng độ tin cậy của hệ thống AI & IoT trong quản lý hạ tầng



Hình 5.5 Trạng thái tắc nghẽn của hệ thống

3.3.5 Kiểm tra thử trạng thái hỏng cảm biến

Trong hệ thống AI & IoT, cảm biến đóng vai trò thu thập dữ liệu đầu vào. Khi cảm biến bị hỏng hoặc hoạt động không ổn định, dữ liệu gửi về hệ thống sẽ không còn chính xác, ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình phân tích của AI.

Dấu hiệu nhận biết từ hệ thống

- Giá trị cảm biến không thay đổi theo thời gian: Ví dụ: lưu lượng luôn cố định tại một giá trị (ví dụ 0 hoặc 12.49 l/s) trong thời gian dài.
- Giá trị bất thường (out of range):
  - Áp suất = 0 hoặc giá trị quá lớn (không thực tế)
  - Độ ẩm = 100% liên tục hoặc bằng 0
- Mất tín hiệu cảm biến:
  - Không nhận được dữ liệu từ cảm biến
  - Dữ liệu trả về là NULL hoặc lỗi kết nối

Phân tích của hệ thống AI

- AI phát hiện dữ liệu không có tính biến thiên hoặc nằm ngoài phạm vi vật lý cho phép
- So sánh với mô hình dữ liệu chuẩn → xác định đây không phải sự cố thủy lực mà là lỗi thiết bị đo
- Phân loại lỗi thuộc nhóm thiết bị (hardware fault)

Kết luận của AI:

=> Trạng thái: SENSOR FAILURE (LỖI CẢM BIẾN)

Phản ứng của hệ thống

- Hiển thị cảnh báo trên LCD và dashboard: *"Lỗi cảm biến – kiểm tra thiết bị"*
- Không sử dụng dữ liệu cảm biến lỗi để điều khiển hệ thống
- Gửi cảnh báo lên cloud (Firebase)
- Ghi log lỗi để phục vụ bảo trì

Ý nghĩa vận hành

- Tránh việc AI đưa ra quyết định sai do dữ liệu sai
- Đảm bảo độ tin cậy của toàn hệ thống
- Hỗ trợ bảo trì và thay thế cảm biến kịp thời



Hình 5.6 Trạng thái hỏng cảm biến của hệ thống

3.3.6 Kiểm tra thử trạng thái lỗi bơm

Bơm là thiết bị quan trọng trong hệ thống cấp nước. Khi bơm gặp sự cố, hệ thống sẽ không đảm bảo được áp lực và lưu lượng nước cho toàn bộ khách sạn.

Dấu hiệu nhận biết từ cảm biến

- Áp suất giảm mạnh: Ví dụ: < 2.0 bar, không đủ cấp nước cho các tầng cao
- Lưu lượng giảm hoặc bằng 0: Dù hệ thống vẫn có nhu cầu sử dụng nước
- Mực nước bể không thay đổi: Không có sự cấp nước lên bể mái
- Trạng thái điện của bơm: Bơm không hoạt động dù có tín hiệu ON – Hoặc hoạt động nhưng không tạo lưu lượng.

Phân tích của hệ thống AI

- AI phát hiện sự không tương thích giữa:
  - Tín hiệu điều khiển (bơm ON)
  - Và dữ liệu thực tế (không có lưu lượng, áp suất thấp)
- So sánh với dữ liệu lịch sử → xác định lỗi thuộc thiết bị bơm

Kết luận của AI:

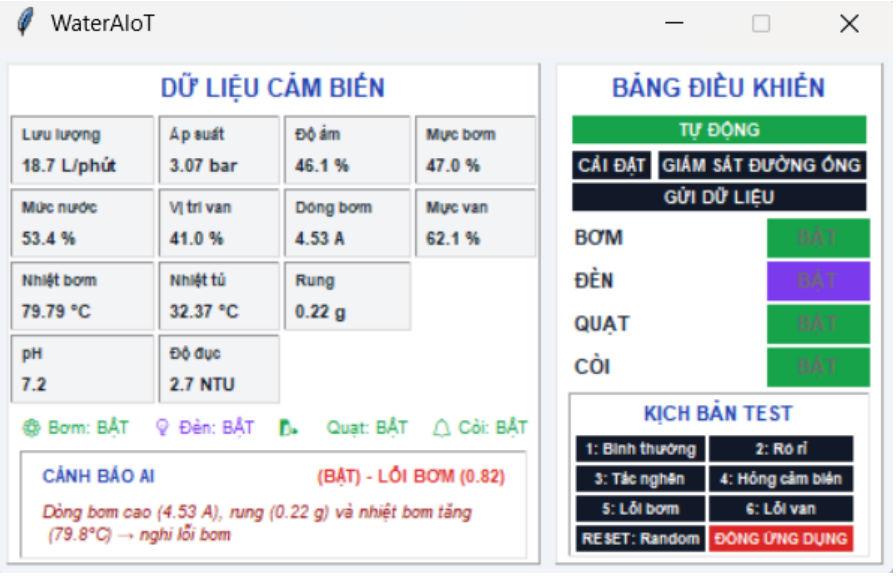
- Trạng thái: PUMP FAILURE (LỖI BƠM)

Phản ứng của hệ thống

- Hiển thị cảnh báo: “Lỗi bơm – kiểm tra hệ thống cấp nước”
- Gửi cảnh báo lên dashboard và cloud
- Có thể: Kích hoạt bơm dự phòng - Ngắt bơm lỗi để tránh hư hỏng nặng hơn

Ý nghĩa vận hành

- Đảm bảo cấp nước liên tục cho công trình
- Giảm thời gian gián đoạn dịch vụ
- Bảo vệ thiết bị khỏi hư hỏng nghiêm trọng



Hình 5.7 Trạng thái lỗi bơm của hệ thống

3.3.7 Kiểm tra thử trạng thái lỗi van

Van trong hệ thống có nhiệm vụ điều tiết và phân phối dòng chảy. Khi van bị lỗi (kẹt, không đóng/mở đúng), sẽ ảnh hưởng đến toàn bộ quá trình vận hành.

Dấu hiệu nhận biết từ cảm biến

- Lưu lượng không thay đổi dù đã điều khiển van: Ví dụ: gửi lệnh đóng van nhưng lưu lượng vẫn cao
- Áp suất tăng hoặc giảm bất thường:
  - Van không mở → áp suất tăng
  - Van không đóng → áp suất giảm
- Sai lệch giữa trạng thái lệnh và thực tế: Hệ thống báo van "đã đóng" nhưng thực tế vẫn có dòng chảy

Phân tích của hệ thống AI

- AI so sánh: Tín hiệu điều khiển (OPEN/CLOSE).Với dữ liệu cảm biến (flow, pressure)
- Phát hiện sự không đồng bộ giữa điều khiển và thực tế
- Xác định lỗi thuộc thiết bị van

Kết luận của AI:

- Trạng thái: VALVE FAILURE (LỖI VAN)

Phản ứng của hệ thống

- Hiển thị cảnh báo: "Lỗi van – kiểm tra điều khiển dòng chảy"
- Gửi thông báo lên dashboard và cloud
- Đề xuất kiểm tra hoặc thay thế van

Ý nghĩa vận hành

- Đảm bảo khả năng điều tiết nước chính xác
- Tránh mất kiểm soát lưu lượng và áp suất
- Nâng cao độ ổn định và an toàn hệ thống



Hình 5.8 Trạng thái lỗi van của hệ thống

3.4 Tích hợp hệ thống AI – IoT – Scada vào hệ thống

Sau khi xây dựng, triển khai và đánh giá hệ thống hoạt động ổn định khi tích hợp AI và IoT vào hệ thống, bước tiếp theo tích hợp thêm hệ thống kiểm soát, giám sát và thu nhập dữ liệu (Scada). Để nâng cao hiệu quả vận hành, đồ án đề xuất tích hợp công nghệ SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) nhằm xây dựng hệ thống giám sát và điều khiển thông minh cho khách sạn. Hệ thống cho phép:

+ Giám sát trạng thái hoạt động của toàn bộ hệ thống cấp nước theo thời gian thực.
+ Theo dõi áp lực và lưu lượng nước tại từng khu vực.
+ Phát hiện nhanh các sự cố như rò rỉ, mất áp lực, hỏng bơm hoặc cạn nước bể chứa.
+ Gửi cảnh báo tự động đến bộ phận quản lý.
+ Lưu trữ dữ liệu vận hành phục vụ công tác quản lý và bảo trì.

3.4.1 Cấu trúc hệ thống AI – IoT – SCADA

a. Tầng cảm biến hiện trường

Các cảm biến được lắp đặt tại các vị trí quan trọng của hệ thống cấp nước:

- Cảm biến mực nước tại bể ngầm và bể mái.
- Cảm biến áp lực tại các vùng cấp nước.
- Đồng hồ đo lưu lượng tại các tuyến ống chính.
- Cảm biến trạng thái bơm.

Các cảm biến có nhiệm vụ thu thập dữ liệu liên tục và truyền về trung tâm điều khiển.

b. Hệ thống IoT truyền dữ liệu

Dữ liệu từ các cảm biến được truyền thông qua mạng Ethernet, Wifi hoặc 4G đến bộ điều khiển trung tâm. Hệ thống IoT đóng vai trò kết nối giữa thiết bị hiện trường và phần mềm giám sát SCADA.

c. Hệ thống SCADA

SCADA là trung tâm giám sát và điều khiển toàn bộ hệ thống. Các chức năng chính gồm:

+ Hiển thị sơ đồ cấp nước của khách sạn.
+ Theo dõi trạng thái hoạt động của bơm.
+ Theo dõi áp lực nước từng tầng.
+ Theo dõi lưu lượng tiêu thụ nước.
+ Cảnh báo khi có sự cố.
+ Lưu trữ dữ liệu lịch sử.

d. Hệ thống AI phân tích dữ liệu

AI sử dụng dữ liệu lịch sử từ SCADA để:

+ Phân tích xu hướng tiêu thụ nước.
+ Phát hiện bất thường trong vận hành.
+ Dự báo nguy cơ rò rỉ đường ống.
+ Dự báo thời điểm bảo trì thiết bị.
+ Hỗ trợ tối ưu chế độ vận hành bơm.

3.4.2 Mô hình quản lý cấp – thoát nước theo tầng

Khách sạn gồm 24 tầng được chia thành 6 vùng cấp nước. Mỗi vùng được trang bị cảm biến áp lực và đồng hồ đo lưu lượng để giám sát liên tục. Trên giao diện SCADA, mỗi tầng được hiển thị dưới dạng một đối tượng giám sát riêng biệt. Trạng thái vận hành được thể hiện bằng màu sắc:

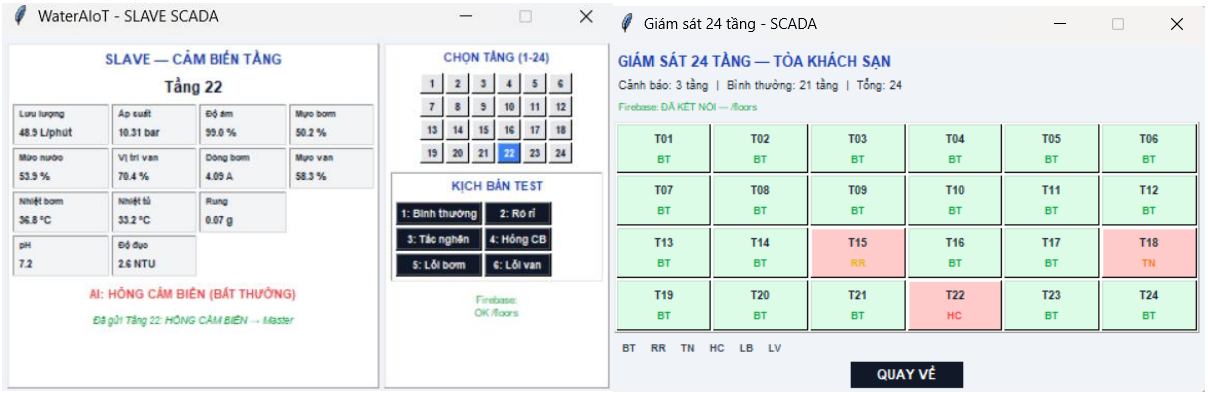
+ Màu xanh: Hệ thống hoạt động bình thường.
+ Màu tím: Có dấu hiệu bất thường được AI phát hiện
+ Màu đỏ: Xuất hiện sự cố cần xử lý.

Khi xảy ra sự cố tại một tầng, hệ thống sẽ xác định chính xác vị trí và hiển thị cảnh báo trên giao diện quản lý.

Ví dụ:

- Tầng 15 bị giảm áp lực đột ngột.
- Tầng 18 xuất hiện lưu lượng bất thường.
- Tầng 22 mất tín hiệu cảm biến.

SCADA sẽ đánh dấu trực tiếp vị trí tầng xảy ra sự cố giúp nhân viên kỹ thuật nhanh chóng kiểm tra và xử lý.



Hình 5.9 Hệ thống AI – IoT – Scada

*** Quy trình xử lý sự cố tự động**

Bước 1: Cảm biến thu thập dữ liệu áp lực, lưu lượng và mực nước.

Bước 2: Dữ liệu được truyền về máy chủ SCADA.

Bước 3: SCADA phân tích và hiển thị trạng thái vận hành.

Bước 4: AI đánh giá dữ liệu theo thời gian thực.

Bước 5: Khi phát hiện bất thường, hệ thống phát cảnh báo.

Bước 6: Thông báo được gửi đến điện thoại hoặc máy tính của nhân viên quản lý.

Bước 7: Nhân viên tiến hành kiểm tra và xử lý sự cố.

3.4.3 Đánh giá hiệu quả hệ thống

Sau quá trình xây dựng và kiểm thử, hệ thống AI – IoT – SCADA đã cho thấy khả năng giám sát và hỗ trợ quản lý hiệu quả đối với hệ thống cấp thoát nước trong nhà cao tầng. Các dữ liệu từ cảm biến lưu lượng, áp suất, mực nước và trạng thái thiết bị được thu thập liên tục và truyền về Raspberry Pi để xử lý. Dữ liệu sau đó được đồng bộ lên Firebase Realtime Database và hiển thị trên Dashboard giúp người vận hành có thể theo dõi hệ thống theo thời gian thực từ bất kỳ vị trí nào có kết nối Internet.

Kết quả thử nghiệm cho thấy hệ thống có khả năng nhận diện các trạng thái vận hành gồm: bình thường, rò rỉ nước, tắc nghẽn đường ống, lỗi cảm biến, lỗi bơm và lỗi van. Khi phát hiện bất thường, hệ thống có thể đưa ra cảnh báo gần như tức thời, giúp giảm đáng kể thời gian phát hiện và xử lý sự cố so với phương pháp kiểm tra thủ công.

Bảng 5.1 Hiệu quả của hệ thống sau khi tích hợp AI – IoT – SCADA

Tiêu chí	**Phương pháp truyền thống**	**Hệ thống AI – IoT – SCADA**
Giám sát hệ thống	Kiểm tra thủ công	Giám sát thời gian thực
Phát hiện sự cố	Phụ thuộc nhân viên vận hành	Tự động phát hiện
Thời gian cảnh báo	Chậm	Gần như tức thời
Lưu trữ dữ liệu	Ghi chép thủ công	Tự động trên Cloud
Điều khiển từ xa	Không	Có
Truy xuất lịch sử hoạt động	Hạn chế	Dễ dàng
Khả năng mở rộng	Thấp	Cao

Nhìn chung, việc tích hợp AI – IoT – SCADA đã góp phần nâng cao mức độ tự động hóa, tăng khả năng giám sát, giảm nhân công vận hành và hỗ trợ phát hiện sớm các sự cố trong hệ thống cấp thoát nước của công trình.

TIỂU KẾT PHẦN II

Trong Phần II, đồ án đã nghiên cứu và xây dựng mô hình ứng dụng công nghệ AI – IoT – SCADA nhằm phục vụ công tác quản lý, giám sát và vận hành hệ thống cấp thoát nước cho nhà cao tầng.

Đề tài đã trình bày các cơ sở lý thuyết liên quan đến Internet of Things (IoT), trí tuệ nhân tạo (AI), Raspberry Pi, Firebase Realtime Database, Web Dashboard và các thuật toán học máy được sử dụng trong hệ thống. Trên cơ sở đó, kiến trúc tổng thể của hệ thống AIoT được xây dựng với khả năng thu thập, lưu trữ, xử lý và hiển thị dữ liệu theo thời gian thực.

Hệ thống được thiết kế bao gồm phần cứng, phần mềm, cơ sở dữ liệu và giao diện giám sát từ xa. Raspberry Pi đóng vai trò thiết bị trung tâm thu thập và xử lý dữ liệu, trong khi Firebase hỗ trợ đồng bộ dữ liệu thời gian thực giữa thiết bị và nền tảng Web Dashboard. Các thuật toán Isolation Forest và Random Forest được tích hợp nhằm phát hiện bất thường và phân loại các trạng thái sự cố như rò rỉ nước, tắc nghẽn đường ống, lỗi bơm, lỗi van và lỗi cảm biến.

Kết quả kiểm thử cho thấy hệ thống có khả năng giám sát liên tục, cảnh báo sự cố kịp thời, hỗ trợ điều khiển từ xa và nâng cao hiệu quả quản lý vận hành hệ thống cấp thoát nước. Việc tích hợp AI – IoT – SCADA đã chứng minh tính khả thi của mô hình và mở ra tiềm năng ứng dụng trong các công trình thông minh và hệ thống quản lý hạ tầng hiện đại.

KẾT LUẬN

Trong đồ án "Thiết kế hệ thống cấp thoát nước và ứng dụng AI – IoT trong quản lý cấp thoát nước cho nhà cao tầng", đề tài đã hoàn thành các nội dung chính bao gồm thiết kế hệ thống cấp nước, thoát nước cho khách sạn quy mô 24 tầng và đề xuất mô hình quản lý vận hành thông minh dựa trên sự kết hợp của công nghệ AI, IoT và SCADA.

Về phần thiết kế kỹ thuật, hệ thống cấp thoát nước đã được tính toán và lựa chọn phương án phù hợp với đặc điểm công trình, đảm bảo các yêu cầu về lưu lượng, áp lực, khả năng vận hành ổn định và liên tục. Các hạng mục như bể chứa, máy bơm, mạng lưới đường ống cấp nước, thoát nước sinh hoạt và thoát nước mưa được thiết kế đồng bộ, đáp ứng nhu cầu sử dụng nước lớn của khách sạn 24 tầng và tuân thủ các tiêu chuẩn thiết kế hiện hành.

Về phần ứng dụng công nghệ, đề tài đã xây dựng mô hình hệ thống AIoT sử dụng Raspberry Pi làm trung tâm điều khiển, có khả năng thu thập dữ liệu từ các cảm biến áp lực, lưu lượng, mực nước và trạng thái thiết bị trong hệ thống. Dữ liệu được xử lý và phân tích thông qua các thuật toán học máy như Isolation Forest và Random Forest nhằm nhận diện các trạng thái vận hành khác nhau, bao gồm: vận hành bình thường, rò rỉ đường ống, tắc nghẽn, lỗi bơm, lỗi van và lỗi cảm biến.

Bên cạnh đó, đề tài đã đề xuất tích hợp hệ thống SCADA như một nền tảng giám sát và điều khiển trung tâm cho toàn bộ hệ thống cấp thoát nước của công trình. Hệ thống SCADA cho phép hiển thị trực quan trạng thái vận hành theo thời gian thực của từng khu vực và từng tầng trong khách sạn, hỗ trợ theo dõi áp lực nước, lưu lượng, mực nước bể chứa cũng như tình trạng hoạt động của các máy bơm và thiết bị điều khiển. Khi xảy ra sự cố tại một khu vực hoặc một tầng bất kỳ, hệ thống có khả năng nhanh chóng xác định vị trí, phát cảnh báo và hỗ trợ người vận hành đưa ra phương án xử lý kịp thời.

Kết quả mô phỏng và thử nghiệm cho thấy hệ thống hoạt động ổn định, có khả năng phát hiện các bất thường dựa trên dữ liệu cảm biến theo thời gian thực và đưa ra cảnh báo thông qua màn hình LCD, Web Dashboard và giao diện SCADA. Việc tích hợp nền tảng Cloud Firebase giúp dữ liệu được đồng bộ và lưu trữ trên nền tảng đám mây, cho phép giám sát và điều khiển từ xa thông qua máy tính hoặc thiết bị di động, nâng cao tính linh hoạt trong công tác quản lý vận hành.

Việc kết hợp giữa hệ thống cấp thoát nước truyền thống với công nghệ AI, IoT và SCADA đã góp phần nâng cao hiệu quả quản lý, tăng khả năng giám sát tập trung, giảm thiểu rủi ro sự cố, hạn chế thất thoát nước, tối ưu hóa vận hành thiết bị và giảm sự phụ

thuộc vào công tác kiểm tra thủ công. Đây là hướng tiếp cận phù hợp với xu thế chuyển đổi số, phát triển công trình thông minh và đô thị thông minh trong giai đoạn hiện nay.

Tuy nhiên, do hạn chế về thời gian, kinh phí và phạm vi nghiên cứu, mô hình hiện nay vẫn chủ yếu được xây dựng dưới dạng mô phỏng và thử nghiệm, chưa được triển khai trên hệ thống thực tế với quy mô đầy đủ. Trong tương lai, đề tài có thể tiếp tục phát triển theo hướng mở rộng số lượng cảm biến, nâng cao độ chính xác của các mô hình trí tuệ nhân tạo, tích hợp sâu hơn với hệ thống quản lý tòa nhà, phát triển các chức năng điều khiển tự động và triển khai thực tế tại các khách sạn hoặc công trình cao tầng nhằm đánh giá toàn diện hiệu quả ứng dụng trong điều kiện vận hành thực tế.

KIẾN NGHỊ VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

Qua quá trình nghiên cứu, thiết kế hệ thống cấp thoát nước và xây dựng mô hình quản lý thông minh ứng dụng AI – IoT – SCADA cho khách sạn cao tầng, đề tài đã cho thấy tính khả thi trong việc nâng cao hiệu quả giám sát, vận hành và quản lý hệ thống nước. Tuy nhiên, do giới hạn về thời gian, kinh phí và điều kiện triển khai thực tế, đề tài vẫn còn một số hạn chế nhất định.

Trong thời gian tới, cần tiến hành triển khai và đánh giá hệ thống trên quy mô thực tế tại các công trình cao tầng nhằm kiểm chứng độ ổn định, độ tin cậy và khả năng mở rộng của hệ thống. Bên cạnh đó, có thể bổ sung thêm các cảm biến chuyên dụng như cảm biến chất lượng nước, độ đục, pH, TDS hoặc các cảm biến giám sát năng lượng tiêu thụ của máy bơm để nâng cao khả năng quản lý toàn diện.

Về mặt công nghệ, hệ thống có thể được phát triển bằng cách tích hợp các thuật toán trí tuệ nhân tạo tiên tiến hơn nhằm dự báo nhu cầu sử dụng nước, tối ưu hóa vận hành bơm, phát hiện sớm các sự cố và hỗ trợ ra quyết định trong công tác quản lý. Đồng thời, việc kết nối trực tiếp với hệ thống BMS của tòa nhà và phát triển ứng dụng trên nền tảng di động sẽ giúp nâng cao khả năng giám sát và điều khiển từ xa.

Ngoài phạm vi khách sạn cao tầng, mô hình AI – IoT – SCADA được đề xuất trong đề tài cũng có thể được nghiên cứu mở rộng cho các công trình khác như chung cư, bệnh viện, trung tâm thương mại hoặc khu công nghiệp, góp phần thúc đẩy quá trình chuyển đổi số và xây dựng các hệ thống hạ tầng kỹ thuật thông minh trong tương lai.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Hướng dẫn thiết kế đồ án môn học cấp thoát nước trong nhà và công trình – TS Nguyễn Phương Thảo, PGS.TS.Nguyễn Văn Tín,TS.Phạm Duy Đông, ThS.Ngô Hoàng Giang.

[2]. Bài giảng quản lý và vận hành hệ thống cấp thoát nước – Trường Đại học Bách Khoa, khoa Môi Trường.

[3]. TCVN 4513:1988 - Cấp nước bên trong công trình và Tiêu chuẩn thiết kế.

[4]. TCVN 7957:2028 - Thoát nước - Mạng lưới và công trình bên ngoài - Tiêu chuẩn thiết kế.

[5]. Bảng tra tính toán thủy lực – ThS. Nguyễn Thị Hồng.

[6]. Giáo trình cấp thoát nước bên trong công trình – ThS. Mai Thị Thùy Dương.

[7]. Bài giảng thoát nước – ThS. Nguyễn Lan Phương.

[8]. Firebase Documentation, "Firebase Realtime Database," Google, [Online]. Available: https://firebase.google.com/docs/database (Accessed: Dec. 27, 2025).

[9]. An Intelligent IoT and ML-Based Water Leakage Detection System - Mohammed Rezwanul Islam; Sami Azam; Bharanidharan Shanmugam; Deepika Mathur,2023.

[10]. AIoT-Driven Leak Detection in Real Water Networks Using Hydrophones - Beenish Bakhtawar; Ali Fares; Tarek Zayed,2024-2025.

[11]. A Systematic Literature Review on Flow Data-Based Techniques for Automated Leak Management in Water Distribution Systems - Gopika Rajan; Songnian Li,2025.

[12]. Automated Water Management and Leakage Detection System using IoT - R. Sugantha Lakshmi; G. Chandra Praba; K. Abhirami,2021.

[13]. A solution for water management and leakage detection problems using IoTs based approach - (ScienceDirect – nhiều tác giả) – nguồn Internet of things Journal (Elsevier),2022.

[14]. AI-driven IoT and gamification for smart water management: Real-time monitoring and predictive analytics - (Environmental Modelling & Software),2026

[15]. Water Leakage Detection and Management System Using IoT - Thilagaraj Maiman Singh; Stephy Akkara; et al,2020.

[16]. IoT and AI for Real-time Water Monitoring and Leak Detection - Lahcene Guezouli; Lyamine Guezouli; Mohammed Baha Eddine Djeghaba; Abir Bentahrour,2024.

[17]. Smart Home Water System: AI-Enhanced ESP8266 IoT Platform for Faucet Automation, Leak Detection, and Purification - Amol More; Shreeja Mahale,2025.

[18]. P. V. R. D. Prasad, M. V. S. S. Kumar và cộng sự, "IoT Based Smart Water Management Systems: A Systematic Review", Materials Today: Proceedings, Vol. 46, Part 11, 2021.

[19]. Redemptor Jr Laceda Taloma, Francesca Cuomo, Danilo Comminiello et al., "Machine Learning for Smart Water Distribution Systems: Exploring Applications, Challenges and Future Perspectives", Artificial Intelligence Review, Vol. 58, 2025.

[20]. George Iancu, Sorin N. Ciolofan, Monica Drăgoicea, "Real-Time IoT Architecture for Water Management in Smart Cities", Discover Applied Sciences, Vol. 6, 2024.

[21]. R. Miranda, J. D. Avilés, J. F. Flores-Resendiz et al., "Design and Application of a SCADA-IoT Platform for Monitoring a Raw Water Distribution Network", Congreso Nacional de Control Automático (CNCA), Mexico, 2023.

[22]. Hany Mahany, Ali Mahmoud Rashed, Rahouma Kamel Hussein et al., "An Internet of Things (IoT) System for Monitoring and Controlling Water Distribution Stations in Remote Areas", Journal of Al-Azhar University Engineering Sector, Vol. 19, Issue 72, 2024.

[23]. Tasnim Kabir, K. M. Tanvir Anjum Anick, "PLC–SCADA–Integrated Electrical Automation Frameworks for Process Optimization in Water and Wastewater Treatment Facilities", Review of Applied Science and Technology, 2024.

[24]. Mohamed Abdel-Basset, Abduallah Gamal, Nour Moustafa et al., "A Risk Assessment Model for Cyber-Physical Water and Wastewater Systems: Towards Sustainable Development", Sustainability, Vol. 14, No. 8, 2022.

[25]. E. O. Ladino-Moreno, "WatAI: AI-Based System for Real-Time Flow Monitoring and Demand Prediction in Water Networks", Civil Engineering Journal, Vol. 11, No. 7, 2025.

[26]. Antonino Pagano, Domenico Garlisi, Fabrizio Giuliano et al., "SWI-FEED: Smart Water IoT Framework for Evaluation of Energy and Data in Massive Scenarios", arXiv, 2024.

[27]. Hanan Hindy, David Brosset, Ethan Bayne et al., "Improving SIEM for Critical SCADA Water Infrastructures Using Machine Learning", arXiv, 2019.

PHỤ LỤC

Phụ lục I : Tính toán thủy lực ống cấp nước cho khách sạn

Phụ lục II (1) : Tính toán thủy lực ống đứng thoát nước cho khách sạn

Phụ lục II (2) : Tính toán thủy lực ống ngang thoát nước cho khách sạn

NHẬT KÝ ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

STT	Thời gian thực hiện	Nội dung công việc	Ghi chú
1	Tuần 1 (06/03-09/03)	- Tiếp nhận đề tài đồ án tốt nghiệp. - Tìm hiểu tổng quan về hệ thống cấp thoát nước trong công trình khách sạn cao tầng. - Thu thập tài liệu, tiêu chuẩn thiết kế (TCVN 4513:1988, TCVN 4474:1987...). - Nghiên cứu xu hướng ứng dụng AI và IoT trong quản lý hệ thống kỹ thuật công trình	Định hướng nghiên cứu và thu thập tài liệu
2	Tuần 2 (10/03-15/03)	- Đọc công trình bản vẽ - Phân tích quy mô công trình khách sạn (số tầng, công năng sử dụng) - Tìm hiểu sơ đồ hệ thống cấp thoát nước điển hình cho nhà cao tầng - Định hướng mô hình giám sát AI	Hoàn thành phần cơ sở dữ liệu phần đầu vào
3	Tuần 3 (16/03-22/03)	- Tính toán, xác định lưu lượng, lựa chọn phương án cấp nước - Bố trí sơ đồ mạng lưới - Tính toán thủy lực - Vẽ sơ đồ nguyên lý hệ thống cấp nước	Hoàn thiện bản vẽ sơ đồ nguyên lý cấp nước
4	Tuần 4 (23/03-29/03)	- Thiết kế hệ thống thoát nước thải xám và nước thải đen. - Tính toán lưu lượng thoát nước cho từng đoạn ống. - Tính toán thủy lực, lựa chọn đường kính ống, độ dốc và độ đầy cho hệ thống thoát nước. - Bố trí tuyến ống đứng, ống ngang và hộp kỹ thuật.	Hoàn thiện bản vẽ thoát nước

STT	Thời gian thực hiện	Nội dung công việc	Ghi chú
		- Vẽ sơ đồ nguyên lý hệ thống thoát nước.	
5	Tuần 5 (30/03-06/04)	- Tính toán dung tích bể chứa nước ngầm và két nước mái. - Tính toán lựa chọn đồng hồ nước, máy bơm cấp nước. - Tính toán hệ thống cấp nước chữa cháy trong nhà. - Tổng hợp phần thiết kế hệ thống cấp và thoát nước. - Kiểm tra và hiệu chỉnh bản vẽ kỹ thuật.	Hoàn thiện phần thiết kế cấp thoát nước
6	Tuần 6 (07/04-12/04)	- Nghiên cứu ứng dụng AI và IoT trong hệ thống cấp thoát nước công trình. - Tìm hiểu các dạng sự cố thường gặp như rò rỉ, tắc nghẽn, mất nước, hỏng bơm. - Thu thập dữ liệu và thông số phục vụ xây dựng mô hình giám sát. - Nghiên cứu nguyên lý hoạt động của cảm biến lưu lượng, áp suất, mực nước, pH, độ đục.	Xây dựng cơ sở dữ liệu AI – IoT
7	Tuần 7 (13/04-19/04)	- Thiết kế kiến trúc tổng thể hệ thống AIoT quản lý cấp thoát nước. - Lựa chọn thiết bị phần cứng: Raspberry Pi, cảm biến, relay, màn hình hiển thị. - Thiết kế sơ đồ kết nối phần cứng và luồng dữ liệu hệ thống. - Xây dựng ý tưởng mô hình giám sát thông minh.	Hoàn thiện thiết kế phần cứng
8	Tuần 8 (20/04-26/04)	- Thiết lập môi trường lập trình Python trên Raspberry Pi.	Hoàn thiện mô phỏng hệ thống

STT	Thời gian thực hiện	Nội dung công việc	Ghi chú
		- Xây dựng module thu thập dữ liệu cảm biến. - Thiết kế giao diện hiển thị dữ liệu bằng Tkinter. - Mô phỏng hoạt động hệ thống cấp thoát nước bằng phần mềm và Raspberry Pi. - Kiểm tra kết nối và truyền dữ liệu.	
9	Tuần 9 (27/04-03/05)	- Nghiên cứu thuật toán AI phát hiện bất thường trong hệ thống nước. - Tìm hiểu và thử nghiệm thuật toán Isolation Forest và Random Forest. - Xây dựng tập dữ liệu mô phỏng trạng thái bình thường và trạng thái lỗi. - Kiểm tra khả năng phát hiện sự cố của mô hình AI.	Hoàn thiện phần AI phát hiện lỗi
10	Tuần 10 (04/05-10/05)	- Thiết kế sơ đồ ý tưởng ứng dụng AI và IoT trong quản lý cấp – thoát nước. - Xây dựng mô hình giám sát trực quan. - Hoàn thiện sơ đồ nguyên lý hệ thống AIoT. - Bố trí cảm biến và các điểm giám sát trên bản vẽ.	Hoàn thiện bản vẽ AI – IoT
11	Tuần 11 (11/05-17/05)	- Xây dựng web dashboard giám sát hệ thống cấp thoát nước. - Kết nối Firebase Realtime Database để đồng bộ dữ liệu. - Hiển thị dữ liệu cảm biến theo thời gian thực. - Kiểm tra khả năng lưu trữ lịch sử hoạt động của hệ thống.	Hoàn thiện dashboard giám sát
12	Tuần 12 (18/05-24/05)	- Tích hợp chatbot AI hỗ trợ người dùng.	Hoàn thiện mô hình AIoT

STT	Thời gian thực hiện	Nội dung công việc	Ghi chú
		- Hoàn thiện giao diện mô hình AIoT .- Kiểm tra toàn bộ hoạt động của hệ thống phần cứng và phần mềm. - Hiệu chỉnh các thông số vận hành và xử lý lỗi phát sinh.	
13	Tuần 13 (25/05-31/05)	- Viết thuyết minh đồ án tốt nghiệp. - Hoàn thiện các chương nội dung tính toán cấp nước, thoát nước và AI – IoT. - Tổng hợp bảng tính, bản vẽ và hình ảnh mô hình. - Chuẩn bị tài liệu phục vụ báo cáo.	Hoàn thiện nội dung thuyết minh
14	Tuần 14 (01/06-07/06)	- Kiểm tra và rà soát toàn bộ bản vẽ kỹ thuật. - Chỉnh sửa nội dung thuyết minh theo góp ý của giảng viên hướng dẫn. - Kiểm tra lỗi trình bày, bảng biểu và số liệu tính toán. - Hoàn thiện bố cục báo cáo đồ án.	Hoàn thiện thuyết minh
15	Tuần 15 (08/06-13/06)	- Hoàn thiện đồ án tốt nghiệp. - In ấn bản vẽ, đóng quyển thuyết minh. - Kiểm tra lần cuối toàn bộ hồ sơ đồ án và mô hình AIoT.	Hoàn thiện báo cáo, bản vẽ, phụ lục

Xác nhận của cán bộ hướng dẫn

(CBHD ký xác nhận)

